Caen - France

Caen
RST 2016

24-28
octobre 2016

25e EDITION

RÉUNION DES SCIENCES DE LA TERRE

www.rst-sgf.fr

LIVRE DES RESUMES

Logo RST : CNRS - Univ. Caen - MZC
Conception couverture : Sébastien GARNAUD - SGF

© BRGM - R. Coeffé (vue sur le Cap de la Percée depuis la plage d'Omaha Beach, falaise calcaire du Bathonien

25e Réunion des Sciences de la Terre

Centre de Congrès de Caen, France

24-28 octobre 2016

Comité de Pilotage

Le comité de pilotage organise et veille au bon déroulement de la 25e édition de la RST de Caen. Il s'appuie sur les organisateurs locaux et sur la SGF :

- Olivier Dugué (M2C Caen)
- Bernadette Tessier (M2C Caen)
- Jean-Jacques Jarrige (ex-Président SGF)
- Sylvain Charbonnier (Président SGF)
- Patrick Auguste (SGF)

Comité d'Organisation

Le comité d'organisation s'appuie sur les membres du comité de pilotage, les responsables des forums, les représentants locaux, régionaux et institutionnels :

- Olivier Dugué (Organisation, M2C Caen)
- Bernadette Tessier (Organisation, M2C Caen)
- Pierre Weill (Edition, M2C Caen)
- Clément Poirier (Edition, M2C Caen)
- Sylvain Charbonnier (Président SGF)
- Solange Chaimbault (Directrice SGF)
- Sébastien Garnaud (Chargé de Communication SGF)
- Roselyne Remy-Friedenberg (Chargée du Partenariat RST)
- Daniel Levacher (Resp. Forum Métiers, M2C Caen)
- Pierre Savaton (Resp. Forum Enseignement, Univ. Caen)
- Marie-Pierre Bouet (Gestionnaire, M2C Caen)
- Valérie Casado-Malaizé (Secrétariat, M2C Caen)
- Dominique Mouazé (Resp. Concours photos, M2C Caen)
- Robert Lafite (M2C Rouen)
- Jean-Claude Dauvin (M2C Caen)
- Anne Duperret (LOMC Le Havre)

Comité Scientifique

Le comité scientifique est composé des scientifiques en charge de l'organisation des thèmes. Tous les collègues qui ont proposé des sessions et dont ils assureront l'animation sont vivement remerciés.

- Nicolas Arnaud (Geosciences Montpellier)
- Jacques Avoine (Dpt Sc. Terre Caen)
- Massinissa Benabdellhouahed (LDO Brest)
- Anne-Claire Bennis (M2C Caen)
- Dominique Boust (IRSN Cherbourg)
- Yoann Copard (M2C Rouen)
- Marie-Pierre Dabard (Géosciences Rennes)
- Maxime Debret (M2C Rouen)
- Bernard Delcaillau (M2C Caen)
- Julien Deloffre (M2C Rouen)
- Olivier Dugué (M2C Caen)
- Anne Duperret (LOMC Le Havre)
- Jean-Paul Dupont (M2C Rouen)
- Phil Gibbard (Cambridge UK)
- Abderrahim Jardani (M2C Rouen)
- Robert Lafite (M2C Rouen)
- Sophie Le Bot (M2C Rouen)
- Sandric Lesourd (M2C Caen)
- Daniel Levacher (M2C Caen)
- Nicolas Massei (M2C Rouen)
- Véronique Merrien-Soukatchoff (CNAM Paris)
- Valérie Mesnage (M2C Rouen)
- Salim Mezazigh (M2C Caen)
- Dominique Mouazé (M2C Caen)
- Thierry Nalpas (Géosciences Rennes)
- Didier Néraudeau (Géosciences Rennes)
- Jean-Noël Proust (Géosciences Rennes)
- Pierre Savaton (Dpt. Sc. Terre Caen)
- Philippe Sorrel (LGL TPE Lyon)
- Bernadette Tessier (M2C Caen)
- Imen Turki (M2C Rouen)
- Pierre Weill (M2C Caen)

Liste des thèmes et des sessions

Thème 1 – Processus de surface
Responsable : Pierre Weill

Session 1.1 - Dynamique fluviale, actuelle et passée
Bernard DELCAILLAU (M2C Caen, Pierre WEILL (M2C Caen), Stéphane RODRIGUES (CITERES Tours)
Session 1.2 - Hydrodynamique et transport sédimentaire dans les estuaires et deltas
Aldo SOTTOLICHIO (EPOC, Bordeaux), Julien DELOFFRE (M2C Rouen), Sandric LESOURD (M2C Caen)
Session 1.3 - Réponses des systèmes côtiers sableux aux conditions hydrodynamiques
Imen TURKI (M2C Rouen), Nicolas ROBIN (CEFREM Perpignan), François SABATIER (CEREGE Aix-Marseille), Sophie LE BOT (M2C Rouen)
Session 1.4 - Géomorphologie et Evolution des côtes rocheuses
Anne DUPERRET (LOMC Le Havre), Vincent REGARD (GET Toulouse), Stéphane COSTA (GEOPHEN Caen)
Session 1.5 - Le littoral : une source d'archives archéologiques
Agnès BALTZER (Géolittomer Nantes), Thierry COURP (CEFREM Perpignan), Pierre STÉPHAN (GEOMER Brest), Florence VERDIN (AUSONIUS Bordeaux)
Session 1.6 - Archéométrie et Géosciences
Ludovic BELLOT-GURLET (LADIR Paris), François-Xavier LE BOURDONNEC (IRAMAT Bordeaux), Stéphanie LEROY (CEA Saclay), Margot MUNOZ (GET Toulouse)
Session 1.8 - Séismes et tectonique : de la paléosismicité à la tectonique des plaques et de la terre à la mer
Christine AUTHEMAYOU (LDO Brest), Vincent REGARD (GET Toulouse), Olivier BELLIER (CEREGE Aix-Marseille)
Session 1.9 - Outils et approches innovantes pour la description et le paramétrage de la géologie de la surface : méthodologie et cas d'études
François PROGNON (BRGM Orléans), Guillaume MARTELET (BRGM Orléans)
Session 1.10 - Les méthodes de datation applicables aux formations du Régolithe allochtone et autochtone
Cécile GAUTHERON (GEOPS Orsay), Hélène TISSOUX (BRGM Orléans), Thierry ALLARD (IMPMC Paris)
Session 1.7 - Modélisation numérique morphodynamique – annulée – résumés soumis redistribués dans d'autres sessions «littoral»

Thème 2 – Bassins, réservoirs et enregistrements sédimentaires
Responsable : Jean-Noël Proust, Marie-Pierre Dabard

Session 2.1 - Formation, évolution et préservation des surfaces de planation d'échelle continentale
Marc JOLIVET (Géosciences Rennes), Yannick GUNNEL (IPG Paris)
Session 2.2 - Source to Sink : bilan, facteurs de contrôle, modélisation
Olivier DAUTEUIL (Géosciences Rennes), Philippe JOSEPH (IFP Paris)
Session 2.3 - Enregistrement sédimentaire des évènements et crises à l'échelle des temps géologiques
Sylvie BOURQUIN (Géosciences Rennes), Pierre PELLENARD (Biogéosciences Dijon), Jean François GHIENNE (EOST Strasbourg)
Session 2.4 - Les systèmes carbonatés : transect plate-forme-bassin
Emmanuelle VENNIN (Biogéosciences Dijon), Thierry MULDER (EPOC Bordeaux), Emmanuelle POLI (Total Pau), Aurélien VIRGONE (Total Pau)
Session 2.5 - Sedimentary processes and related deposits on subaqueous slope siliciclastic environments
Thierry MULDER (EPOC Bordeaux), Sébastien MIGEON (Géoazur Nice)
Session 2.6 - Architecture stratigraphique des bassins de marges continentales et des domaines cratoniques
Jean-Noël PROUST (Géosciences Rennes), Marina RABINEAU (LDO Brest), Jean-Loup RUBINO (Total Pau)
Session 2.7 - Processus diagénétiques
Benjamin BRIGAUD (GEOPS Orsay), Daniel BEAUFORT (IC2MP Poitiers), Jean Pierre GIRARD (TOTAL, Pau)
Session 2.8 - Dynamique(s) littorale(s) sous contrôle des processus hydrosédimentaires, des évolutions climatiques et des activités humaines
Marie Yvane DAIRE (CREAAH Rennes), Eric CHAUMILLON (LIENSs La Rochelle), Hervé REGNAULD (COSTEL Rennes)
Session 2.9 - Systèmes pétroliers, Réservoirs et Roches mères
Guilhem HOAREAU (LFC-R Pau), Michel LOPEZ (Géosciences Montpellier)
Session 2.10 - Modélisation physique en Sciences de la Terre – annulée – résumés soumis redistribués dans d'autres sessions

Thème 3 – Enveloppes et dynamique internes
Responsable :Thierry Nalpas

Session 3.2 – Dynamique des marges passives : du rifting au post-rift - GDR Action Marges
Delphine ROUBY (GET Toulouse), Cécile ROBIN (Géosciences Rennes), Sylvie LEROY (ISTeP Paris) Maryline MOULIN (IFREMER Brest); Julia AUTIN (IPG Strasbourg)
Session 3.45 - Interactions, de la surface au manteau (Fusion Sessions 3.4 et 3.5)
Jean-Paul CALLOT (LFC-R Pau), Thierry NALPAS (Géosciences Rennes), Laurent HUSSON (ISTerre Grenoble), Philippe YAMATO (Géosciences Rennes), Carole CORDIER (ISTerre Grenoble)

Session 3.6 - Géodynamique des zones de subduction
Benjamin GUILLAUME (Géosciences Rennes), Joseph MARTINOD (ISTerre Chambéry), Laurent HUSSON (ISTerre Grenoble), Diane ARCAY (Géosciences Montpellier), Delphine BOSCH (Géosciences Montpellier)
Session 3.7 - Évolution thermomécanique et dynamique des racines des ceintures orogéniques partiellement fondues
Olivier VANDERHAEGHE (GET Toulouse), Stéphanie DUCHENE, (GET Toulouse), Marc POUJOL (Géosciences Rennes), Philippe GONCALVES (Chrono-Environnement Besançon)
Session 3.8 - Les Pyrénées, de l'anté varisque à l'actuel
Thierry BAUDIN (BRGM Orléans), Florence CAGNARD (BRGM Orléans), Michel De SAINT BLANQUAT (GET Toulouse), Mary FORD (CRPG Nancy), Benjamin LE BAYON (BRGM Orléans), Frédéric MOUTHEREAU (ISTeP Paris)
Session 3.1 – Evolution à long terme des zones côtières – annulée – résumés soumis redistribués dans la session 1.4
Session 3.3 - Minéralisations : contrôle structural et contexte tectonique – annulée – résumés soumis redistribués dans la session 8.2

Thème 4 – Paléobiologie, Fossilisation, Evolution
Responsable : Didier Néraudeau

Session 4.1 - Paléobiologie des vertébrés
Jeremy MARTIN (LGL ENS Lyon), Thierry TORTOSA (RNN Ste Victoire CG13), Julien CLAUDE (ISEM Montpellier)
Session 4.2 - Invertébrés, plantes microfossiles - nouvelle session
Didier NERAUDEAU (Géosciences Rennes)

Thème 5 – La mer de la Manche
Responsables : Olivier Dugué, Bernadette Tessier, Massinissa Benabdellhouahed, Anne Duperret, Phil Gibbard

Session 5.1 - Evolution géodynamique de la Manche, du Varisque à l'Alpin
Virginie GAULLIER (LOG Lille), Eric LASSEUR, Fabien PAQUET, Isabelle THINON (BRGM Orléans)
Session 5.2 - Évolutions néogène et quaternaire de la mer de la Manche et du fleuve Manche
Olivier DUGUÉ (M2C Caen), Massinissa BENABDELLOUAHED (LDO Brest), Bernard DELCAILLAU (M2C Caen), Phil GIBBARD (Cambridge)
Session 5.3 - Évolution holocène de la mer de la Manche et dynamique actuelle de ses estuaires
Sandric LESOURD, Bernadette TESSIER (M2C Caen)
Session 5.4 - La Manche et son littoral, par approche terre-mer
Anne DUPERRET (LOMC Le Havre), Axel EHRHOLD (IFREMER Brest), Laure SIMPLET (IFREMER Brest), Pascal LE ROY (LDO Brest)
Session 5.5 - Ressources de la Manche : granulats, benthos, énergies marines renouvelables
Jean-Claude DAUVIN (M2C Caen), Anne- Claire BENNIS (M2C Caen)

Thème 6 - Paléoenvironnements et paléoclimats
Responsables : Maxime Debret, Philippe Sorrel

Session 6.1 - Marqueurs Paleoclimatiques / Paleoenvironementaux (Fusion sessions 6.1, 6.2 et 6.3)
Julie DABKOWSKI (GéoArchÉon, Viéville-sous-les-Côtes ; LGP Meudon), Anaelle SIMONNEAU (ISTO Orléans), Arnaud HUGUET (METIS Paris), Christine BARRAS (LPG-BIAF Angers), Claire ROLLION-BARD (IPG Paris)
Session 6.2 - Perturbations paléoenvironnementales & changements paléogéographiques au cours du Mésozoïque
Laurent RIQUIER (ISTeP Paris), Emmanuelle PUCEAT (Biogéosciences Dijon)
Session 6.3 – Changements climatiques et anthropiques au Quaternaire (Fusion sessions 6.5 et 6.6)
Christophe COLIN (GEOPS Orsay), Meryem MOJTAHID (LPG-BIAF Angers), Agnès BALTZER (Géolittomer Nantes), Maxime DEBRET (M2C Rouen), Philippe SORREL (LGL TPE Lyon), Bernadette TESSIER (M2C Caen)
Session 6.7 - Néotectonique et périglaciaire : critères de reconnaissance – annulée – résumés soumis redistribués dans session 1.8

Thème 7 - Mécanique et physique des sols et des roches
Responsable : Véronique Merrien-Soukatchoff

pas de sessions (toutes les sessions fusionnées)
Véronique Merrien-Soukatchoff (CNAM Paris), Salim Mezazigh (M2C Caen), Daniel Levacher (M2C Caen), Olivier MAQUAIRE (GEOPHEN Caen), Jeanne-Sylvine GUÉDON (IFSTTAR Paris), Jérôme FORTIN (ENS Paris), Emmanuel TRIC (Géoazur Nice), Gilles ARMAND (Andra)

Thème 8 - Ressources
Responsables : Daniel Levacher, Jean-Paul Dupont

Session 8.1 - Potentiel minier et métallogénie française
Eric GLOAGUEN (BRGM Orléans), Jérémie MELLETON (BRGM Orléans), Didier BÉZIAT (GET Toulouse)
Session 8.2 - Minéralisations : contrôle structural et contexte tectonique
Philippe BOULVAIS (Géosciences Rennes) Yannick BRANQUET (Géosciences Rennes / ISTO Orléans)
Session 8.3 - Géothermie, hydrothermalisme et minéraux industriels – nouvelle session
Béatrice LEDESERT (GEC Cergy Pontoise)

Thème 9 - BioGéosciences et Environnement
Responsables : Valérie Mesnage, Yoann Copard

Session 9.12 - Cycles biogéochimiques des éléments en traces et majeurs (Fusion Sessions 9.1 et 9.2)
Anabelle BAYA (GET IRD Toulouse), Nicolas MARUSCZAK (GET Toulouse), David POINT (GET IRD Toulouse), Christophe CLOQUET (CRPG Nancy), Cécile QUANTIN (GEOPS Orsay), Yann SIVRY (IPG Paris), Jeroen SONKE (GET Toulouse)
Session 9.3 - Nouveaux développements pour la quantification des flux d'éléments dissous à l'interface eau-sediment : de la mesure in-situ à la modélisation
Valérie MESNAGE (M2C Rouen), Edouard METZGER (LPG-BIAF Angers)
Session 9.4 – Géosystèmes urbains
Jérémy JACOB (ISTO Orléans), Marc DESMET (GéHCO Tours)

Thème 10 - Hydrosciences
Responsables : Nicolas Massei, Abderrahim Jardani

Session 10.1 - Nouvelles approches pour la modélisation des aquifères et massifs rocheux hétérogènes
Anne JOHANNET (Ecole des Mines Alès), Séverin PISTRE (HydroSciences Montpellier)
Session 10.2 - Géochimie des solutions aqueuses complexes dans les réservoirs géologiques (Fusion sessions 10.2 et 10.5)
Abderrahim JARDANI (M2C Rouen), Laurent ANDRE, Nicolas DEVAU, Arnault LASSIN (BRGM Orléans)
Session 10.3 - Variabilité hydroclimatique à long terme: caractérisation, reconstructions, impact sur les ressources en eau (Fusion sessions 10.3 et 10.4)
Nicolas MASSEI (M2C Rouen), Thibault MATHEVET (EDF-DTG Grenoble), Yvan CABALLERO (BRGM Montpellier), Julie LIONS (BRGM Orléans)

Thème 11 - Patrimoine, histoire, diffusion des sciences de la Terre
Responsables : Jacques Avoine, Pierre Savaton

Session 11.1 - Patrimoine géologique et diffusion des sciences de la Terre (Fusion sessions 11.1 à 11.4)
Patrick de WEVER (MNHN Paris), Jacques AVOINE (Dpt Geol. Caen)
Session 11. 7 - Education formelle et non formelle en sciences de la Terre entre formation scientifique et préoccupations sociétales
Denise ORANGE RAVACHOL (Théodile CIREL Lille)
Sessions 11.5, 11.6 annulées (pas de résumés)

Thème 12 - Grands programmes, grands projets, grands instruments
Responsables : Robert Lafite, Dominique Boust, Nicolas Arnaud

Session 12.1 – Table Ronde : Les réalisations et le futur Grand Chantier RGF
Thierry BAUDIN (BRGM Orléans), Jean-Marc LARDEAUX (Geoazur Nice), P. NEHLIG (BRGM Orléans)
Session 12.2 – Le fonctionnement de la Zone Critique au travers des infrastructures nationales de recherche en environnement
Jérôme GAILLARDET (IPG Paris), Guillaume NORD (LTHE Grenoble), Laurent LONGUEVERGNE (Géosciences Rennes), Nicolas ARNAUD (Géosciences Montpellier)
Session 12.34 - Développements analytiques et expérimentaux récents en géosciences (Fusion sessions 12.3 et 12.4)
Robert LAFITE (M2C Rouen), Dominique BOUST (IRSN Cherbourg), Raphaël PIK (CRPG Nancy), Cyrille FAUCHARD (CEREMA Rouen), Raphael ANTOINE (CEREMA, Rouen), Franck GARESTIER (M2C Caen), José DARROZES (GET Toulouse)

Liste des posters

Les posters sont affichés pendant toute la durée du congrès.

Thème 1 - Processus de surface		
1.1 - Dynamique fluviale, actuelle et passée		
1.1	Naima Bouhsane, Bouhlassa Saidati, Ahmed El Yahyaoui El Idrissi, Siham Lhimr	Using of magnetic susceptibility to estimate soil erosion, North of Morocco.
1.2	Yassine Ferrah	Impacts des caractéristiques morphologiques et lithologiques sur le régime d'écoulement dans le bassin versant de la Seybouse (Nord-Est Algérien).
1.3	Guillaume Jamet, Henri-Georges Naton, Olivier Brun, Bertrand Roseau, Caroline Schaal	La dynamique holocène de la vallée de la Meuse à Autrecourt-et-Pourron (Ardennes, France) : stratigraphie, paléoenvironnements et géochronologie.
1.4	Adrien Maufrangeas, Constance Vinciguerra, Sophie Leleu, Corinne Loisy	Variations de l'architecture fluviatile en relation avec les fluctuations du niveau marin; exemple du Paléocène inférieur nord-pyrénéen (Corbières, France).
1.5	Arnaud Vacherat, Frédéric Mouthereau, Stéphane Bonnet, Vincent Regard, Projet OROGEN	River network reorganisation in the Ebro and Duero basins (North Spain.
1.3 – Dynamique des côtes sableuses		
1.6	Eric Chaumillon, Léo Chaumillon, Bastien Millescamps, Xavier Bertin, Nathalie Long	Mesures couplées par drone et sondeur interférométrique pour révéler les évolutions morphologiques à haute fréquence d'une embouchure tidale.
1.7	Franck Desmazes, Boris Leclerc	Estimation du recul de dunes côtières lors d'une tempête exceptionnelle.
1.8	Elodie Marches, Thierry Garlan, Isabelle Gabelotaud, Emeric Brenon	Les cartes G: Programme de cartographie des sédiments des côtes métropolitaines.
1.9	Serge Nahed Kiki Sandoungout	Morphologie des dunes à l'équilibre sous écoulement turbulent.
1.10	Housseyn Otmani	Etude et évaluation de la cinématique de la ligne du rivage dans la région est algéroise.
1.11	Imen Turki, Sophie Le Bot, Nabil Kakeh, Nicolas Lecoq, Charlotte Michel, Robert Lafite	Changes in migration of intertidal dunes: Case of Somme Bay (NW France).
1.5 - Le littoral : une source d'archives archéologiques		
1.12	Laure Simplet, Dominique Cliquet, Emeric Gautier, Delphine Pierre, Arnaud Gaillot, Jean-Pierre Mazé	Apport des données acoustiques à la connaissance d'un gisement archéologique : exemple du site de La Mondrée à Fermanville (Manche).
1.13	Quentin Trouvé, Agnès Baltzer, Axel Creach, Florence Verdin	Le littoral du nord médoc : entre érosion et préservation du patrimoine archéologique.
1.6 - Archéométrie		
1.14	Guillaume Blanchet et al.	Analyse par fluorescence X portable des nummi d'un trésor monétaire du IVe siècle découvert à Saint-Germain-de-Varreville (Manche) : mise en place du protocole d'analyse et premiers résultats.
1.15	Nadia Cantin, Victoria Borgen, Ayed Ben Amara, Anne Bocquet-Lienard, Xavier Savary, Jessie Cauliez, Claire Manen, Vincent Ard, Joséphine Caro	Approche ethnoarchéométrique céramique : premiers résultats à partir des traditions et techniques potières chez les groupes Woloyta et Oromo en Ethiopie.
1.16	Samira Hamil, Ghania Hamane	Caractérisation physico-chimique des céramiques du Nord ouest de l'Algérie.
1.17	Emmanuelle Meunier, Marguerite Munoz, Béatrice Cauuet	Caractérisation de la production antique de cuivre en Ariège : le cas de l'atelier des Atiels (La Bastide de Sérou, Pyrénées, France).
1.18	Alain Queffelec, Ludovic Bellot-Gurlet, Céline Paris, Christian Stouvenot, Pierrick Fouéré	Raman spectroscopy for the mineral identification of saladoid lapidary products in Basse-Terre (Guadeloupe, French West Indies).

1.8 - Séismes et tectonique		
1.19	Nathalie Babonneau, Antonio Cattaneo, Gueorgui Ratzov, Jacques Déverchère, Roza Si Bachir	Récurrences des grands séismes établies par l'enregistrement sédimentaire des turbidites à l'Holocène sur une limite de plaques à convergence lente : évaluation et comparaison de deux segments de la marge algérienne.
1.20	Jérémy Billant, Franck Thomas, Bellier Olivier, Philippe Dussouillez, Fabrice Hollender, Jean-Claude Hippolyte	Post-Messinian faulting assessment from salinity crisis geomorphic markers : the example of Toulaud (Rhône-Alpes, France).
1.21	Merzouk Ouyed, Saddek Samai, Mouloud Idres, Mohamed Salah Boughacha, Amar Bourmatte	Contribution des données géophysiques à l'élaboration d'un modèle structural dans la zone épicentrale du séisme de Boumerdes (Algerie) du 21 mai 2003.
1.22	Brigitte Van Vliet-Lanoe	Thermokarstic deformation associated with active and paleo-ice / soil wedge decay. The implication for tectonism.
1.10 - Datation régolithe		
1.23	Thierry allard, Silvana bressan Riffel, Cécile gautheron, Bruna fernandes Soares, Rosella pinna-Jamme, Guillaume morin	Dating Amazonian laterites through the novel geochronometers kaolinite and iron oxides.
Autre		
1.24	Aurelie Flamand, Bruno Scalabrino, Carole Petit, Michel Corsini, Laetitia Leanni, Régis Braucher, Didier Bourlès, Abdelkhalak Ben Moussa	Evolution morpho-structurale du Rif interne au Maroc : Approche morphométrique et estimation des taux de surrection récents à partir de systèmes de terrasses alluviales.
1.25	Thomas Lelandais, Régis Mourgues, Edouard Ravier, Stéphane Pochat, Pierre Strzerzynski, Olivier Bourgeois	Analog modelling of pressurized subglacial water flow: Implications for tunnel valley formation and ice dynamics.
Thème 2 - Bassins, réservoirs et enregistrements sédimentaires		
2.2 - Source to Sink : bilan, facteurs de contrôle, modélisation		
2.1	Candide Lissak, Vincent Viel, Kevin Graff, Etienne Cossart, Monique Fort, Benoit Carlier, Gilles Arnaud-Fassetta, Jean-Philippe Malet	Rôle des relais de processus dans le fonctionnement hydro-morphologique des bassins versant alpins. Exemple du Bassin versant du Peynin (Queyras).
2.2	Juliette Rat, Frédéric Mouthereau, Stéphanie Brichau, Matthias Bernet, Eduardo Garzanti, Projet OROGEN	Evolution du contenu détritique au cours d'un cycle orogénique.
2.3	Dimitri Laurent, Marie Picot, Tania Marsset, Laurence Droz, Marina Rabineau, Didier Granjeon	Modélisation stratigraphique 3D de l'éventail turbiditique du Congo depuis 200 ka : vers une hiérarchisation des facteurs de contrôle de la sédimentation.
2.3 - Enregistrement sédimentaire crises		
2.4	Laurent Beccaletto	The French Stephano-Permian basins as witnesses of the Variscan-Mesozoic transition - compilation map and open scientific questions.
2.5	Vincent Mouchi, Quentin Crowley, Xavier Monteys, Frank Mc Dermott, Stephen Mc Carron	L'apport du corail d'eaux froides Lophelia pertusa aux reconstitutions climatiques et paléocéanographiques de l'Holocène du NE Atlantique.
2.6	Romain Vaucher, Bernard Pittet, Hélène Hormière, Emmanuel L.O. Martin, Bertrand Lefebvre	Storm deposits as graves in the Fezouata Shale (Lower Ordovician, Morocco).
2.7	Igor Girault, Pierre Pellenard, Christophe Durlet, Cédric Bougeault, Pascal Neige, Théophile Cocquerez, Emilia Huret	Caractérisations élémentaire (HXRF) et isotopique (C, O) de rostres de bélemnites du Pliensbachien/Toarcien du Bassin de Paris (forage A901, Aisne, France).
2.4 - Les systèmes carbonatés : transect plate-forme-bassin		
2.8	Manon Négrel, Markus Aretz, Elise Nardin, Benoît Issautier	Evolutions paléoenvironnementales et paléogéographiques du Dévonien des Pyrénées Centrales : résultats préliminaires.
2.9	El Hadj Youcef Brahim, Mohammed Chadi, Rami Djeffal	Evolution Of Jurassic Carbonate Platform (NE Algerian).

2.10	Thierry Mulder, Mélanie Principaud, Elsa Tournadour, Ludivine Chabaud, Jean Busson, Kelly Fauquembergue, Hervé Gillet, Vincent Hanquiez, Emmanuelle Ducassou, Jean Borgomano	Processus gravitaires sous-marins sur la pente carbonatée des Bahamas.
2.11	Meriem Abdelmadjid, Fella Assassi, Mohamed Tlili, Frédéric Boulvain	Reconstitution des paléoenvironnements de la plate-forme néritique constantinoise durant l'aptien. cas de Djebel Debbagh, Algérie Nord-Orientale.
2.5 - Subaqueous slope siliciclastic environments		
2.12	Stéphanie Dupré, Benoît Loubrieu, Carla Scalabrin, Emeric Gautier, Livio Ruffine, Catherine Pierre, Anne Battani, Guillaume Michel, Naig Le Bouffant, Laurent Berger	Thousands of submarine microbial methane escapes at the Aquitaine Shelf (Bay of Biscay).
2.13	Anne-Sophie Fanget, Lies Loncke, Cédric Tallobre, Tania Marsset, Laurence Droz, Equipe IGUANES	Etude sismique haute résolution des dépôts contouritiques le long du plateau de Demerara (Guyane-Surinam).
2.14	Hajar El Talibi, Mohamed Najib Zaghloul, Daniela Gonçalves, Vitor Hugo Magalhaes, Luis Menezes Pinheiro, Khadija Aboumaria	Petrography of recent platform terrigenous sedimentation of the central portuguese continental margin (western portugal).
2.6 - Architecture stratigraphique des bassins de marges continentales		
2.15	Camille Dufeu, Jean Noel Proust, Miguel Gonzalez, Hugo Pouderoux, François Michaud	Impact de la subduction de monts sous-marins sur l'érosion tectonique et la sédimentation des marges actives. Exemple de la marge en subduction d'Equateur.
2.16	Justine Briais et al.	Géométrie des bassins cénozoïques métropolitains : premier aperçu fourni par la carte des épaisseurs de leur remplissage sédimentaire (projet METROCENE).
2.17	Jean Noel Proust, Hugo Pouderoux, Expedition 313 Scientific Party	Passive margin clinothems revisited – The New Jersey margin example.
2.18	Ibtissam Rezouki, Ali Essahlaoui, Mustapha Boujamaoui, Ahmed Manar, Mohamed Rouai	Apport de la gravimétrie à l'étude de la structure géologique du bassin d'avant-pays de Guercif (Maroc oriental).
2.19	Massinissa Benabdellouahed, Marina Rabineau, Agnès Baltzer, Adriano Viana, Sidonie Révillon, Caesar Rigoti, Maryline Moulin, Daniel Aslanian	Stratigraphic architecture and sedimentary evolution of the Quaternary deposits in the Santos Basin, southern Brazilian Margin.
2.20	Isabelle Thinon, Pol Guennoc, Olivier Serrano, Agnès Maillard, Eric Lasseur, Jean-Pierre Réhault	The Neogene evolution of the Corsica Basin (Northern Tyrrhenian Sea) revealed by the seismic markers of the Messinian Salinity Crisis in an intermediate-depth basin.
2.21	Ahmed Hamza Fellah, Abdelkader Oualimehadji, Abderrahmane Mekkaoui	L'anticlinal de Ben Zireg : une fenêtre ouverte sur une histoire de 300 ma (Bechar, Sahara algérien, nord occidental).
2.8 - Dynamique(s) littorale(s)		
2.22	Jean-Luc Schneider, Catherine Chagué-Goff, Eric Chaumillon, Thierry Corrège, Stéphane Bujan, John Butscher	Impacts of tsunamis on the shallow marine sedimentation in the Bay of Pago Pago (Tutuila Island, American Samoa).
2.23	Chloé Le Gouche	Analyse de facies sédimentaires d'un delta mixte (tidal et fluvial) dans un contexte de haute latitude pendant une transition greenhouse-icehouse (Eocène inférieur à moyen) : cas du Delta de Mackenzie, Canada.
2.24	Clément Poirier, Bernadette Tessier, Eric Chaumillon	Sédimentation littorale à l'échelle des derniers siècles : peut-on valoriser des données bathymétriques antérieures aux levés de Beautemps-Beaupré du début du 19ème siècle ?
2.25	Hajar El Talibi, Said El Moussaoui, Khadija Aboumaria, Mohamed Najib Zaghloul	Stratigraphie, Sédimentologie et Pétrogrologie des formations quaternaires (Régions de Sabadia - Al Hoceima) : Implications sur la provenance et le cadre géodynamique.
2.9 - Systèmes pétroliers, Réservoirs et Roches mères		
2.26	Alain Zanella, Salomé Larmier, Régis Mourgues	Fracturation hydraulique naturelle par transition de phases solide-liquide.
2.27	Pierre Malie, Sébastien Potel, Rafael Ferreiro Mählmann, Julien Bailleul, Frank Chanier, Renaud Toullec, Geoffroy Mahieux, Vincent Crombez, Tatiana Maison, Brad Field	multi-proxy analysis of the burial history of slope basins on the Hikurangi accretionary wedge (North Island, New Zealand).

2.28	Alexis Caillaud, Melesio Quijada, Jean-Yves Reynaud, Armelle Riboulleau, Viviane Bout-Roumazeilles, Jean-Noël Ferry, Nicolas Tribovillard	Relations entre sédimentation de la matière organique et cortèges de dépôt en domaine marin profond (Formation des Marnes Bleues du bassin Vocontien, S-E de la France) : le niveau marin n'est pas le facteur prépondérant.
2.29	Edouard Ravier, Régis Mourgues, Jean-François Buoncristiani, Eric Portier	Impacts des surpressions de fluides sur les remobilisations argileuses: Exemples naturels, Modélisation analogique et Implications réservoirs.
Thème 3 - Enveloppes et dynamique internes		
3.2 - Dynamique des marges passives		
3.1	Nicolas Bellahsen, Martin Stab, Raphael Pik, Sylvie Leroy	Nouveau modèle tectono-magmatique de l'évolution cénozoïque du rift d'Afar central.
3.2	Mikael Evain et al.	Deep structure of the Santos Basin-Sa?o Paulo Plateau System, SE Brazil.
3.3	Philippe Schnurle et al.	Seismic structure of the Maranha?o-Barreirinhas-Ceara? margin, NW Brazil, from the MAGIC wide-angle seismic experiment.
3.4	Afonso Loureiro, Alexandra Afilhado, Luis Matias, Maryline Moulin, Daniel Aslanian	Monte Carlo approach to assess the uncertainty of wide-angle layered models: Application to the Santos Basin, Brazil.
3.5	Romain Bousquet, Erik Duesterhoeft, Thierry Nalpas	hermal evolution of early passive margins formation and consequences on their geophysical signature.
3.6	Chloe Nonn, Sylvie Leroy, Marc Lescanne, Raymi Castilla	Structure et cinématique du golfe d'Aden oriental (île de Socotra – Sud-Ouest Oman).
3	Youssef Biari, Frauke Klingelhoefer, Mohamed Sahabi, Thomas Funck, Massinissa Benabdellouahed, Michael Schnabel, Reichert Christian, Marc André gutscher, Adrien Bronner, James Austin	Central Atlantic Conjugate Passive Margins Formation and Evolution.
3.45 - Interactions, de la surface au manteau		
3.7	Alexandre Le Bacquer, Thierry Nalpas, William Vetel, Jean-François Ballard, Xavier Du Bernard	Géométrie des failles normales et stratigraphie mécanique.
3.6 - Géodynamique des zones de subduction		
3.8	Muriel Laurencin, Frauke Klingelhoefer, Boris Marcaillou, David Graindorge, Mikaël Evain, Jean-Frederic Lebrun	The deep crustal structure of the Lesser Antilles Island arc from wide-angle seismic modelling.
3.9	Youssef Biari, Tamara Maury, Massinissa Benabdellouahed, Carla Scalabrin, Muriel Laurencin, Michael Evain, Jean-Frédéric Lebrun, David Graindorge, Boris Marcaillou, Frauke Klingelhoefer	Fluid escape structures imaged in the sedimentary superficial layers along the Lesser Antilles subduction zone.
3.10	Juan Felipe Contreras Barrientos, Joseph Martinod, Vincent Regard	Les bassins côtiers d'avant-arc du Nord Chili et Sud Pérou, témoins de la dynamique de la subduction océanique sous les Andes.
3.11	Christèle Guivel, Antoine Bézos, Thibault Fougeroux, Carole La, Jean-Pierre Lorand, Stephan König	Fractionnement du rapport S/Se dans les basaltes du bassin arrière-arc d'East Scotia : contraintes sur les processus de dégazage du soufre.
3.12	Guillaume Bonnet, Philippe Agard, Samuel Angiboust, Patrick Monié, Michaël Jentzer, Marc Fournier	Dynamique d'écaillage et d'exhumation des unités océaniques subductées du Sistan (Iran oriental).
3.13	Florent Hodel, Antoine Triantafyllou, Julien Berger, Mélina Macouin, Ricardo Trindade, Nasser Ennih	Les roches ultramafiques néoprotérozoïques d'Ait Ahmane (Bou Azzer, Maroc) : protolithe, serpentinisation et exhumation.
3.14	Maxime Daudet, Frederic Mouthereau, Ana Crespo Blanc, Arnaud Vacherat	Initiation de l'accrétion continentale dans l'arc bético-rifain: implications géodynamiques.
3.15	Solenn Hertgen, Benjamin Guillaume, Joseph Martinod	Does unsteady overriding plate kinematics explain variability of slab dip and upper plate deformation?
3.16	Solenn Hertgen, philippe yamato, Benjamin Guillaume	Impact of the overriding plate crustal rheology on convergence zones dynamics.

3.17	Mathieu Soret, Philippe Agard, Benoît Dubacq, Benoît Ildefonse, philippe yamato, Cécile Prigent	Comportement mécanique des amphibolites à l'interface de subduction.
3.7 - Evolution thermomécanique et dynamique des racines des ceintures orogéniques		
3.18	Luc Adissin-Glodji, Jérôme Bascou, Soulemana Yessoufou, René-Pierre Ménot, Jean-Louis Paquette	Tectonique, métamorphisme et magmatismes néoprotérozoïques dans la zone de cisaillement de Kandi au Bénin (Afrique de l'Ouest): implications pour l'évolution orogénique panafricaine des Dahoméyides.
3.19	Ella Jewison, Nicolas Bellahsen, Etienne Deloule, Raphaël Pik, Loïc Labrousse, Claudio Rosenberg, Stéphane Scaillet	Evolution thermique des Calédonides, Highlands, Ecosse.
3.20	L. Tripot, Denis Thiéblemont	Une carte expérimentale des températures des granitoïdes armoricains établie par géothermométrie Ti-Zr-REE.
3	Pierrick Roperch, Guillaume Dupont-Nivet, Stéphane Guillot, Fanny Goussin, anne replumaz, Wentao Huang, Zhang Yang, Loris Wacquier	Paleomagnetic constraints on the tectonics of the Eastern border of the Qiangtang terrane (Tibetan Plateau) during the India-Asia collision.
3.8 - Les Pyrénées		
3.21	Armel Menant, Charles Aubourg, Jean-Paul Callot, Guilhem Hoareau, Jean-Baptiste Cuyala, Julia Lechantre, Eve Péré	A post-folding thermal imprint in the Chaînons Béarnais (North Pyrenean Zone) evidenced by two independent methods.
3.22	Justine Villard, Pierre Labaume, Alain Vauchez, Charles Aubourg, Antonio Teixell, Yves Lagabrielle	Syn-metamorphic deformation in a salt structure on the mid-Cretaceous hyer-extensed Pyrenean margin (Chaînons Béarnais, North Pyrenean Zone).
3.23	Milton Boucard, Thierry Nalpas, de Saint Blanquat Michel	Tude des brèches Méso-Cénozöiques du Nord-Est des Pyrénées (Latour-de-France), origines et implication sur l'évolution géologique des Pyrénées.
3.24	Paul Angrand, Mary Ford, Géraldine Rougier, Anne-gaëlle Bader, Michel De Saint Blanquat	Linking subsidence and migration of a retroforeland basin to orogenic history: the central Northern Pyrenees and Aquitaine Basin.
3.25	Maxime Waldner, Nicolas Bellahsen, Frédéric Mouthereau, Projet OROGEN	Evolutionthermo-structurale alpine de la zone Axiale des Pyrénées Centrales.
3.26	Nicolas Bellahsen, Raphael Pik, Arnaud Vacherat, Yoann Denèle, Maxime Waldner, Frédéric Mouthereau, Abdeltif Lahfid, Matthias Bernet	Evolution thermique de la zone axiale occidentale des Pyrénées : nouvelles contraintes thermochronologiques.
3.27	Arnaud Vacherat, Frédéric Mouthereau, Raphaël Pik, Jean-Louis Paquette, Frédéric Christophoul, Damien Huyghe, Nicolas Loget, Bouchaïb Tibari	Rift-to-collision sediment routing in the Pyrenees: new geochronological contraintes from the northern Pyrenees.
3.28	Tatiana Maison, Sébastien Potel, Pierre Malie, Cyril Gagnaison, Benoit Proudhon, Julien Bailleul	Caractérisation du métamorphisme de bas-degré des systèmes turbiditiques syn-orogéniques des bassins d'avant-pays sud-pyrénéens.
3.29	Eric Lasseur, Nicolas Loget, Johan Miguet, Thibault Rueda	Les systèmes sédimentaires continenaux éocènes sur le versant nord-pyrénéen : quelles contraintes pour l'évolution du rétro-foreland pyrénéen?
3.30	Margaux Mouchene, Peter van der Beek, Frédéric Mouthereau, Julien Carcaillet, Sébastien Carretier	Le méga-cône alluvial de Lannemezan : un enregistrement de l'histoire tardi- à post-orogénique du nord des Pyrénées.
3.31	Clotilde Schnell, Loic Labrousse, Sébastien Chevrot, Yann Capdeville	La nature du panneau plongeant ibérique : apport des massifs métamorphiques pyrénéens.
3.32	Antoine Bezos, Stéphane Pochat, Marylou Vines, Carole La	Caractérisation géochimique du magmatisme basique Permien du Massif des Cinco Villas (Pyrénées).
3.33	Baptiste Tournaire Guille	La différentiation crustale au cours de l'orogenèse hercynienne, étude du massif nord pyrééen de l'Agly (ou se promener sur la discontinuit e de Conrad).
Autres		
3.34	Mouloud Idres, Ahmed Ydri, Zoubir Gaci	Traitement et interprétation des données gravimétriques du nord de l'Algérie en relation avec les structures géologiques régionales.

3.35	Amar Bourmatte, Ahmed Ydri, Doria AitAdjedjou	Apport des méthodes du potentiel à l'étude structurale de la région du Hodna (Algérie).
Thème 4 - Paléobiologie, Fossilisation, Evolution		
4.1	Jean-Philippe Pezy, Damien Gendry	Actualisation de la faune de Crustacés fossiles du Bathonien supérieur de Ranville.
4.2	Jean-David Moreau, Louis Baret, Gérard Lafaurie, Carmela Chateau-Smith	First Kimmerdigian-Tithonian flora from the lithographic limestone of the Causse Méjean.
4.3	Roch-Alexandre Benoit, Carles Martin-Closas, Didier Néraudeau	Charophytes from the Upper Jurassic-Lower Cretaceous of the northern Aquitaine.
4.4	Rolf Fleury, Fabrice Redois, Didier Néraudeau, Benoît Mellier, Christine Strullu-Derrien, Jean-David Moreau, Grégoire Maillet, Denis Audo, France Polette	The Cenomanian lignitic calys of Hucheloup.
4.5	Isabelle Veltz, Raymond Gèze, Jean-Claude Paicheler, Bruno Garnier, Dany Azar, Sibelle Maksoud	Rapport préliminaire sur les pistes de dinosaures du Crétacé inférieur dans le Mont Liban.
Thème 5 - La mer de la Manche		
5.1	Muhammad Toqeer, Laure Capar, Fabien Paquet, Isabelle Thinon, Adnand Bitri	Retraitement sismique d'anciens profils pétroliers pour imager les structures profondes de la Manche et de la bordure septentrionale du bassin de Paris : projet GEONORMER.
5.2	Bernard Le Gall, Christine Authemayou, Axel Ehrhold	Imagerie LiDAR du socle hercynien immergé de l'archipel de Molène, Ouest Massif armoricain. Duplex ductile décrochant et intrusions syntectoniques.
5.3	Bernard Le Gall, Christine Authemayou, Axel Ehrhold	Tectonique extensive tertiaire à l'extrémité occidentale du Massif armoricain. Les blocs tiltés d'Ouessant et de Molène.
5.4	Massinissa Benabdellouahed, Olivier Dugué, Bernadette Tessier, Isabelle Thinon, Fabien Paquet, Pol Guennoc	Carte géologique révisée de la baie de Seine (Mer de la Manche).
5.5	Bernadette Tessier, Clément Poirier, Simon Tranquart, Dominique Mouazé, Pierre Weill, Alissia Rieux, Jérôme Fournier, Laurent Dézileau	Evolution de la sédimentation en Baie du Mont Saint Michel au cours des derniers siècles.
5.6	Sophie Le Bot, Charlotte Michel, Flavie Druine, Stéphane Costa, Franck Levoy, Carole Dubrulle-Brunaud, Robert Lafite	Dynamique de comblement d'un estuaire mégatidal (Baie de Somme) : marqueurs sédimentaires, morphologiques et dynamiques, bilans volumiques et marqueurs d'évolution du trait de côte.
5.7	Anne Duperret, Céline Raimbault, Timothée Duguet, Bernard Le Gall, Christine Authemayou, Stéphane Molliex, Stéphane Costa, Vincent Regard, Grégoire Maillet, Robert Wyns	Le projet CROCO-DYL : Dynamique des côtes rocheuses par quantification du recul littoral court/long terme et étude comparée de côtes granitiques et crayeuses.
Thème 6 - Paléoenvironnements et paléoclimats		
6.1	Christophe Innocent, Médard Thiry, Christine Franke	Calcites liées à l'hydrologie des périodes froides quaternaires.
6.2	Laurine Drugat, Edwige Pons-Branchu, Eric Douville, Lorna Foliot, Matthieu Roy-Barman	Etude détaillée de la transition glaciaire/Holocène (Terminaison I) par l'analyse des éléments en trace dans une stalagmite du SE de la France.
6.3	Salome Mignard, Arnaud Huguet, Philippe Martinez, Thierry Mulder, Thierry Garlan	Apport de la géochimie moléculaire à la compréhension du fonctionnement de la sédimentation organique au niveau de la marge Nord Gabonaise.
6.4	Sarah Coffinet, Arnaud Huguet, Michaël Ramos Medina, Christelle Anquetil, David Williamson, Amos Majule, Sylvie Derenne	Reconstruction des variations climatiques de l'Holocène récent (4000 ans BP) dans un lac tropical (Lac Masoko, Tanzanie) via une approche multi-marqueurs.
6.5	Cedric Tallobre, Maria-Angela Bassetti, Pierre Giresse, Roselyne Buscail, Germain Bayon, Camille Ferrer, Alina Tudryn, Bruno Charriere, Christophe Menniti	Glauconie, granulométrie, matière organique, outils d'étude des dépôts contouritiques et de l'évolution des courants sur le Plateau de Demerara (Guyane française, Surinam).
6.6	Zhaojie Yu, Christophe Colin, Eric Douville, Franck Bassinot	Seasonal distribution of dissolved neodymium concentrations and εNd in the Bay of Bengal.

6.7	Elise Chenot, Nicolas Freslon, Emmanuelle Pucéat, Mohammad Razmjooei, Nicolas Thibault, Jean-François Deconinck, Pierre Pellenard	Evolution du courant circumglobal téthysien pendant le Crétacé Supérieur: nouvelles données des isotopes du néodyme sur les carbonates et les oxydes authigènes d'Iran (bassin du Zagros).
6.8	Abbes Sebane, Abdia Touahria Sebane	Evolution des peuplements de foraminifères et environnement sédimentaire au cours du Lias supérieur-Dogger basal dans les Monts des Ksour (Atlas Saharien occidental, Algérie).
6.9	Igor Girault, Emmanuelle Pucéat, Pierre Pellenard, Pascal Neige	Première preuve d'un effet vital dans les rostres de bélemnites du Jurassique inférieur ?
6.10	Abdia Touahria Sebane, Nathalie Fagel, François Fontaine, Abbes Sebane, Fatiha Douas Bengoudira, Khaldia Ziouit	Minéralogie des Argiles de Saïda (en Algérie occidentale).
6.11	Brahimsamba Bomou, Christopher Castellani, Martine Brunsting, Anaïs Passera, Thierry Adatte, Emilie Garel, Frederic Huneau	Paleoenvironmental and climatic impact records in corsican lake during the late holocene.
6.12	Valerie Andrieu-Ponel, François Demory, Mireille Perrin, M.Cihat Alcicek, Anne-Elizabeth Lebatard, Sebastian Nomade, Morteza Djamali, Pierre Rochette, Cahit Helvacı	The long climatic sequence of Acigol Lake, NW Turkey: first chronological and palynological results.
6.13	Christopher Castellani, Brahimsamba Bomou, Michelle Ferrandini, Jean Ferrandini, Thierry Adatte, Emilie Garel, Frederic Huneau	Palaeoenvironmental study of the miocene formation of taverna, corsica: micropalaeontological and mineralogical approaches.
6.14	Jacques Brulhet, Valérie Andrieu-Ponel, Frédéric Ego	Compréhension du mode d'évolution du paysage des collines argileuse de l'interfluve Aube-Voire et découverte de dépôts attribuables au stade isotopique 11.
6.15	Mehmet Akif Sarıkaya, Ciner Attila, Cengiz Yıldırım	A new sampling strategy for cosmogenic surface exposure dating of moraines: Amalgamated Boulder Chips (ABCs).
6.16	Ronan Joussain, Christophe Colin, Zhifei Liu, Franck Bassinot	Impacts du climat sur l'érosion et le transfert des sédiments aux cônes-sous marin du Bengal durant l'Holocène.
Thème 7 - Mécanique et physique des sols et des roches		
7.1	Ouassila Sadou Epse Hamdidouche	Cartographie des effets induits d'un séisme dans la région de Tipaza, Algérie en utilisant le SIG., Ouassila Sadou Epse.
7.2	Véronique Merrien-Soukatchoff, Muriel Gasc-Barbier	Benchmark aléa chute de blocs basé sur un grand déblais rocheux de la déviation d'ax-les-thermes.
7.3	Véronique Merrien-Soukatchoff, Damien Rangeard, Marie-Pierre Dabard	Impact de la pétrographie et la structure de la région rennaise sur les travaux d'excavation.
7.4	Amina Belalia	Glissement de terrain de TELEMLY (Alger, ALGERIE).
7.5	Mamadou Fall, Issa Sakho, Sophie Gladima Siby, Mouhamadoul Bachir Diouf, Sérigne Faye, Abdoulaye Faye	Geomorphologic features and vulnerability to flooding of the Cap Vert Peninsula (Senegal).
7.6	Hicham Benbaqqal, Aissa Masrour, El Mehdi Benyassine, Mohamed Erragragui	Etude géotechnique, minéralogique et chimique des matériaux de construction dans le bassin de Saïs (Maroc).
7.7	Raymond Tojo Radimy, Patrick Dudoignon, Valérie Mesnage	Caractérisation des comportements hydromécaniques des sols des marais cotiers.
7.8	Hasnaa Harmouzi, Abdelilah Dekayir, Mohamed Rouai, Mohamed Afechkar	Glissement de terrain Taourart-Akchour (Nord du Maroc).
Thème 8 - Ressources		
8.1	Maxime Cachia, Hervé Carrier, Laetitia Mahenc, Guilhem Caumette, Isabelle Le Hécho	Etude des transferts d'éléments traces métalliques dans un réservoir aquifère de stockage de gaz naturel.
8.2	Gildas Beauchamps, Béatrice Ledésert, Danièle Bartier, Ronan Hebert	Caractérisation pétrographique et spatiale des altérations hydrothermales sur le secteur de la Basse-Terre (Guadeloupe): vers une meilleure compréhension du système géothermique de Vieux-Habitants.

8.3	Ilyess Amri	Characeterisation of clays of Aleg and El-Haria Formations, northeeastern Tunisia, for ceramic fabrication.
8.4	Mohamed Ougadire	Analyse statistique des réseaux de fractures du socle précambrien dans la boutoniere de Sidi Ifni (Maroc).
8.5	Laurent Ciancaleoni, Aymen Arfaoui, Nellie Falleau, Philippe Kister, Rémi Bosc, Abdelbaki Mansouri	Modélisation géologique et ressources minérales du gisement de phosphate tectonisé de Chaketma (Atlas Tunisien central, Tunisie).
8.6	Anne Bialkowski, Anne-Gaëlle Bader, Laurent Beccaletto, Florence Jaudin, Serge Van Gessel, Jan Hopman	The ESTMAP Project (Energy STorage MApping and Planning) : focus on the subsurface data collection.
8.7	Alexiane Favier et al.	Caractérisation d'un réservoir géothermique dans l'arc des Petites Antilles. Exemples de l'Archipel de la Guadeloupe, de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy, dans le cadre du projet GEOTREF.
8.8	Alexiane Favier, Chrystele Verati, Jean-Marc LARDEAUX, Michel Corsini	Caractéristiques structurales et minéralogiques d'un paléo-système géothermal. L'exemple de Terre-de-Haut (Archipel des Saintes, Guadeloupe, Antilles Françaises).
8.9	Siham Lhimr, Saidati Bouhlassa, Ahmed El Yahyaoui El Idrissi, Naima Bouhsane	Synthesis of ZnO nanoparticles by inorganic sol-gel at room temperature.
8.10	Pascal Barrier, Alyssa Galtier, Mylène Receveur, Francis Kezirian, Ernesto Bellomo	Le Messinien de Salice (Messine, Italie) : un contexte sédimentaire évaporitique à baryte.
8.11	Zaineb Hajjar, Amina Wafik, Fernando Gervilla, Abderrahim Essaifi	Alteration Patterns on Cr-Ni Ores in Ultramafic Massif of Beni Bousera (Internal Rif, Morocco).
8.12	Fortune Tulomba Niemba	Etude géologique et gitologique du territoire de Nyunzu (Kioko, Matengo, Luhata,Tende), nord de la province du Katanga, R.D.Congo.
8.13	Nouha Ben Yahia	Les cherts du Nord-Ouest de la Tunisie: caractérisation minéralogique et géochimique.
8.14	Zahra Mourabit, Abdelhalim Tabit, Ahmed Algouti, Abdellah Algouti	The Beni Bousera and Ronda ultramafic massifs as example of tectonic autocontamination of the oceanic lithosphere.
8.15	Abdeslam Toummite, Abdelhafid Essalhi, Mourad Essalhi	Toummite et al. - Etude structurale et pétrographique de la minéralisation de fluorine de Ras Elhamda, Boutonnière de l'Ougnat, Anti Atlas oriental, Maroc.
8.16	Brahim Merdas	Les minéralisations à Sb, Pb, Zn, As (Au) du bassin d'effondrement intra-montagneux de Hammam N'bails (NE Algérie) : typologie et mode de mise en place.
8.17	Zineb Nabyl, Jérémie Melleton, Johann Tuduri, Malcolm Massuyeau, Fabrice Gaillard	Étude de l'enrichissement en terres rares du volcan Tahaa (Polynésie Française) : approche expérimentale et analyse de la base de données expérimentale.
8.18	Guillaume Vic, Bruno Tourlière	Le potentiel minier des Pyrénées : analyse prédictive des substances d'intérêt majeur.
8.19	Jérémie Melleton, Julie Lions, Romain Millot, Eric Gloaguen, Jérôme Gouin, Thibaut Chamel, Cécile Renaud	Prospection hydrogéochimique pour la recherche des minéralisations à Sn-W et aurifères du domaine varisque français.
8.20	Marguerite Munoz, Déodat Alindawa, Frédéric Christophoul, Béatrice Cauuet, Didier Beziat	Une source probable de l'or alluvionnaire de l'Ariège : la minéralisation filonienne du Plateau de l'Assaladou (Pyrénées, France).
8.21	Nellie Falleau	Paramétrage d'une interpolation.
Thème 9 - BioGéosciences et Environnement		
9.1	Nicolas Briant, Joël Knoery, Jean-François Chiffoleau, Christophe Brach-Papa, Tiphaine Chouvelon, Nicolas Savoye, Jeroen Sonke	A first look at coupling C and N to mercury isotope composition and speciation to document the origins of mercury in the coastal environment. Preliminary results from the Trococo project.
9.2	Ghislaine Grisot, Aymeric Dabrin, Chloé Le Bescond, Gaëlle Poulier, Jerome Lecoz, Marina Coquery	Sources, flux et spéciation du mercure particulaire sur le Rhône et ses affluents.

9.3	Shuofei Dong, Christophe Cloquet, Emmanuelle Montargès-Pelletier, Isabella Zelano	Potentialité des isotopes du Ni comme traceur de source dans les sédiments de rivière.
9.4	Cécile Quantin, Gael Monvoisin, Sophie Ayrault	Contamination et origine du plomb des sols agricoles en contexte péri-urbain : ce que nous apporte l'isotopie.
9.5	Imene Bedja, Albert Galy	Magnesium biogeochemical cycle in the Liwu river, Taiwan: coupling hydrological and isotopic approaches.
9.6	Maria de Los Angeles Cauich Garcia, Maria de La Luz Espinosa Fuentes, Maria Amparo Martinez Arroyo, Lionel Denis	Quantification of carbon dioxide (CO2) and methane (CH4) fluxes at the sediment-water-atmosphere interfaces in Terminos lagoon – Campeche.
9.7	Mariama Kaba, Valérie Mesnage, Serigne Faye, Benoit Laignel, Nicolas Lecoq	Processus biogéochimiques à l'interface eau-sédiment dans la zone humide littorale de Mboro au Sénégal.
9.8	Mélina Macouin, Sonia Rousse, Christine Franke, Aude Isambert, Aurélio Philip	Magnétisme environnemental et cartographie des aérosols urbains dans la ville de Paris.
9.9	Abdelhafid Essalhi, Mourad Essalhi, Abdeslam Toummite	Impact des exploitations minières sur l'environnement : Cas des mines de baryte de l'Anti-Atlas oriental, Maroc.
9.10	Eric Viollier, Sarah Hegedus, Mariem Sassi, Loïc Martin, Anniet Lavermann, Celine Roose-Amsaleg, Mickael Tharaud, Arnaud Huguet	Aerobic metabolisms, nutrients and trace elements reactivity in the Seine estuary turbidity maximum zone.
9.11	Ahmed Arafa, Menana Daif	Particularités d'un sol sur arène granitique : géochimie et environnement.
Thème 10 - Hydrosciences		
10.1 - Nouvelles approches pour modélisation aquifères hétérogènes		
10.1	Thierry Gaillard	Stratigraphie et stratification hydrochimique des Eaux souterraines : exemple de la dénitrification dans les calcaires du Bathonien à Vimont (Calvados, France).
10.2	Sara Ameri, Abderrahmane Mekkaoui	Impacts des facteurs naturels et actions anthropiques sur les eaux souterraines de la vallée de la Saoura (région de Béchar, Sud-Ouest, Algérie).
10.3	Abdelkader Hachemi, Boualem Remini	Localisation de l'interface eau douce eau salée dans l'aquifère côtier de Tipaza (Algérie) par un modèle à interface abrupte.
10.4	Ghislain Trullenque, Rishi Parashar, Clément Delcourt, Lucille Collet, Pauline Villard, Sébastien Potel	Simulation des propriétés hydrauliques d'un réseau de fracture expérimental. Apports de la modélisation numérique par éléments finis.
10.5	Abdoulazizi Djibrilla Saley, Abderrahim Jardani, Raphael Antoine, Jean-Paul Dupont	Hamiltonian Monte Carlo algorithm for hydraulic conductivity imaging from the heat tracer experimental data.
10.6	Hakim Moulouel, Rabah Bensalem, Djamel Machane	On the hydraulic behavior of large strike-slip fault: Thénia active fault zone (north-central Algeria) as a case study.
10.7	Bachir Benlaoukli	Conséquences des reconnaissances géologiques et géotechniques peu développées. Cas du petit barrage de Meskiana a Oum el Bouagui.
10.2 - Géochimie des solutions aqueuses		
10.8	Adeline Lach, Laurent André, Arnault Lassin, Mohamed Azaroual, Jean-Paul Serin, Pierre Cézac	PhreeSCALE: a new numerical tool to compute thethermal and volumetric properties of brines with thePitzer model.
10.9	Arnault Lassin, Anne-Laure Thadée, Adeline Lach, Laurent André, Sylvain Guignot, Jean-Paul Serin, Pierre Cézac	A new set of Pitzer interaction parameters to describe solution properties and solid-liquid equilibria in the Li-Ca-Cl-H2O system at 298.15 K.
10.10	Delphine Yeghicheyan et al.	Caracterisation du standard d'eau de riviere slrs-6 (nrc-cnrc) compilation Interlaboratoire du silicium, des terres rares et de 21 autres elements trace.
10.3 - Variabilité hydroclimatique à long terme		
10.11	Jean-Baptiste Charlier, Yvan Caballero, Julie Lions, Bernard Ladouche	Chemical evolution of waters in the Jura Mountains related to global changes.
10.12	Guillaume Evin, Bruno Wilhelm, Anne-Catherine Favre	Apport des reconstitutions sédimentaires pour l'estimation des quantiles de crues.

10.13	Manuel Fossa, Thibault Mathevet, Joël Gailhard, Nicolas Massei	Infering the relation of hydrometeorological variability on the durance watershed (southeastern france) to large scale circulation from anatem reconstructed series.
10.14	Nicolas Massei, Bastien Dieppois, Manuel Fossa	Caractère multi-échelle temporelle des précipitations de la variabilité à Paris et connexion avec la circulation atmosphérique dans le secteur euro-atlantique de 1851 à 2008.
10.15	Bachir Benlaoukli	Utilisation de la roche et de la terre dans un ouvrage mixte-superficiel et souterrain. cas du barrage de hammam melouane a blida.
10.16	Gautier Chaix, Frédéric Roger, Thierry Berthe, Brigitte Lamy, Estelle Jumas-Bilak, Robert Lafite, Joëlle Forget-Leray, Fabienne Petit	Distinct Aeromonas populations in water column and associated with copepods from estuarine environment (Seine, France).
10.17	Manon Michaut, Thierry Berthe, Gautier Chaix, Erick Denamur, Olivier Clermont, Nicolas Massei, Jean-Paul Dupont, Fabienne Petit	Factors influencing the occurrence and the fate of E. coli population in karst hydrosystem.
Thème 11 - Patrimoine, histoire, diffusion des sciences de la Terre		
11.1	Elise Auberger, Jean-Pierre Gély, Didier Merle	Grignon (Thiverval-Grignon, Yvelines, Ile-de-France): a paleontological site of international value under threat.
Thème 12 - Grands programmes, projets, instruments		
12.1	Colas Bohy, Romain Martin, Jean-Philippe Malet, Florian Mallet, Vincent Marc, Julien Gance, Xavier Chavanne	Mesures multi-méthodes haute fréquence de l'état hydrique des sols en zone de montagne.
12.2	Pascal Sailhac, Julien Gance, Hugo Larnier, Daniel Viville	Travaux en cours sur l'imagerie électromagnétique du bassin versant du Strengbach : développements en AMT et CSAMT.
12.3	Jean-Lambert Join, Manuëlla Delalande-Le Mouëllic	Erosion et Altération en compétition sur l'île de La Réunion : L'observatoire ERORUN.
12.4	Christelle Batiot-Guilhe et al.	Eléments de caractérisation des flux de recharge à différentes échelles de temps et d'observations en milieu karstique.
12.5	Luca Guillaumot, Laurent Longuevergne, Olivier Bour, Nicolas Lavenant	Guillaumot et al. - Comportement à long terme d'un aquifère hétérogène dans des conditions transitoires.
12.6	Quentin Courtois, Laurent Longuevergne, Luca Guillaumot, Jonathan Schuite, Nicolas Lavenant, Frédérick Boudin, Olivier Bour	Apport de l'inclinométrie dans la caractérisation de la dynamique saisonnière des aquifères fracturés et de leur recharge.
12.7	Bryan Chague, Philippe Negrel, Frédérick Gal	Développement et déploiement d'un système permettant l'échantillonnage passif en eaux souterraines.
12.8	Ophélie Fovet et al.	Etude du fonctionnement de la zone critique en petit bassin agricole : déploiement d'instruments innovants pour lever les verrous de connaissance identifiés à partir d'un monitoring long-terme et multi-disciplinaire – Le projet Critex sur l'ORE AgrHyS.
12.9	Claire Charles, Elsa Ottavi-Pupier, Clément Delcourt, Julien Duquennoy, Michihiko Nakamura, Kentaro Uesugi, Olivier Ammoun	3D reconstruction of plagioclase crystals in a synthetic basalt and results comparisons.
12.10	Nina Bothamy, Razvan Caracas, Ema Bobocioiu	Stability and spectroscopy of complex Na-Mg sulfates on the surface of Mars.
12.11	Kamel Hachemi, Mohamed Daoudi, Abdullah Bamousa, Amina Belalia, Maria Achek-Youcef, André Ozer, Catherine Kuzucuoglu	Utilisation d'imagerie radar SAR (ERS, ENVISAT) pour l'étude du système de drainage de la région aride du sud-ouest de Riyadh.

Résumés des communications orales et des posters

Les résumés des communications orales et des posters sont classés par ordre alphabétique du nom du premier auteur.

Un index alphabétique des auteurs peut être consulté en fin d'ouvrage.

Les intervenants sont signalés dans la liste des auteurs par une étoile ($\star$).

Homme et espace côtier ; cas du Parc National de Taza, Algérie

Katia Abbad*[1]

[1] Ecole Nationale Superieure des Sciences de la Mer et de l'Amenagement du Littoral (ENSSMAL) – Algérie

Dans les années 80, les autorités algériennes ont mis en place un cadre juridique visant à aménager, gérer et préserver les milieux et ressources naturelles. Dans cette dynamique plusieurs aires protégées ont été créées, parmi elles le Parc National de Taza (PNTaza), situé au nord est de l'Algérie. Dans les années 2000, la direction du parc a lancé une étude pour le classement de la zone marine adjacente en aire marine protégée, aucun texte officiel n'a été décrété à ce jour.

Le littoral Jijlien connaît depuis le dernier siècle des pressions anthropiques croissantes génératrices des changements d'occupation des sols, l'étude de ces derniers présente un intérêt majeur pour les politiciens décideurs et pour la communauté scientifique car elle permet de connaître les tendances actuelles dans les processus de déforestation, dégradation, désertification et le niveau d'artificialisation...

En vue du contexte et potentiels territoriaux, nous nous sommes particulièrement intéressés à deux indices qui sont l'analyse de l'évolution de l'occupation du sol et de la vulnérabilité côtiére de quatre communes de la wilaya de Jijel à savoir : Selma, El-Aouana, Ziama Mansouria et Jijel qui abritent l'actuel Parc National de Taza ainsi que la future Aire Marine Protégée.

Ces deux indices entrent dans un processus d'évaluation du patrimoine naturel côtier, dont la finalité est d'analyser et apprecier les modes de gestions et d'identifier les tendances d'évolutions de cette zone côtiére. L'intégration de plusieurs disciplines notamment la sociologie et l'économie, s'avère nécessaire afin d'essayer de comprendre cet environnement si complexe.

Mots-Clés: gestion intégrée des zones côtière, vulnérabilité côtière, occupation du sol, gouvernance, zone côtière

Geophysical signatures of hydrocarbon contaminated aquifers: A case study

Mohamad Abbas*[1], Abderrahim Jardani[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France

The hydrocarbon contamination can alter the physiochemical and biological properties of the subsurface, which can be monitored using geochemical analysis and integrated geophysical techniques. Electrical resistivity tomography, induced polarization, ground penetrating radar and self-potential methods were used in this work to assess the hydrocarbon contamination and investigate its geo-electrical properties at a site impacted by an aged hydrocarbon contamination. To achieve a better interpretation, the field geophysical data were constrained by geochemical soil boring data. Throughout the investigation, 2D geo-electrical measurements supported the conductive plume model and consistently recorded low resistivity anomalies, and high chargeability patterns in the aquifers of the contaminated regions. Furthermore, the low resistivity anomalies were found to be coincident with regions of GPR attenuated reflections and significant negative self-potential anomalies possibly associated with oxido-reduction processes. These findings were supported by the geochemical measurements which revealed depleted concentrations of electron acceptors and elevated amounts of ions and total dissolved solids, which could be attributed to bacterial biodegradation of hydrocarbons.

Mots-Clés: geophysics, hydrocarbon contamination, biodegradation

Reconstitution des paléoenvironnements de la plate-forme néritique constantinoise durant l'Aptien. Cas de Djebel Debbagh, Algérie Nord-Orientale

Meriem Abdelmadjid*[1], Fella Assassi, Mohamed Tlili, Frédéric Boulvain

[1] Univ. Badji Mokhtar - Annaba (UBMA) – BP 12, 23000, Annaba, Algérie

La reconstitution des paléoenvironnements de dépôt de la plate-forme néritique s'est basée sur l'étude sédimentologique détaillée des échantillons provenant d'une coupe localisée dans le massif de Debbagh(constantinois nord-oriental) au sein des formations calcaires de l'Aptien. L'interprétation pétrographique a livré une diversité de microfaciès appartenant à des paléoenvironnements classés du plus distal au plus proximal dans un modèle de dépôt. L'analyse de susceptibilité magnétique effectuée sur la totalité des échantillons a livré des résultats comparés aux courbes de microfaciès, qui se résume en un seule modèle de plate forme carbonatée moyennement profonde à hydrodynamisme calme à modéré.

Mots-Clés: étude sédimentologique, Nord-Est algérien, formations carbonatée Aptienne, paléoenvironnements de dépôts

Le magmatisme basique de Damrane (Daoura, Monts de l'Ougarta, sud-ouest Algerie): Pétrologie, géochimie et pétrogenèse

Mekkaoui Abderrahmane*[1]

[1] Univ. Tahri Mohamed Bechra (Univ. Bechar) – Route de Kenadsa Bechar 08000, Algérie

Le massif de Damrane, structure importante dans le faisceau de la Daoura, est constitué essentiellement de volcanites basiques reposant sur un substratum schisto-pélitique plissé d'âge néoprotérozoïque et d'un réseau filonien doléritique sécant sur ces empilements de coulées basaltiques.
Les basaltes de Damrane, auraient un âge de 390 Ma. Ils sont à texture microlitique porphyrique et à paragenèse minérale constituée de magnésio-chromite, d'olivine et de clinopyroxène dans les termes à caractère primitif (Mg# $\sim$ 76) et une paragenèse à augite, labrador et titanomagnétite dans les basaltes plus évolués (Mg# $\sim$ 53). Leurs spectres de terres rares sont peu fractionnés et montrent, pour certains échantillons, une très légère anomalie négative en Eu. Ces basaltes présentent une signature caractéristique des magmas calco-alcalins orogéniques. De plus, ils montrent des rapports isotopiques initiaux du Sr élevés (87Sr/ 86Sri : 0.70611 et 0.70724) et ceux du Nd bas (ϵNd variant entre -2.43 et -5.16). Ils dérivent probablement de la fusion partielle d'un manteau lithosphérique appauvri dans le domaine de stabilité du spinelle, avec une participation de la croûte continentale non négligeable. Une deuxième hypothèse suggèrerait une source de type manteau subcontinental enrichi par des sédiments ou de fragments lithosphériques réinjectés en relation avec des événements de subduction anciens.
Quant au réseau filonien doléritique, il s'exprime en dykes et sills recoupant les Néoprotérozoïque, la couverture cambro-ordovicienne et les basaltes dévoniens. Il est bidirectionnel et se discrimine en deux groupes : (**i**) les dolérites à direction ougartienne (NW-SE) qui montrent une texture intergranulaire et une paragenèse minérale dominée par de l'andésine, de l'augite et de l'ilménite. Ce sont des tholéiites continentales, probablement crétacées (102 Ma) avec des teneurs élevées en TiO2 et Fe2O3, P2O5, Y, Zr et basses en MgO (HPT : High P2O5 - TiO2 tholeiites). Elles se sont formées à partir de la cristallisation fractionnée et la contamination crustale significative d'un magma dérivant d'un manteau lithosphérique fertile de type lherzolite à spinelle. (**ii**) les dolérites Ksiksou (direction NE-SW) à texture intersertale à subophitique, la paragenèse est dominée par le plagioclase (bytownite à andésine), le pyroxène (augite et pigeonite) et la titanomagnétite. Ce sont également des tholéiites continentales, avec des teneurs basses en TiO2, Fe2O3, P2O5, Y, Zr, Nb et plus importantes en MgO typiques des LPT (Low P2O5 - TiO2 tholeiites). Ces dolérites se sont formées à partir de la cristallisation fractionnée, accompagnées de contamination crustale significative d'un magma saturé en silice (anomalies négative en Nb, positive en Pb), dérivant de la fusion partielle d'un manteau lithosphérique appauvri, probablement de type harzburgitique.

Mots-Clés: Damrane, Ougarta, basaltes, dolérites, Sr-Nd isotopes, lithosphère, contamination crustal

Paleoenvironments and Diagenesis in the Ediacaran SCIc Formation of the Schisto-Calcaire Group in the Niari-Nyanga and Comba subbasins, Republic of the Congo

Anna Perla Ackouala Mfere*[1,2], Franck Delpomdor[1,3], Yannick Callec[4], François Fournier[5], Florent Boudzoumou[2], Dieudonné Maurice Malounguila Nganga[2], Alain Préat[1]

[1] Univ. of Brussels, Dpt. of Earth and Environmental Sciences – 50 av. FD Roosevelt, B-1050, Brussels, Belgique
[2] Univ. Marien Ngouabi, Dpt. de Géologie – Brazzaville, Congo
[3] Illinois State Geological Survey, Univ. of Illinois – États-Unis
[4] Bureau de Recherches Géologiques Minières – 3 av. Claude Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans, Cédex 2, France
[5] Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement(CEREGE) – Aix Marseille Univ., CNRS, IRD – 13545 Aix en Provence, France

The Early Neoproterozoic Era was marked by a phase of rifting along the western margin of the Congo Craton followed by the opening of the Adamastor Ocean and by the deposition of the West Congolian Supergroup in a passive-margin setting. The West Congolian Supergroup that includes the Schisto-Calcaire Group crops out in Central Africa from SW Gabon to the northern Angola passing through Congo and Democratic Republic of the Congo. The Schisto-Calcaire Group (~1400 m-thick) unconformably overlying the Upper tillite Formation consists of limestones, dolostones, siltstones and shales with intercalations of sandstones, cherts and evaporites. In the Niari–Nyanga and Comba subbasins, the Neoproterozoic SCI Subgroup of the Schisto-Calcaire Group includes an upper formation (SCIc) with extensive ooid shoals and stromatolitic buildups.
Field observations and petrographic analysis of the SCIc unit from 24 logged sections in the Niari–Nyanga and Comba subbasins led to define 11 microfacies (MF1 to MF11) and finally to interpret the paleoenvironnemental and the sedimentological processes. The vertical and lateral variations of these microfacies record the evolution of a marine ramp submitted to evaporation from subtidal metric/decametric-sized stromatolitic bioherms (MF2) and ooid shoals (MF3) in high energy conditions to supratidal sabkha environments with precipitation of evaporitive minerals (MF11). Geochemical analyses (C, O and Sr isotopes) combined with major and traces elemental analyses were performed in order to constraint the diagenetic evolution. The negative d18O (-10.3 ‰ to -5.3 ‰) and d13C (-6.6 ‰ to -1.1 ‰) values in this formation were probably the result of diagenetic transformations in meteoric and/or burial environments. Different diagenetic phases have been identified from syn-depositional/early diagenesis to shallow burial. In coarse-grained levels, an isopachous rim calcite cement (initially aragonite?) occurs around the components while a blocky calcite cement fills the remaining intergranular pores.Hypersaline conditions are attested by euhedral sulfate minerals now calcitized and silicified. The comparison with the Lower Congo (Democratic Republic of the Congo) and Nyanga (Gabon) subbasins in the West Congolian System shows that the meteoric flushing in the lower part of the Schisto-Calcaire Group was regional and not local, and could be derived from a climatic evolution during late Neoproterozoic times.

Mots-Clés: microfacies, early diagenesis, West Congolian Supergroup, Neoproterozoic

Tectonique, métamorphisme et magmatismes néoprotérozoïques dans la zone de cisaillement de Kandi au Bénin (Afrique de l'Ouest): implications pour l'évolution orogénique panafricaine des Dahoméyides

Luc Adissin-Glodji*[1], Jérôme Bascou[2], Soulemana Yessoufou[1], René-Pierre Ménot[2], Jean-Louis Paquette[3]

[1] Univ. Abomey-Calavi – 01 BP 526 Cotonou, Bénin
[2] Lab. Magmas et Volcans – Univ. Jean Monnet, Saint-Etienne – CNRS : UMR6524 – 23 rue du Docteur P. Michelon 42001 Saint-Etienne Cedex 1, France
[3] LMV, Univ. Blaise Pascal, CNRS-IRD – 5 rue Kessler, 63038 Clermont-Ferrand, France
@ : jerome.bascou@univ-st-etienne.fr

La zone de cisaillement de Kandi (ZCK), qui affleure au Bénin, est un segment d'une structure de déformation majeure, dans la chaîne panafricaine des Dahoméyides. Elle s'étend du Hoggar en Algérie (zone de cisaillement 4°50') au Nord et trouve sa continuité au NE du Brésil (linéament Transbrasiliano). Les études effectuées au Centre-Bénin ont révélé que la ZCK représente une zone de déformation hétérogène large de 50 Km environ et associée à un décrochement ductile N-S, dextre. Le jeu de la ZCK est accompagné d'une variation des conditions P-T et la déformation est marquée par des structures ductiles de haute température auxquelles succèdent des tectonites d'épaisseur kilométrique générées à plus basse température. L'amorce du décrochement dans la chaîne panafricaine est daté à *c.* 610 Ma avec une durée de fonctionnement estimée à environ 27 Ma. Le cisaillement ductile et fragile a affecté un socle gneissique et migmatitique. Ces gneiss sont issus de l'exhumation et de la rétromorphose de granulites préservées sous forme de masses reliques de dimension plurikilométrique. Les migmatites sont issues de la fusion partielle des gneiss en facies granulites et amphibolites. Le cisaillement s'est aussi accompagné d'une exhumation des gneiss et migmatites et d'une évolution rétromorphique en facies schistes verts. De même, un magmatisme en deux épisodes caractérise la zone. Le magmatisme antétectonique est sub-alcalin et comporte une composante crustale profonde et une composante mantellique appauvrie juvénile. Au cours de la phase syn-cinématique, le magmatisme sub-alcalin s'est poursuivi et cette période est marquée par une transition de magmas sub-alcalins – alcalins, qui traduit un changement de sources mantelliques, manteau appauvri – manteau enrichi. Des laves mafiques, intermédiaires et felsiques se sont mises en place dans un bassin syn-orogénique intramontagneux ouvert dans la ZCK. Une synthèse de données dans la zone interne de la chaîne des Dahoméyides au Bénin suggère l'existence deux manifestations successives de métamorphisme, de migmatisation - anatexie des gneiss et de magmatisme. La première manifestation, antécinématique (antérieur à *c.* 610 Ma), est un métamorphisme régional (au moins entre 670 et 620 Ma), une fusion partielle (c. 650 Ma) associée aux mécanismes de collision et d'épaississement crustal dans la chaîne et marquée par un magmatisme sub-alcalin. La deuxième manifestation est un métamorphisme localisé dans la ZCK, et plus tardif dans la chaîne (entre 610 – 580 Ma) accompagné d'une fusion partielle des gneiss (entre 610 – 600 Ma) et un magmatisme sub-alcalin et alcalin (entre 607 – 583 Ma). Ces travaux permettent de mieux comprendre les relations spatiales et temporelles entre tectonique et magmatisme ainsi les transferts de chaleur à l'Ediacarien.

Mots-Clés: tectonique, métamorphisme, magmatisme, zone de cisaillement, flux de chaleur, Bénin

Déformation et remobilisation au sein du corps extrême ouest descenderie de l'amas sulfuré Zn/Pb /Cu de Hajjar, Massif des Guemassa, Maroc : un rôle minéralisateur sous-estimé ?

Safouane Admou*[1], Yannick Branquet[2,3], Lakhlifi Badra[4], Luc Barbanson[2], Mohamed Outhounjite[5], Abdelali Khalifa[5], Mohamed Zouhair[5], Lhou Maacha[5]

[1] Univ. Moulay Ismaïl de Meknès – Maroc
[2] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR7327, BRGM – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie 45071 Orléans Cedex 2, France
[3] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[4] Univ. Moulay Ismail – BP 11201 Zitoune, Meknès, Maroc
[5] Managem Group – Casablanca, Maroc

Le gisement de Hajjar est considéré comme VMS à pyrrhotite dominante, déformé pendant le carbonifère supérieure. Localement, au niveau des corps extreme ouest descenderie, la déformation syn-schisteuse a été identifiée comme un facteur d'enrichissement potentiel d'une minéralisation économique " syngénétique " . Les modèles d'exploration actuels interprètent des lentilles décamétriques intra-foliales de sulfures massifs comme émanant forcément de la déformation ductile de lentilles syngénétiques précoces . L'objet de cette communication est de présenter de nouvelles observations, faites dans la partie ouest du gisement, qui plaident en faveur d'une métallogenèse lors de la déformation des corps massifs dans les couloirs de faille NS à NE-SW.
L'analyses structurales/texturales en surface comme en galerie montrent : i) que régionalement comme dans le couloir tectonique NE/SW d'extension régional contenant Hajjar une seule foliation S1 pénétrative est présente. La réorientation par bloc de direction homogène de S1 étant acquise tardivement par des jeux décrochants tardi-hercyniens ou même alpins. Très redressée et orientée N-S à NE-SW dans le gisement, S1 est souvent parallèle au rubanement principal du minerai massif ; ii) au sein de la partie étudiée du gisement la déformation ductile est responsable du fluage mécanique des sulfures à rhéologie molle le long de la foliation principale. Les contrastes rhéologiques initiaux jouent donc un rôle majeur dans la localisation multi-échelle de la déformation ; iii) ce fluage et la foliation sont concomitants de circulation de fluides chauds responsables de la blastèse de biotite, de muscovite mais également de sulfures néoformés à As, Cu et Zn. Fluage mécanique et croissance hydrothermale sont responsables d'une remobilisation et redistribution drastique des métaux vis-à-vis des plans S1. Dans les zones à forte déformation, ces mêmes blastes sont clairement anté- à syn-schisteux. Ils paraissent " en tâche de contact " où S1 n'est pas développée ; iv) charnières de plis et chevauchement ductiles " collectent " les sulfures par fluage et pompage des fluides et finissent par former des lentilles et boudins massifs intra-foliaux métriques à décamétriques qui montrent un rubanement minéralogique parallèle à S1 identique à celui décrit comme étant primaire syngénétique ; v) cette déformation ductile se prolonge par un épisode de fracturation qui piège également Zn et Cu dans des gangues quartzeuse et carbonatée.
Il n'est donc pas à exclure qu'une partie de la minéralisation économique de Hajjar soit syn à tardi tectonique, la déformation et les fluides associés remobilisant et concentrant un stock métal syngénétique initial . Des études complémentaires de texture, de minéralogie et de bilans de masse devraient permettre de trancher. Quoiqu'il en soit, la géométrie du gisement de Hajjar est intensément contrôlée par la déformation et nos données structurales et cartographiques apportent une aide majeure à l'exploration.

Mots-Clés: amas sulfuré Zn/Pb/Cu, deformation synchisteuse, remobilisation, zone de cisaillement, Guemassa, Maroc

Modélisation du transport particulaire pour les énergies marines renouvelables

Feddy Adong*[1], Anne-Claire Bennis[1], Dominique Mouazé[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
@ : feddy.adong@unicaen.fr

En 2018, les premières fermes hydroliennes seront installées dans le Raz Blanchard. Pour des questions de maintenance et de durabilité des machines, il est important de connaître l'impact des sédiments sur les structures immergées. Nous nous proposons de simuler ces impacts en forçant le modèle d'éléments discrets YADE, qui simule le déplacement des sédiments, par le modèle hydrodynamique côtier MARS3D. YADE a été modifié afin de prendre en compte un écoulement tridimensionnel sur une bathymétrie variable. Nous commençons par présenter la validation des modifications à l'aide de données expérimentales. Ensuite, la méthode de forçage sera détaillée puis validée avec un cas test idéalisé. Enfin, le déplacement de sédiments sphériques sur une bathymétrie réaliste et soumise à un courant de marée sera simulé. On s'intéressera en particulier au déplacement des sédiments près du fond où intervient le courant de marée, les contacts entre les particules et la bathymétrie.

Mots-Clés: énergies marines renouvelables, modélisation numérique, transport sédimentaire

Comparative Organic matter Geochemistry of the Albian, Cenomanian-Turonian and Ypresian Formations from Tunisia

Hassene Affouri*[1]

[1] Géoressouces, Matériaux, Environnement et Changements Globaux (LR13ES23) (GEOGLOB) – Univ. Sfax, BP1171, 3000 Sfax, Tunisie

Total organic carbon (TOC) determination, Rock-Eval pyrolysis, extractable organic matter content (EOM) fractionation, as well as gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analyses, were carried out on samples from outcrop cross sections of the Albian (Lower Fahdene Formation), Cenomanian-Turonian (Bahloul Formation) and Ypresian (Bou Dabbous Formation) in central and northern Tunisia.

The total organic carbon (TOC) values and Rock-Eval analysis showed that these Formations had preserved Type II/III marine and continental organic matter (OM). Locally, TOC values are very high. These values are reliable to the structural framework during the Albian, the C/T and the Ypresian epochs. The Rock-Eval maximum pyrolysis temperature (Tmax) values in the ~ 420-460°C range delineated a general east-west and north-west trend increase in the OM thermal maturity. The disparity in hydrogen index (HI) values was relevant for the discrepancy in the level of OM preservation and maturity among localities and samples.

The Albian, C/T and Ypresian OM are rich in biological markers or biomarkers such as alkanes, steranes and terpanes. These were used to assess the degree of thermal maturity and to reconstruct the OM precursors and their deposition environments. The n-alkane distributions, maximizing in the C17 to C20 range, are typical for a marine planktonic origin, whereas pristine/phytane (Pr/Ph) average values in the 1-2 range indicate an oxic to suboxic depositional environment. Pr/n-C17 and Ph/n-C18 ratios values in the 0.38-6.2 and 0.68-3.25 range, respectively, are consistent with other maturity indicators and denote the contribution of specific bacteria to phytol as a precursor of isoprenoids (Pr and Ph). The thermal maturity varies between the late diagenesis to the main-stage of petroleum generation based on the optic and the cis-trans isomerisation of the C29 sterane and the terpane [18a(H)22,29,30-Trisnorneohopane/ (18a(H)22,29,30-Trisnorneohopane + 17a(H)22,29,30-Trisnorhopane) : Ts/(Ts+Tm)] ratios.

Furthermore, these OM are represented by an open marine to estuarine algal facies with a specific bacterial contribution as revealed by the relative abundance of the aaa-20R C27, C28 and C29 steranes and by the abundance of the tricyclic terpanes (T-C21 to T-C29) and the hopane compounds for all the samples. Locally, the good preservation of OM in the Albian facies and in the Bou Dabbous Formation has been evidenced by the good conservation of the C34 and C35 homohopanes compounds and the high abundance of gammacerane in central compared to the northern part of Tunisia. These features are characteristics of a highly bacterial contribution to the organic supply and extremely anoxic deposition environments. Finally, the OM richness in these studied Formations was controlled both by an oxygen minimum zone induced by high productivity and restricted circulation in narrow grabens structures

Mots-Clés: organic matter, Albian, Cenomanian, Turonian, Ypresian, Rock-Eval, biomarkers, steranes, terpanes, anoxic basin, Tunisia

Thin-skin and thick-skin deformation at the Eastern margin of the Tibetan plateau: the example of the Longmen Shan thrust belt (Sichuan, China)

Laura Airaghi*[1], Julia de Sigoyer[1], Pierre Lanari[2,3], Clare Warren[4], Stéphane Guillot[1], Olivier Vidal[1]

[1] Institut des sciences de la Terre (ISTerre) – Univ. Joseph Fourier - Grenoble I, Univ. Savoie, CNRS : UMR5275 – 38041 Grenoble, France
[2] Department of Earth and Environmental Sciences – University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, États-Unis
[3] Institute of Earth Sciences – University of Bern, Baltzestrasse 1+3, CH-3012 Bern, Suisse
[4] The Open University – Milton Keynes, Royaume-Uni
@ : laura.airaghi@ujf-grenoble.fr

The Longmen Shan thrust belt, at the eastern border of the Tibetan plateau (Fig.1), offers a good opportunity to investigate the different phases of thickening of the Tibetan crust, which are still a subject of debate. Previous structural, petrological and thermochronological studies revealed that the Longmen Shan underwent at least two compressional phases: one at Triassic-Lower Jurassic time following the closure of Paleothethys, and the other one during Cenozoic, resulting from the India-Asia collision. However how the belt deformed during the whole history of the crustal thickening still remain unclear. When was the basement involved in the deformation?

In order to answer these questions we performed a high-resolution petrological study and in-situ 40Ar/39Ar (mica) and U-Pb/Th (allanite) dating on the metamorphic basement (crystalline massifs) and on its sedimentary cover of both the internal and external zones of the belt. Our results show that the crystalline massifs of both internal and external zones did not exceed 280±30°C, 7±1 kbar while the sedimentary cover of the internal zones reached 520±20°C, 11±1 kbar. A pile of ca. 30 km of sediments was consequently already emplaced during the Triassic-Lower Jurassic compressional event, suggesting that an important crustal thickening was ongoing in the eastern border of the Tibetan plateau at that time. Simultaneously the internal crystalline massifs were affected by metamorphism and deformation, witnessing of a thick-skin deformation mechanism. On the contrary the external zones continued to deform with a thin-skin dynamics as demonstrated by the absence of Triassic-Lower Jurassic metamorphism in the external basement.

Following the Triassic compression, our in situ 40Ar/39Ar ages reveal a previously undocumented Cretaceous event recorded in both the internal and external crystalline massifs (and in the sedimentary cover of the external zones). This suggest that during Lower Cretaceous the basement of the external zones was deformed and metamorphosed, marking the propagation of the thick skin deformation towards the external zones. This propagation may have been trigged by the Lhasa-Qiantang collision occurring South-west of the Longmen Shan and the reactivation of the Quinling belt to the North-east.

This study show how the thickening of the eastern Tibetan plateau is a complex and polyphased process characterized by deformation mechanisms which evolve with time.

Mots-Clés: Tibetan plateau, thick skin deformation, Longmen Shan, metamorphism, in situ dating, crustal thickening, external and internal zones

Risques liés aux inondations et à la dégradation des sols dans la région de Marrakech lors des crues du mois de novembre 2014

Mohamed Ait Mlouk*[1], Abdellah Algouti[1], Ahmed Algouti[1]

[1] Faculté des Sciences Semlalya, Univ. Cadi Ayyad – Marrakech, Maroc

L'évolution des berges des rivières Rdat, Zat et Tensift, dépend essentiellement de l'intensité des crues et des inondations générées par des averses s'abattant au niveau des différents oueds qui prennent naissance dans la zone axiale du Haut-Atlas de Marrakech. Les conditions climatiques dans la région font des vallées de rivières étudiées des zones favorables aux crues et à la dégradation du sol.

Les fortes averses, comme celles qui se sont abattues entre le 4 et le 5 Mai 2016 et celles du mois de novembre 2014, ont entraîné des inondations et d'impressionnantes crues dans les oueds des sommets du Haut-Atlas de Marrakech. Dévalant les pentes jusqu'aux plaines du Haouz, les eaux boueuses, à forte charge solide, ont charrié les sols, les arbres, les cultures, les maisons et les infrastructures routières. Les berges des oueds n'ont pas échappé à cette destruction. Cette dégradation des sols, des vergers et des oliveraies peut être observée et analysée par les images satellitaires et des études de terrain.

Les phénomènes et les formes de dégradation les plus fréquemment observés dans la partie aval des rivières étudiées sont, l'érosion miée à l'écoulement de l'eau, le glissement en masse après une décrue rapide et les éboulements.

Ainsi, parallèlement à la dégradation des berges des rivières précitées, l'Oued Issil, qui coupe la ville de Marrakech dans sa partie Est, est très remarquable par ces crues et inondations qui touchent notamment les infrastructures aux alentours de l'Oued.

Mots-Clés: risques, crues, inondations, dégradations, rivières, berges, Issil, Zat, Rdat, Tensift, Marrakech

The Senonian (Coniacian, Santonian, Campanian and Maastrichtian) in the western High Atlas, Morocco: sedimentology, sequence stratigraphy, biostratigraphy and geodynamic evolution

Ahmed Algouti*[1], Abdellah Algouti[1], Fatiha Hadach[1]

[1] Dpt. de Géologie, Lab. Géologie des Bassins Sédimentaires Marocains, Faculté des Sciences Semlalia, Univ. Cadi Ayyad, BP 2390, 40 000, Marrakech, Maroc
@ : ahmedalgouti@gmail.com

From the geologic studies performed on the Senonian series in the western High Atlas, Morocco, new insights on stratigraphy and paleogeography are provided. We are individualised: the Anou-nfeg Formation, the Ait Abbes formation, the Oued Lahouar formation and the phosphated series (Calcareous formation of Tagragra and phosphate sand formation of Chichaoua), corresponding respectively to the Coniacian, Santonian, Campanian and Maastrichtian age. The Anou-Nfeg formation is attributed to Coniacian, from Ostracods associations, Bryozoa and Ammonites. The Ait Abbes formation is dated at Santonian by Bryozoa, Ostracods associations, Echonoderms, Foraminifera and Ammonites. The phosphate series is attributed to Maastrichtian by Ostracods associations, Echinoderms and Ammonites. The preponderant role played by eustatism in distribution of sedimentation, during the Senonian. Nevertheless, many tectonics phases were registred. Paleogeography was usually in the form of shallow inner neritic with paleoreliefs inducing formation of little confined basins, affected by marine incursions, under hot and arid climate. During the Coniacian, a regression is due to the anteSenonian embryonic tectonic phases. On Santonian, the sea recovers progressively nearly all the area of study. A second tectonic phase was enregistred essentially at Northen side of Western High Atlas represented by angular discordance. This phase induced the formation of small confined basins separated by emerged highs. After a peneplanation, the sedimentation takes place on a shallow platform of sebkha type subject to marine incursions, under hot and arid conditions. On Campanian, an important backword movement of sea, due to noticeable tectonic movement, put all the eastern sector of western High Atlas as emerged land, and during the Maastrichtian an important Atlantic marine transgression followed anteMaastrichtian embryonic tectonics, and included all the studied area.

Mots-Clés: sedimentology, sequence stratigraphy, Senonian, the western High Atlas, Morocco

Evaluation et estimation du transfert des éléments traces métalliques par les rejets urbains par temps de pluie (RUTP) sur des bassins versants de l'agglomération Orléanaise

Mohammed Al-Juhaishi*[1], Mikael Motelica-Heino[1], Fabrice Muller[1], Thomas Thiebault[1], Anaëlle Simonneau[1]

[1] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR7327, INSU, BRGM – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie 45071 Orléans Cedex 2, France
@ : mikael.motelica@univ-orleans.fr

Les rejets urbains par temps de pluie (RUTP) constituent un vecteur significatif de pollution vers les hydrosystèmes naturels. Ils résultent du lessivage des surfaces urbaines et de l'entraînement des dépôts accumulés dans les collecteurs par l'eau de pluie. Leurs concentrations et leur dynamique spatio-temporelle sont encore assez mal connues.
Notre travail a consisté à évaluer et estimer le transfert des éléments traces métalliques (ETM) par le RUTP à partir de différents échantillons ponctuels collectés sur 3 exutoires du réseau d'eau pluviale de l'agglomération Orléanaise.
Depuis 2015, 5 campagnes par temps pluie et 3 par temps sec ont été réalisées sur ces trois sites. Ces sites sont associés aux trois bassins versants les plus importants en termes de flux d'eaux pluviales vers le milieu naturel (Loire). Le premier rassemble les eaux de ruissellement canalisées de trois communes (Saran 15 573 hab., Ingré 8 317 hab., Ormes 3714 hab.). Les deux autres proviennent de rivières souterraines qui récupèrent les eaux de ruissellement des communes de Saint-Jean-de-Braye (20 021 hab.), Semoy (3 320 hab.) et une partie de celles des villes de Saran et Fleury-les-Aubrais respectivement. Les occupations des sols de ces bassins versants ont été identifiées grâce au logiciel Arc Gis. Les modèles conceptuels de Chen et Adams (2006) et A. Dembélé (2013) ont été appliqués à partir des données expérimentales pour estimer les flux de polluants(les matières en suspension (MES)) des RUTP.
Les concentrations en ETM ont été mesurés par HR-ICP-MS dans les fractions dissoute et particulaire des RUTP. Pour analyser la fraction dissoute, les prélèvements d'eau ont été filtrés (0.45 μm). Les filtres ont été ensuite minéralisés pour déterminer la quantité d'ETM dans MES. Parmi les ETM, cinq (Cr, Ni, Cu, Zn et Pb)) présentent des concentrations moyennes événementielles supérieures à la limite de détection.
Les résultats montrent que leurs concentrations dans les fractions dissoute et particulaire sont très variables suivant le site et l'événement pluvieux. Par exemple, les concentrations en Cu, Zn et Ni à l'exutoire de l'Egoutier sont supérieures à celles des deux autres exutoires à cause des activités industrielles dans ce bassin versant.
Les deux modèles conceptuels sont valables pour la prédiction des flux de MES par temps de pluie. La corrélation obtenue avec le modèle de Chen est meilleure pour les deux sites du bassin versant de Saint Jean de Braye (R = 0.71) et (R = 0.98)

Mots-Clés: hydrologie urbaine, rejets urbains par temps de pluie (RUTP), éléments traces métalliques, matières en suspension, Loire, Orléans

Synthèse structurale du Plateau de Sault (Pyrénées orientales) : Modélisation géologique 3D et confrontation avec la gravimétrie

Cécile Allanic*[1], Lucile Martel, Bernard Monod[2], Thomas Jacob[1], Gabriel Courrioux[1], Vincent Bailly-Comte[3], Jean Christophe Marechal[3]

[1] BRGM – 3 Avenue Claude Guillemin, 45000 Orléans, France
[2] BRGM, Dir. régionale Midi-Pyrénées – 3 rue Marie Curie, 31527 Ramonville-Saint-Agne, France
[3] BRGM – Dir. régionale Languedoc-Roussillon – 1039 rue de Pinville, 34000 Montpellier, France

Le Plateau de Sault (Pyrénées orientales), situé à cheval entre l'Aude et l'Ariège, dans la zone nord-pyrénéenne, est le siège d'importants écoulements karstiques. L'objectif de ce projet cofinancé par les Agences de l'Eau Adour-Garonne (AEAG) et Rhône Méditerranée Corse (AERMC), était de proposer une géométrie 3D des unités géologiques afin d'améliorer la vision des écoulements potentiels du système karstique. Dans ce cadre, une étude intégrée cartographie/modélisation géologique 3D/acquisition et inversion gravimétrique 3D a permis de fournir une vision en trois dimensions la plus à jour possible des structures géologiques, jusqu'à 2 km de profondeur, sur toute l'étendue de la zone d'étude (30*40 km).
La carte géologique 1/50 000 synthétique et les 4 coupes produites pour le projet ainsi que les données structurales de terrain (historiques et nouvellement acquises) ont été intégrées de manière itérative dans le logiciel 3DGeomodeller (© BRGM – Intrepid Geophysics). Plusieurs scenarii de géométries 3D ont ainsi été testés et ont permis, in fine, de proposer une géologie cohérente en trois dimensions. Afin d'apporter des contraintes en profondeur au modèle géologique 3D, 258 stations gravimétriques ont ensuite été levés sur le plateau de Sault. Ces résultats de gravimétrie, ainsi que les mesures de densités des roches échantillonnées, ont été intégrés dans le modèle géologique 3D. Puis, les calculs directs et calculs d'inversion ont permis de restreindre les possibilités d'interprétation et de mettre à jour ce modèle géologique 3D.
Cette approche intégrée a permis de corréler les différences d'orientation des structures géologiques cartographiées entre l'Est et l'Ouest du plateau de Sault avec une dichotomie E-W de l'anomalie gravimétrique résiduelle. Un fort gradient gravifique orienté E-W sous la surface d'Espezel sépare des anomalies positives E-W dans la partie orientale, d'une anomalie négative dans la partie occidentale, non corrélable avec les structures de surface. Cette limite jusqu'alors non cartographiée a été modélisée comme une faille aveugle d'orientation N040° présente dans le socle antétriasique. Ainsi, l'architecture à l'est du Plateau de Sault est marquée par des anomalies positives sous les anticlinaux correspondant vraisemblablement à des hauts de socle (similaire à celui du massif de Bessède-de-Sault) avec peu d'évaporites triasiques, alors que la partie occidentale, quant à elle, implique une épaisseur de Trias évaporitique plus importante localisée ou un socle peu dense. Les anomalies négatives bien circonscrites au niveau de la ZIM sont interprétées comme des surépaisseurs locales de marbre.

Mots-Clés: Plateau de Sault, géologie structurale, modélisation géologique 3D, gravimétrie

Compaction-related Polygonal Fracture System and mechanical stratigraphy in the Campanian tight chalk of South Landing (Yorkshire, UK)

Cécile Allanic*[1], Nico Hardebol[2], Ophélie Faÿ-Gomord[3], Daniel Ammeraal[2], Michaël Verbiest[3], Bertrand Gauthier[4], Giovanni Bertotti[2], Rudy Swennen[3], Eric Lasseur[1], France Champenois[3]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 Avenue Claude Guillemin, 45000 Orléans, France
[2] Faculty of Civil Engineering and Geosciences – TU Delft – Delft, Pays-Bas
[3] KU Leuven – Division of Geology, Leuven, Belgique
[4] TOTAL – France
@ : ophelie.faygomord@kuleuven.be

The Santonian-Campanian Flamborough Head chalk cliffs (Yorkshire, UK) are an outstanding outcrop of once deeply-buried tight-chalk (until 1200 m). Flamborough Chalk showed that porosity ranges from 9 to 20% and permeability from 0.04 to 0.2 mD (e.g. Faÿ-Gomord et al.,2016; Sagi et al., 2013). These outcrops are likely to be representative of sub-surface chalk reservoirs in nearby onshore and offshore regions, e.g. the North Sea. The zone had been strongly affected by transpressive tectonic deformations during Tertiary; which has been widely studied (e.g. Bell et al., 1999; Starmer, 2013; Welch et al., 2014), but the precoce fracture network, far from these intense deformation zone, has not been investigated yet.
Evidence of synsedimentary faulting associated with polygonal-shaped fractures network was revealed by the observation of plateform images (acquired at low altitude and used in photogrammetry). These feature argue for isotropic horizontal state of stress during compaction. Thus, the measured multiple fracture orientations were active simultaneously and mechanically interacting, instead of the intersection of multiple regional sets of different ages reported in the literature. Compaction-related stylolitization occurred in chalk synchronously or soon after synsedimentary deformation, from 800m to 1200m, the maximum burial depth estimated for these outcrops, under the same stress field (sub-vertical s1, and sub-horizontal s2, s3). It results in numerous horizontal stylolithic planes and small cemented synsedimentary faults with small displacements often used as preferential pressure-dissolution planes with vertical stylolithic peak.
This fracture pattern, observed in high resolution aerial images and in the field, is also studied using a mechanical stratigraphy approach (e.g. D Jacquemyn et al., 2012). The mechanical units have been characterized using the DigiFract software on high resolution photogrammetry panoramas (Bisdom et al., 2014). The mechanical interfaces have been defined and their strength quantified. It appears that sedimentological bedding is non-existent or invisible and that the fracture spacing is strongly controlled by the mechanical unit thickness. The mechanical units are mostly delimited by compaction features, such as stylolites and marl-seams, which accumulate insoluble residue, clay essentially. However not all insoluble residue layers behave as mechanical interfaces and the relationship between the thickness of the insoluble residues and the strength of the mechanical interfaces have also been investigated.

Mots-Clés: chalk, synsedimentary faulting, Polygonal Fracture System, photogrammetry, mechanical stratigraphy

Dating Amazonian laterites through the novel geochronometers kaolinite and iron oxides

Thierry Allard*[1], Silvana Bressan Riffel[2], Cécile Gautheron[3], Bruna Fernandes Soares[1], Rosella Pinna-Jamme[3], Guillaume Morin[1]

[1] Institut de minéralogie, de physique des matériaux et de cosmochimie (IMPMC) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7590 – Rue Jussieu, F-75005, Paris, France
[2] Federal University of Rio Grande do Sul, Institute of Geosciences (UFRGS) – Av. Bento Gonçalves, 91501-970, Porto Alegre, Brésil
[3] Géosciences Paris-Sud (GEOPS) – CNRS : UMR8148, Univ. Paris XI - Paris Sud – 91405 Orsay Cedex, France

Laterites are important components of the critical zone as they occupy about one third of the continental surfaces and are in constant interaction with climate. It is fundamental to perform laterite dating to better understand their formation in relation to paleoclimates and geodynamics and to make predictive models of their evolution. As a matter of fact, although the major processes of laterite formation are known, the ages of these soils are poorly documented mainly because only a very limited number of relevant geochronometers is available. In this study, we couple two recent and general dating approaches which concern ubiquitous secondary minerals and time ranges consistent with the geological timescale : the analysis of radiation-induced defects (RID's) in kaolinite by electron paramagnetic resonance spectroscopy and of He atoms arising from U and Th decay chains in goethite by mass spectrometry. The samples originate from Fe lateritic duricrusts of the central Amazon region (Brazil), where strong weathering processes were developed from the early Tertiary. Preliminary results on RID's of kaolinites trapped in duricrusts provide ages of 4 and 6.7 Ma which are similar to topsoil kaolinites from the region of Manaus. Besides, goethite (U-Th)/He ages range from Late Pliocene to Pleistocene. These ages are younger than those assessed for kaolinites, which is expected as kaolinites likely crystallized before being trapped during the duricrust formation. The samples also exhibit an increasing age with altitude, suggesting that they reveal different landmark paleosurfaces. A probability density plot of Goethite ages shows an intensification of duricrust formation during the Late Pliocene, suggesting seasonally contrasting climate for that period. The iron cuirasses of the present study correspond to the Paraguaçu major lateritization period of south America and coincide with a short renewal of global continental drainage. In the considered period, the uplift of the Andes might have favored the trapping and increase of precipitation onto Amazonian lowland, by hindering the circulation toward the Pacific area.

Mots-Clés: datation, (U-Th)/He, laterite, Amazonie

Analyse de la fracturation et des parametres petrophysiques du reservoir barremo-aptien du bassin Agadir-Essaouira (Maroc)

Latifa Al Yacoubi*[1]

[1] Lab. de Géologie Appliquée et Géo-Environnement « LAGAGE » Dpt. des Sciences de la Terre – Faculté des Sciences Agadir, Univ. Ibn Zohr. BP 8061, Maroc

Le système Crétacé du Bassin Agadir Essaouira affleure dans les zones Nord et Sud Atlasique du haut Atlas occidental. Ce système est marqué par des synclinaux larges présentant des surfaces structurales d'orientation ENE-WSW avec une longueur moyenne de 15 à 30 km. La barre gréso-carbonatée du Barrémien-Aptien dans le Crétacé inférieur pourrait présenter un intérêt hydrogéologique dans ce système. L'objectif de ce travail est de parvenir à une caractérisation aussi bien sur le plan structural que sur le plan pétrophysique du potentiel réservoir. Pour se faire, des mesures de fracturation et de direction des couches ont été réalisées à l'échelle du bassin afin de mieux contraindre les voies privilégiées de circulation des eaux au sein de ce réservoir. Les mesures au laboratoire des paramètres pétrophysiques des carottes de roches prélevées permettront de prédire l'importance des mouvements de fluides en définissant la microstructure de la roche.
L'analyse des différentes familles naturelles sur les flancs Sud et Nord des plis Sud Atlasique a montré une famille majeure de direction N105-130 et une famille mineure N20-30. Tandis que les plis Nord Atlasique montre une famille majeure de direction N80-100 et une famille mineure de direction N0-15. L'azimut de la fracturation dans la barre barrémienne montre une similitude entre les deux synclinaux. La distribution de la fracturation en nombre cumulé a révélé deux familles majeures : N90-130 et N20-30 et une famille mineure N170-150, avec une moyenne de 11 fractures par m2. Ces directions peuvent constituer les voies préférentielles de drainage des eaux à partir de la surface vers les aquifères profonds de la barre gréseuse. On note aussi que le pendage général des couches crétacées est vers l'Ouest, ce qui suggère un écoulement des eaux dans le réservoir, en direction de l'océan. En plus de la perméabilité secondaire (liée à la fracturation), la barre Barrémo-Aptienne présente une perméabilité et une porosité primaires variant respectivement entre 50 à 2000 mD et 8 à 23 %.
Les résultats de caractérisations structuro-pétrophysique sont confirmés par les résultats d'analyses d'eau qui marquent un enrichissement en ions alcalins (Ca2+ + Mg2+) et SO42- lié aux interaction eau/roches y compris la dissolutions des carbonates et les évaporites accentué par la migration des eaux dans le réseau de fracturation.

Mots-Clés: Bassin Agadir, Essaouira, Crétacé inferieur, Barrémien, Aptien, fracturation, pétrophysique, hydrogéologie

Impacts des facteurs naturels et actions anthropiques sur les eaux souterraines de la vallée de la Saoura (région de Béchar, Sud-Ouest, Algérie)

Sara Ameri*[1], Abderrahmane Mekkaoui[1]

[1] NABOU – Univ. Tahri Mohammed Béchar, Algérie

Les eaux souterraines ont une double appartenance, elles font partie et du cycle de l'eau et du sous-sol. Elles sont liées aux eaux de surfaces et s'interpénètrent continuellement dans l'espace et dans le temps à la faveur d'infiltration et de drainage. En effet, la vallée de la Saoura, principale artère dans le Sud–Ouest algérien et espace hydraulique par excellence, résulte de la jonction des deux oueds le Guir et la Zousfana. Au cours de ces quelques dernières décennies, différents phénomènes naturels et anthropiques ont provoqué un déséquilibre dans le fonctionnement de cet espace, en conduisant à la dégradation qualitative et quantitative des ressources en eau dans le bassin versant de la Saoura. Jadis, par ces crues très rapprochées, la Saoura était le siège permanent d'une ligne de mares pérennes (Guelta) et des lignes de flux superficiels à cours vifs (REYMOND, 1951). Actuellement, ces mares sont complètement effacées du paysage saourien et toutes les oasis affrontent de sérieuses difficultés pour leurs subsistances en matière de disponibilité de l'eau. Cet état des lieux revient : (**i**) aux facteurs naturels qui font peser de lourdes contraintes sur les ressources en eau, à savoir l'aridité de l'été et les sècheresses récurrentes, les faibles précipitations et la vulnérabilité du système hydrogéologique. (**ii**) aux ctions anthropiques : la construction du barrage de Djorf Torba en 1965 sur le cours de l'oued Guir a engendré un déficit hydrique énorme dans la Saoura. Le recours au pompage moderne qui s'est généralisé depuis les années 1980, l'extension des champs agricoles au-delà de la palmeraie, sont des actions qui interrompent l'équilibre entre la nappe phréatique du grand erg occidental et les eaux de terrasses et l'inféroflux de la Saoura. Le pompage intensif, vers le sud au niveau des plateaux de Tidekelt et Tadmaït a provoqué dans la Saoura le tarissement des résurgences de la nappe phréatique du grand erg occidental. En outre, la pression démographique et les mutations sociales se rajoutent cette catégorie de contraintes. Tous ces éléments ont déclenché une succession d'effets, perturbant énormément le potentiel hydrique de la Saoura et c'est ainsi que cet espace hydraulique s'oppose à une sérieuse crise hydrique, incitant à préconiser de issues afin d'optimiser la gestion de cet espace hydraulique.

Mots-Clés: Saoura, Guir, Zousfana, ressources hydriques, dégradations, barrage, crise

Characeterisation of clays of Aleg and El-Haria Formations, northeeastern Tunisia, for ceramic fabrication

Ilyess Amri*[1], Imed Khemiri[1]

[1] Département Géologie – Faculté des Sciences de Tunis – Univ. Tunis el Manar – 2092 El Manar I, Tunis, Tunisie
@ : amriilyess@outlook.fr

This study focuses on the mineralogical, geochemical and geotechnical tests carried out on clays of Aleg and El-Haria Formations, collected from the North East Tunisia. The object of this study was to evaluate the potential of these clays to manufacture traditional ceramic products. The clays of the Aleg and El-Haria Formations outcropping in the northeastern Tunisia are richer in clay minerals, while some levels are carbonate and gypsum-rich.
The study has proved that these clays are aluminous and siliceous. It has been shown that the clays are characterized by the presence of clay minerals such as illite (up to 80%) and kaolinite associated to a small quantity of smectite.
The chemical analyses carried out on samples reveal tolerated content of Fe_2O_3 (below 7%) and of Na_2O+K_2O (about 4%). These clays are than characterized by a high SiO_2 content (higher than 38%).
These clays adapt to fast drying because their drying shrinkage does not exceed 3.3%. They have a low firing shrinkage and plasticity with the less than 2.5% and 16%, respectively. The firing expansion is also limited. For these reasons, these clays can be used in the manufacturing of ceramic products.

Mots-Clés: clays, mineralogy, geochemistry, ceramic, Aleg Formation, El-Haria Formation

Linking diagenesis to sequence stratigraphy on a prograding oolitic wedge: the Bathonian of western France (Aquitaine Basin)

Simon Andrieu*[1], Benjamin Brigaud[1], Jocelyn Barbarand[1], Eric Lasseur[2]

[1] Univ. Paris Sud XI - Géosciences Paris-Sud (GEOPS) – CNRS : UMR8148 – 91405 Orsay, France
[2] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 3 Avenue Claude Guillemin, 45060 Orléans, France

Oolitic wedges represent high quality reservoirs for hydrocarbon or thermal water industry. To reduce the uncertainty during the exploration, a better analyse of the geometry and diagenesis is required. To improve our knowledge on the relationships between sequence stratigraphy and diagenesis of such sedimentary records, a detailed outcrop study was carried out on the Bathonian of the northeastern Aquitaine carbonate platform. The study of allochems, early and burial cements, pore space type, and grain contacts on 37 thin-sections allows defining 10 rock fabrics. A depositional model is proposed for three third-order sequences of the Bathonian where different depositional environments are distinguished on a 60 km-long transect across the wedge: inner platform (backshore, foreshore and shoreface), prograding oolitic wedge and offshore. Carbonate production was limited to the inner shallow platform and transported seaward toward the breakpoint where they cascaded onto a 23° slope, leading to the progradation of the platform margin clinobeds. During transgressive system tracts, carbonate accumulation remains mostly located on the inner platform. Exportation of carbonate and hydrodynamics increase during regressive system tracts. These system tracts are topped by exposure surfaces or hardgrounds on the inner platform and by lithoclast deposits down the wedge. Aggradation of the deposits on the inner platform and in offshore environments is the consequence of a high tectonic subsidence leading to the creation of 60 m of accommodation space that is filled by carbonate sediments.Third-order sequences may be controlled by eustasy. Early cements other than syntaxial are exclusively located in the inner platform below maximum regressive surfaces corresponding to sedimentation hiatus (exposure or hardground). Their absence within the infralittoral prograding wedge even below maximum regressive surfaces is due to the absence of exposure surfaces combined with high sedimentation rate that inhibites early lithification. Sedimentation hiatus is here the key factor controlling early cements development.

Mots-Clés: infralittoral prograding wedge, carbonate platform, depositional model, diagenesis, rock fabrics, sequence stratigraphy, Jurassic, France

Disentangling the control of tectonics, basement structure, eustasy, and environment on shallow-marine carbonates: the Aalenian–Oxfordian platform of western France

Simon Andrieu*[1], Benjamin Brigaud[1], Jocelyn Barbarand[1], Eric Lasseur[2], Thomas Saucède[3]

[1] Géosciences Paris-Sud (GEOPS) – Univ. Paris XI - Paris Sud, CNRS : UMR8148, CNRS : UMR8148 – 91405 Orsay, France
[2] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 Avenue Claude Guillemin 45060 Orléans, France
[3] UMR 6282 Biogéosciences – Univ. Bourgogne Franche-Comté – 6 bvd Gabriel 21000 Dijon, France

Deciphering the respective influence of tectonism, eustasy, and paleoenvironmental conditions on carbonate platform architecture, growth, and demise, and on facies distribution and composition is still challenging. To improve our understanding on processes controlling changes in the architecture and facies of intracontinental carbonate platforms we examined the facies and sequence stratigraphy of Aalenian to Oxfordian limestones of western France. Seventy-seven outcrop sections were studied and thirty-one sedimentary facies identified in five depositional environments ranging from lower offshore to backshore. Platform evolution was reconstructed along a 500 km cross-section. Twenty-two depositional sequences were identified for the entire western France platform. They could be correlated with European third-order sequences at the biozone level, demonstrating that eustasy was the major control on the cyclic trend of accommodation. The tectonic subsidence rate was computed from accommodation measurements from the Aalenian to the Oxfordian in key localities. Tectonism controlled the sedimentation rate and platform architecture at a longer time scale; it also triggered two major phases of rise and fall in carbonate production. Topography of the Paleozoic basement acted as a major control over lateral variations of paleodepth within the western France platform until the mid Bathonian. Uplift is recorded from the mid Aalenian to the early Bajocian, corresponding to the mid-Cimmerian unconformity. The occurrence of heterozoan facies in Caen during the Bathonian, whereas photozoan producers dominated in the southern part of the platform, is interpreted as a consequence of 5° C lower seawater temperatures. The demise of carbonate production at the Bathonian/Callovian boundary was initiated by sharp tectonic subsidence coupled with the eutrophication of neritic environments. This demise persisted until the mid Oxfordian due to a global sea-level rise combined with eutrophic conditions. The recovery of the carbonate platform from Caen to Le Mans during the mid Oxfordian was triggered by uplift. This work highlights the multiple factors that control the growth and demise of carbonate platforms as well as the major role played by tectonism in intracontinental basins.

Mots-Clés: carbonate platform, facies, sequence stratigraphy, tectonics, Jurassic, France

The long climatic sequence of Acigol Lake, NW Turkey: first chronological and palynological results

Valérie Andrieu-Ponel, François Demory, Mireille Perrin, M. Cihat Alçiçek*[1], Anne-Elizabeth Lebatard, Sébastien Nomade, Morteza Djamali, Pierre Rochette, Cahit Helvacı

[1] Pamukkale University, Dept. of Geology, 20070, Denizli, Turquie
@ : alcicek@pau.edu.tr

A 601 m long core was drilled in the Lake Acigöl located in an extensional basin in SW Anatolia (Turkey). The alternation of carbonates relatively rich in evaporites, siliciclastic particles and fossils (ostracods, gastropods and bivalves) gives to the sequence a high potential for palaeoclimatic record.
Preliminary sporo- pollinic and NPP (Non Pollen Palynomorphs) based on five samples analysed between 571 m and 275,2 m depth show high values of steppics and/or halophytic herbaceae except in the sample 514,7 m where Mediterranean *Pinus* dominate. Occurrences of *Abies*, *Cedrus* and *Picea* are also noted. These taxa are accompanied with oak woodland trees (deciduous and evergreen *Quercus*, *Prunus*, *Corylus* and *Acer*) and those living in riparian gallery forests (two types of *Alnus*: *A. glutinosa* t. and *A. viridis* t.). Among herbaceae, plants from open and more or less arid environments dominate the assemblages (e.g. Chenopodiaceae, *Atriplex*, various Compositae, *Calystegia*, *Convolvulus*, *Linum*, *Plantago*). Various coprophilous fungi spores are recorded, in particular in the lowermost sample (571 m), *e.g. Sporormiella*, *Podospora*, *Delitschia* and *Valsaria variospora*. These fungi are reliable indicators of the local presence of large herbivorous mammals. A fauna of large mammal was present during the early Pleistocene in the Acigol lake region according to the literature (Alcicek et al., 2013; Demirel and Mayda, 2014).
The Acigöl sequence is younger than 3.4 Ma, the oldest age determination recorded for lacustrine successions elsewhere in SW Anatolia (van den Hoek Ostende, 2015). The first paleomagnetic investigations show numerous reverse polarities implying that two third of the sequence is older than 0.78 Ma (Brunhes/Matuyama transition) with a base dating back to 1.7 Ma or more.
Indeed, although Jaramillo subchron (from 0.9 to 1.06 Ma) is well recorded, uncertainty remains for the Odulvaï subchron (from 1.78 to 2 Ma) which is not yet robustly identified. The age model will be soon completed by radiometric dating of a tephra found in the sequence and by authigenic 10Be/9Be dating. Detrital proxies (such as magnetic susceptibility) versus biological proxies will allow discrimination between tectonic and climatic signals and may reveal the response of terrestrial ecosystems to the mid-Pleistocene climatic transition. This research is supported by a two-year bilateral cooperation between CNRS-INSU and TUBITAK (grant number 114Y723).

Mots-Clés: Quaternary, pollen, palaeoenvironments, palaeoclimates, geochronology, biostratigraphy

Lateral variation of flexural rigidity and flexure of a rifted continental margin: the Aquitaine Basin

Paul Angrand*[1], Mary Ford[1], Anthony Watts[2], Rebecca Bell[3], Anne-Gaëlle Bader[4], Guillaume Martelet[4]

[1] Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG) – CNRS : UMR7358, Univ. Lorraine – 15 Rue Notre Dame des Pauvres, 54501 Vandœuvre-lès-Nancy, France
[2] Department of Earth Sciences, University of Oxford – South Parks Road Oxford OX1 3AN, Royaume-Uni
[3] Imperial College London – Imperial College London, South Kensington Campus, London SW7 2AZ, Royaume-Uni
[4] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 3, avenue Cl. Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 2, France

The Aquitaine foreland basin is the retro-foreland basin associated to the Pyrenean orogeny. It developed from Campanian to Miocene by flexure of the upper (European) plate. The foreland basin forms a syn-orogenic sedimentary wedge up to 6 km thick in the south, thinning rapidly north and has a maximum width of 200 km in the west. The flexural basin was superimposed on a lithosphere previously affected by Albo-Cenomanian hyper-extension. We studied the effects of an inherited rift zone on crustal rheology and how this impacted the flexural foreland basin. Coupled with surface and subsurface data, Bouguer gravity anomalies were used to determine the lateral variation of the elastic thickness, the flexure of the European plate and the controlling loads. Flexural modeling shows that surface loading is unable to explain the amplitude and the wavelength of the base of the Aquitaine foreland sequence. Furthermore, south of the North Pyrenean Frontal Thrust the regional gravity field is overprinted by strong positive Bouguer anomalies, which correspond to high-density bodies (upper crust or mantle material) transported along the North Pyrenean Frontal Thrust for example, the Saint Gaudens anomaly. This dense body created an extra (and hidden) load that increased the flexure of the foreland basin. The European foreland shows lateral variations in flexural behavior: elastic thickness values decrease from centre to east and west and from north to south and range from 10 to 25 km. While these values are low for continental foreland basins, they are consistent with values for rifted continental margins. The complex geometry and infill history of the Aquitaine foreland basin is therefore due to (a) inversion and loading of a variably thinned crust inherited from the Albo-Cenomanian rifting event and (b) local emplacement of significant high density slices into the upper crust during the Pyrenean orogeny.

Mots-Clés: retrowedge foreland basin, elastic thickness, flexure, gravity anomaly, Rifting/Hyper-extension, tectonic inheritance

Linking subsidence and migration of a retroforeland basin to orogenic history: the central Northern Pyrenees and Aquitaine Basin

Paul Angrand*[1], Mary Ford[1], Géraldine Rougier, Anne-Gaëlle Bader[2], Michel de Saint Blanquat[3]

[1] Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG) – CNRS : UMR7358, Univ. Lorraine – 15 Rue Notre Dame des Pauvres, 54501 Vandœuvre-lès-Nancy, France
[2] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 3, avenue Cl. Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 2, France
[3] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563, 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France

The Aquitaine basin is the retro-foreland basin associated to the Pyrenean orogen. It developed from Campanian to Miocene by flexure of the upper (European) plate. The foreland basin forms a syn-orogenic sedimentary wedge up to 6 km thick in the south, thinning rapidly north. The syn-orogenic series migrates northward. The Pyrenean belt is composed of the Axial Zone (Variscan metamorphic and plutonic lithologies) and the North Pyrenean Zone, comprising, in the north a series of non-metamorphic Triassic to mid-Cretaceous strata recording both Albo-Cenomanian extension and Pyrenean orogenesis. The southern North Pyrenean Zone comprises the Internal Metamorphic Zone, which was affected by an Albo-Cenomanian high-temperature/low-pressure metamorphism. The lherzolite massifs in this area of the North Pyrenean Zone (e.g. Chaume, Haurades) are located along the basal tectonic contact of the Internal Metamorphic Zone, separating it from the underlying non metamorphic series. This contact corresponds to the inverted basal detachment of the exhumed mantle domain of the Albo-Cenomanian rift. After inversion during early orogenesis the Internal Metamorphic Zone was later folded along with its non-metamorphic footwall.
The objective of this study was to understand the relationship between the deformation history of the North Pyrenean Zone and the evolution of the Aquitaine foreland basin, from the Late Santonian to Miocene. Based on geophysical, structural, seismic, and borehole data, a new crustal cross-section shows structures and propagation of deformation from the orogen toward the retro-foreland system. Coupled with thermicity data (RSCM), sequential restoration of the structural cross-section constrains the structure of the North Pyrenean Zone and the central Aquitaine Basin, as well as the Early Cretaceous rift system architecture. Structures in the central North Pyrenean Zone and subsidence analyses in the central Aquitaine Basin allow us to correlate the timing of deformation with foreland basin evolution.
We propose a kinematic model for the inversion of the rift system: the Internal Metamorphic Zone was thrust to the north over the non-metamorphic Mesozoic series during the early phase of convergence. This thrusting generated the first tectonic loading of the European lithosphere, from Late Santonian to Late Maastrichtian. Emplacement of the Saint Gaudens dense body (gravity anomaly) generated a second phase of tectonic subsidence from Ypresian to Oligocene. These two events are recorded as two distinct tectonic phases in the tectonic subsidence of the Aquitaine foreland basin, separated by a quiet phase.

Mots-Clés: Pyrenees, Aquitaine Basin, retrowedge foreland basin, Rifting/Hyper-extension, tectonic inheritance, structural cross-section

Détection d'anomalies thermiques associées à la formation de cavités souterraines dans un quai portuaire à partir de données acquises par drone

Raphael Antoine*[1], Abdoulazizi Djibrilla Saley[2], Jean-François Oehler[3], Philippe Joignant[4], Cyrille Fauchard[1]

[1] Cerema – Chemin de la Poudrière, 76120 Grand-Quevilly, France
[2] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ – UNIROUEN – UNICAEN – CNRS : UMR 6143 – 76000 Rouen, France
[3] ALTRAN – France [4] Grand Port Maritime du Havre – France
@ : raphael.antoine@cerema.fr

La détection précoce de cavités souterraines est un enjeu majeur pour la sécurité des personnes, des infrastructures et des ouvrages du génie civil. Depuis quelques années, le développement de drones permet la mise en place de méthodologies d'acquisition multi-spectrales peu coûteuses et optimisées.
Nous présentons dans cette étude des données acquises dans les domaines de l'infrarouge thermique (7-14 μm) et du visible, au dessus de deux quais portuaires. Les données ont été collectées grâce à un drone multicoptère, sur une zone totale de 0.4 ha. Deux campagnes ont ainsi été réalisées à 6 mois d'intervalle, afin d'établir un suivi spatio-temporelle de la surface des quais. Ces campagnes ont été complétées par la mise en place de 36 points de contrôle relevés au GPS GNSS RTK.
Ces données ont permis la génération de modèles micro-topographiques des quais par photogrammétrie, avec une résolution centimétrique. La campagne infrarouge a, quant à elle, permis la collecte de données thermiques toutes les heures, entre le levé du soleil et la fin d'après-midi. Les modèles topographiques montrent la présence de plusieurs dépressions topographiques d'amplitudes pluri-centimétriques, vraisemblablement associées à la présence de vides ou de décompressions, et cela sur une distance horizontale pluri-décamétrique. Quatre dépressions ont été détectées sur le quai Est et une à l'arrière du quai Ouest. L'exploitation des données acquises dans l'infrarouge thermique permet la détection de plusieurs anomalies thermiques froides, celles-ci s'individualisant petit à petit au cours de la journée.
L'amplitude de ces anomalies est de 3 à 5 degrés, très largement au dessus de la résolution de la caméra thermique. De plus, ces zones constamment froides semblent être systématiquement associées aux dépressions topographiques. Nous montrons que ces observations ne sont pas dues aux propriétés physiques (porosité, densité, capacité calorifique, conductivité), optiques (albédo, émissivité) et géométriques (topographie) de la surface des quais. Un modèle conductif-radiatif 2D simplifié permet aussi d'écarter l'hypothèse de l'influence thermique directe de vides potentiels sous la surface des quais. Nous expliquons enfin ces anomalies par la présence d'infiltrations d'eau venant refroidir le milieu poreux, dans les zones d'extensions localisées autour de ces dépressions topographiques.
Ces mesures constituent une première approche d'un monitoring aérien à bas coûts pour la surveillance de défauts dans les structures portuaires. A ce jour, les corrélations possibles avec des données géophysiques terrestres (radar notamment) n'ont pas apporté de résultats satisfaisants. La combinaison de deux types de méthodes reste un enjeu fort pour le futur.

Mots-Clés: photogrammétrie, infrarouge thermique, drone, structures portuaires

Particularités d'un sol sur arène granitique : géochimie et environnement

Amed Arafa*[1], Menana Daif

[1] LGRN Univ. Annaba Algérie – Lab. de Géodynamique et ressources naturelles, Univ. Annaba B.P.12 ; 23000, Algérie

Au Nord Ouest de Annaba affleurent des roches magmatiques calco- alcalines d'âge miocène. La formation la plus étendue correspond à un microgranite qui occupe une superficie de plus de 40 km^2 répartie entre le Cap de Fer, Chetaibi, le NW de l'Edough et Oued El Aneb.
La nature et la structuration particulière de cette formation sont en étroit rapport avec les réserves en eau et la végétation. En effet les microgranites massifs, fracturés par des diaclases, ont un débit prismatique. Les prismes évoluent dans une altération en boules pour donner dans un stade ultime une arène. Cette dernière montre de haut en bas : un faible horizon humifère, un horizon de sables grossiers suivi d'une arène très riche en boules. L'absence d'horizon podzolique est souvent du à la grande perméabilité de l'arène qui ne favorise pas la concentration des complexes Al-Fe-Si.
Dans la roche fissurée, l'eau infiltrée peut être stockée .Ce milieu avec sa fracturation souvent assez profonde représente donc un réservoir aquifère important dans les régions où il affleure. L'analyse chimique de l'eau recueillie montre une composition moyenne en étroite relation avec la composition de la roche : elle est riche en potassium et pauvre en calcium magnésium.
Le type de végétation est aussi très adapté à ces milieux rocheux acides ainsi qu'aux contraintes climatiques. Sur ce terrain granitique, riche en Si O2, se développe donc un maquis à végétation acidophile caractérisée par:
-une strate arborée clairsemée composée principalement de chênes,
-une strate arbustive dense avec de nombreux buissons à feuilles souvent épineuses persistantes : arbousiers, genévrier, lianes.
-un niveau herbacé pauvre en espèces, on y trouve en particulier de la fougère aigle.
Il convient de limiter la dégradation de ce Biome et de rationaliser son exploitation. L'arène granitique, en fonction de sa localisation, peut être exploitée comme adjuvant ou substrat ou être repiquée de végétaux acidophiles pour limiter l'érosion des pentes et préserver l'écozone.

Mots-Clés: microgranites, arénisation, sols, interaction roche, eau

Dynamique sédimentaire et évolution morphologique récente dans une lagune atlantique mésotidale

Joselyn Arriagada Gonzalez*[1], Aldo Sottolichio[1]

[1] Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS : UMR5805, Univ. Bordeaux – Avenue des Facultés, 33405 Talence, France
@ : a.sottolichio@epoc.u-bordeaux1.fr

Le Bassin d'Arcachon est une baie mésotidale située dans la côte Aquitaine. Il occupe une surface totale de 174 km^2, dont 65% correspondent à des estrans vaseux. Des études antérieures (L'Yavanc, 1996 ; Allard *et al.,* 2009) ont montré que les fonds de la lagune ont une morphologie relativement stable sur une période de 126 ans, caractérisée par une accrétion totale nette dépassant rarement 0,5 m dans certaines zones intertidales. Cette situation reflète la relative faiblesse de l'apport de sédiments par les rivières (principalement la Leyre).
Malgré ce bilan " stable " sur le long terme, sur le court terme (à l'échelle de la marée semi-diurne), l'érosion des vasières peut atteindre plusieurs mm, en particulier lors des conditions de forte agitation de la surface. En outre, les mesures récentes à haute fréquence ont montré des processus d'érosion et d'accrétion de plusieurs décimètres à l'échelle saisonnière, en grande partie contrôlés par le cycle annuel des herbiers de *Zostera noleii* (Ganthy *et al.* 2013).
La dynamique à court terme montre un envasement relatif des chenaux et une augmentation relative de la turbidité de l'eau, conjointement à des épisodes érosifs des estrans, plus intenses. L'ensemble de ces observations suggère qu'un stock mobile sédiments superficiels est disponible dans la lagune, échangeable entre les estrans vaseux, et les chenaux.
Le but de ce travail est d'étudier les facteurs et les conditions de la mobilité de ce stock sédimentaire à des échelles de temps saisonnières et pluri-annuelles, et de tenter d'établir un bilan sédimentaire dans la lagune.
Nous utilisons ici un ensemble de données bathymétriques de la lagune sur une période de 148 ans (1864-2012), basées sur des enregistrements d'échosondeur et des relevés LIDAR. En outre, nous faisons une analyse à court terme basée sur le suivi des variations altimétriques et granulométriques dans un secteur spécifique de la lagune (dans la jeté d'Ares), où un suivi mensuel est réalisé depuis Novembre 2014. Les résultats sont comparés à ceux obtenus par des études similaires, réalisés à d'autres périodes (Allard *et al.*, 2009 ; Ganthy *et al.*, 2013).
Nous montrons que les taux d'accrétion et l'érosion sont significatifs à l'échelle annuelle avec des tendances claires d'échanges entre le centre de la lagune et les rives internes. Les changements altimétriques, varient entre 5 à 25/30 mm, semblables à ceux trouvés documentés au centre de la lagune

Mots-Clés: lagune mésotidale, Arcachon, changements morphologiques

Seismic structure of the Maranhão-Barreirinhas-Ceará margin, NW Brazil, from the MAGIC wide-angle seismic experiment

Daniel Aslanian*[1], Maryline Moulin[1], Philippe Schnurle[1], Flora Gallais[1], Alexandra Afilhado[2], Nuno Dias[2], José Soares[3], Reinhardt Fuck[5], José Cupertino[4], Adriano Viana[4], Team Magic

[1] IFREMER – Technopôle Brest-Iroise, CS 10070, 29280 Plouzané Cedex, France
[2] Instituto Dom Luiz, FCUL – Portugal
[3] Univ. Brasilia – Brésil [4] PETROBRAS – Brésil

The structure of the North-East equatorial Brazilian margin was investigated during the MAGIC (Margins of brAzil, Ghana and Ivory Coast) seismic experiment, a collaborative project conducted in August-September 2012 by Ifremer, Univ. Brasilia, FCUL (Univ. Lisboa) and Petrobras. This project focuses on the North-Western Brazilian margin and the Equatorial Atlantic Ocean bounded to the North by the São Paulo Double Fracture Zone and to the South by the Ceará-Potiguar and the East Ghana-Ivory Coast-Togo-Benue system well-marked by the Romanche Fracture Zone. It's main objective is to understand the fundamental processes which lead to the thinning and finally to the breakup of the continental crust in a specific context of a pull-apart system with two strike-slip borders. The survey consists of 5 deep seismic profiles totaling 1900 km of marine multi-channel seismic reflection and wide-angle acquisition with 143 deployments of short-period OBS's from the IFREMER pool. Three of the profiles were extended into land using land stations from the Brazilian pool.
The analysis of the seismic dataset reveals from SW to NE 5 distinct NW-SE-oriented domains: **a)** The unthinned continental crust thickness increases from 32 km in the Borborema-Ceará to 40 km in the Barreirinhas-Parnaiba province and the Ilha da Santana Platform; **b)** The necking zone, where crustal thickness thins to about 10 km, is about 30 km wide at Borborema-Ceará, 50 km at Ilha da Santana, but considerably wider ($>$ 125 km) at the Barreirinhas margin at the corner of the pull-apart system, with two steps first in the upper crust then in middle/lower crust; **c)** An intermediate domain, composed of the southern deep Basin II and the shallower Northern basin III, extending into the São Paulo Double Fracture Zone, with volcano-sedimentary to volcanic (lava flows) layers. Below the basement, a 2-3 km thick layer with very high velocity (7.4-7.6 km/s) and marked by reflections at the top and base is observed at Basin II. This layer is followed continuously towards the continent and joins the fourth continental layer imaged only beneath the Parnaiba-Barreirinhas province, but is absent bellow Basin III, and is interpreted as exhumed lower continental crust; **d)** a 60 km-wide domain, bounded to the SW by a NW-SE volcanic line, that consists in a 5 km thick crust presenting 2 layers characterized by high acoustic velocity and interpreted as proto-oceanic crust and overlain by 5.5 km of sedimentary deposits; **e)** a 5 km thick oceanic crust consisting of 2 layers and overlain by 5.5 km of sedimentary deposits, spanning between the two main fracture zones that fringe the Maranhão-Barreirinhas-Ceará segment
We propose here an evolution of this margin and its segmentation in a geodynamical context.

Mots-Clés: Maranhão, Barreirinhas, Ceará basin, pull-apart, deep seismic structure, segmentation

Supradetachment basin evolution unraveled by detrital apatite fission track analysis - The example of the Gediz Graben (Menderes Massif, Western Turkey)

Riccardo Asti*[1], Marco Giovanni Malusà[2], Claudio Faccenna[3]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] University of Milano-Bicocca, Department of Earth and Environmental Sciences – Piazza della Scienza, 20126 Milan - Italie
[3] Universita Roma Tre – Largo San Murialdo 1, 00146 Rome, Italie

The Menderes Massif of Western Turkey in an outstanding example of Tertiary continental metamorphic core complex exhumed during upper Oligocene – Miocene times; its exhumation was accompanied by the development of a series of continental E-W trending basins. Several studies addressed the exhumation history of the massif, but the relative relevance of the identified exhumation events and the depositional history of these basins is still poorly defined. In this study, we focused our investigations on the Gediz Graben supradetachment basin, which has been used as a case history to illustrate the benefits of a comprehensive approach to detrital apatite fission track dating that combines analysis of modern river sediments, analysis of fossil sedimentary successions, and mineral fertility determinations. This approach allowed us (i) to constrain the maximum age for the beginning of sedimentation in the basin, after providing that post depositional annealing was negligible, (ii) to identify major exhumation events recorded in the Neogene-to-Quaternary sedimentary fill of the basin, (iii) to reconstruct the exhumation history of bedrock unit at the footwall and at the hanging wall of the Gediz detachment, and (iv) to reconstruct the modern short-term erosion pattern of the study area. Three main exhumation events with different spatial relevance have been identified in the area, related to the main exhumation of the Menderes Massif, to a major structural reorganization in the basin resulting in the exhumation of the margins of the Central Menderes Massif, and to a localized event related to the final exhumation of the Gediz detachment and its intrusive footwall. Our results, integrated with field evidences, allowed us to propose a coherent 4D reconstruction for the evolution of the Gediz Graben. The implications of the proposed model for the Cenozoic evolution of the Menderes Massif and for the Aegean extensional region more in general are eventually discussed.

Mots-Clés: supradetachment basin, apatite fission track, detrital thermochronology, Menderes Massif

The Late Pleistocene glaciations in the Taurus Mountains, Turkey: Insights from 36Cl cosmogenic surface dating

Ciner Attila*[1], Mehmet Akif Sarıkaya

[1] Eurasia Institute of Earth Sciences – Turquie
@ :attilaciner@gmail.com

We report the timing and extent of the Late Pleistocene glaciations in the Taurus Mountains of Turkey. Several mountains (e.g., Mts. Akdağ, Geyikdağ, Aladağ, Bolkar) are high enough to support valley glaciers or ice caps where glaciers descended to around 2000 m a.s.l. We report the timing of glaciations via dating moraines or glacially scoured bedrocks by cosmogenic 36Cl. The oldest geochronological records reported from the region belong to the glaciations before the globally defined Last Glacial Maximum (LGM). These glaciers developed probably during the beginning of the last glaciation (MIS 4; 71 ka ago) and stopped advancing at the end of the MIS 3 (at 29-35 ka ago). Later, glaciers expanded and reached to their most extensive locations during MIS 2 (after 29 ka ago). They reached their maximum extents between 21.5 ka ago and 18.5 ka ago. This local-LGM was synchronous with the global-LGM. After the LGM, the glaciers started to retreat to less extensive positions and deposited their moraines ~16 ka ago during the Late Glacial. The Younger Dryas (~12 ka ago) advances were also reported from a number of limited mountains. Rare Early Holocene glaciations were dated to 8.5 ka in the interior regions. Late Holocene (1-4 ka ago) and Little Ice Age advances were also observed. All available cosmogenic ages indicate a meaningful and comparable geochronology for the Late Pleistocene glaciations in the Eastern Mediterranean Mountains. This study is supported by TUBITAK project 112Y139.

Mots-Clés: glacier, paleoclimate, Pleistocene, cosmogenic exposure dating, Taurus Mountains, Turkey

Grignon (Thiverval-Grignon, Yvelines, Île-de-France): a paleontological site of international value under threat

Elise Auberger*[1], Jean-Pierre Gély[2], Didier Merle[1]

[1] Centre de recherche sur la Paléobiodiversité et les Paléoenvironnements (CR2P) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7207, MNHN – 4 pl. Jussieu, 75005 Paris, France
[2] Lab. de Médiévistique Occidentale de Paris (LAMOP) – CNRS : UMR8589, Univ. Paris I - Panthéon-Sorbonne – 17 rue de la Sorbonne 75005 Paris, France
@ : jeanpierre.gely91@gmail.com

The renowned site of Grignon, located in the Park of AgroParisTech Faculty, was referred to as "scientific holy land" by the famous geologist Stanislas Meunier, in 1898. Having been under the jurisdiction of the French state for two centuries, the domain was assumed to be safe and thus no complementary legal protection was established. Eight months ago the news regarding the move of the school came to the public and began to concern the French community of geologists and palaeontologists. According to the media, the Ministry of Agriculture is putting the domain to sale. The most interested buyer is the football club Paris-Saint-Germain, whose plans for building a massive new complex of training grounds may endanger the integrity of the park.
Apart from a castle of Louis XIII style of historical importance, as well as diverse biological and agronomical heritage, the domain of Grignon is distinguished for its paleontological sites of international interest. The most famous one, the 'Falunière', was first described in the literature in the early 19th century by eminent scientists such as Lamarck, Cuvier and Brongniart, where they used it as a keystone for the development of stratigraphy and palaeontology. It is also the only quarry face in the region exposing loose calcareous facies of the middle Lutetian. Almost 1,200 species (out of which 800 are molluscs) have been found in an area smaller than 1 ha, which is by far the richest fossil site from this age (and from the Cenozoic Era) in the world. Such a richness indicates the presence of a paleobiodiversity hotspot in the Paris Basin during the Lutetian. Moreover, the shells are so well preserved that residual colour patterns can often be discerned. All these features make Grignon a Konzentrat Lagerstätte as well as a Konservat Lagerstätte. Given that techniques for geological and paleontological analyses have evolved in precision since the 19th century, there is great potential for more discoveries in Grignon. In the last ten years, no less than 45 publications have mentioned Grignon and several novel species of unshelled coleoids were discovered in 2016!
The site of Grignon represents an excellent tool for educational purposes in the field of Earth Sciences and is worthy of being protected for the interest of both the scientific community and the general public. Grignon is indeed classified as the n°1 site in the regional inventory of geological patrimony, yet it is paradoxically the most endangered. With the help of the scientific community (SGF, AGBP, Cofrhigeo and the Académie des sciences) and various non-profit organisations, we attempt to safeguard the integrity and sustainability of this exceptional site. The recent law "*Arrêté de Protection du Géotope*" (APG) whose implementation should be fast, would allow to regulate a defined perimeter within Grignon and thus appears to be the most appropriate method for urgent conservation.

Mots-Clés: Lutetian, geoheritage, preservation, paleontology, geology, Konzentrat Lagerstätte, Konservat Lagerstätte

Le patrimoine géologique francilien : méthodologie d'inventaires, de protection et de valorisation

Elise Auberger*[1], Jean-Pierre Gély[2], Patrick de Wever[1], Didier Merle[1]

[1] Centre de recherche sur la Paléobiodiversité et les Paléoenvironnements (CR2P) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7207, Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) – 4 pl. Jussieu, 75005 Paris, France
[2] Lab. de Médiévistique Occidentale de Paris (LAMOP) – Univ. Paris 1 - Panthéon-Sorbonne, CNRS : UMR8589 – 17 rue de la Sorbonne, 75005 Paris, France
@ : jeanpierre.gely91@gmail.com

À l'initiative de la Commission Régionale du Patrimoine Géologique d'Île-de-France, l'Etat et la région ont co-financé une thèse afin de répondre à la nécessité de sauvegarde des sites à intérêt patrimonial. Ce projet s'inscrit dans les politiques de protection et de valorisation du patrimoine géologique à l'échelle nationale et européenne.
Les études géologiques réalisées dans la région parisienne ont commencé dès la fin du 18e siècle en cartographie et en paléontologie. Plus tard, des illustres auteurs comme G. Cuvier, A. Brongniart et A. d'Orbigny établissent les premiers concepts de sédimentologie et de biostratigraphie grâce à la description des fossiles et des terrains tertiaires du bassin de Paris. Aujourd'hui, ces richesses géologiques sont particulièrement menacées par l'urbanisation très rapide et les grands travaux de la métropole.
Afin de sauvegarder au mieux la riche géodiversité de l'Île-de-France, un protocole méthodologique a été mis en place et se décompose en quatre étapes :
i) identification exhaustive et objective des sites géologiques de la région. Actuellement, ce pré-inventaire regroupe 645 sites, principalement de nature anthropique (carrières, talus de route...) ;
ii) évaluation rapide et présélection de 368 sites encore accessibles présentant un potentiel patrimonial ;
iii) application d'une méthodologie de description et de hiérarchisation de ces richesses géologiques : suivi des directives du programme d'Inventaire Nationale du Patrimoine Géologique (INPG) ;
iv) propositions de plans de conservation et de valorisation adaptés à la nature des sites et aux divers contextes socio-économiques et environnementaux de la région.
Ce protocole méthodologique sera une référence de portée européenne pour la gestion du patrimoine géologique en contexte urbain et périurbain.
Le but de ce travail est aussi de mettre à disposition les résultats obtenus aux différentes parties prenantes de ce projet (scientifiques, associations, amateurs, professeurs, tous public...) en prenant en compte leurs différents besoins. Ils constitueront notamment des supports d'aide à la décision dans le cadre de programmes de protection et de valorisation patrimonial mis en place par les élus et les administrations. Ils permettront également de revaloriser la géologie francilienne et de révéler ses intérêts scientifiques auprès de la communauté des chercheurs.

Mots-Clés: patrimoine géologique, bassin de Paris, inventaire, Île, de, France, protection, valorisation

MagEval: A low-temperature ($< 150°C$) geothermometer based on magnetic properties. An update

Charles Aubourg*[1], Jean Pïerre Pozzi

[1] Lab. des Fluides Complexes et leurs Réservoirs (LFC-R) – Univ. Pau Pays de l'Adour, CNRS : UMR5150, TOTAL – BP 1155 - 64013 Pau, France

We propose an update of a study about a geothemometer based on the magnetic properties of clays-rich rocks. In these rocks, the diagenesis drives to the continous transformation of magnetic minerals, including iron oxides (magnetite, pyrrhotite) and iron sulphide (greigite, pyrrhotite). During early deposition, within the first meters of the sediments, inherited iron oxides are strongly altered, leading to a magnetic reset. During burial, nano magnetite form. It turns out that the content of neoformed magnetic mineral from clay-rich sediments sampled in different geological settings is remarkably similar. There is therefore a diagnostic signature of diagenetic magnetic mineral. The content of these minerals is however extremely small (< 10 ppmv) and only magnetic techniques allow their identification.
We measure the proportion of nano magnetite that are in superparamagnetic state (SP) and single domain (SD) state with a SQUID magnetometer, running from 5K to 300K. This 2-hour measurement is nondestructive and automatic. The proxy of SP/SD is sensitive to burial. In particular, the SP/SD is the highest near the onset of oil window, at 70-90°C burial temperature. Electron microscopy reveals the location of neoformed nano magnetite, embedded in pyrite framboid. This suggests that magnetite forms from an interaction between organic matter and pyrite.
We show a key example of borehole EST211, where a significant relationship between SP/SD and RO% (vitrinite reflectance) is obtained for Jurassic clay-rich rocks (%$CaC0_3 <$ 40%). This provides the calibration MagEval#1 from ~40°C to 70°C. We apply successively MagEval#1 to Opalinus claystones obtained from different boreholes from the Swiss Molasse Basin.
MagEval is complementary to techniques like reflectance of vitrinite, RockEval, fluid inclusions. Laboratory experiments seem to indicate that the formation of magnetite is fast, unlike the alteration of organic matter which is more time dependent.

Mots-Clés: géothermomètre, diagénèse, minéraux magnétiques

Intra-crustal décollement vs. detachment in the exhumation of migmatite-cored MCC: the example of the Golfe du Morbihan MCC (western France)

Romain Augier*[1], Hugues Raimbourg, Charles Gumiaux

[1] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – CNRS : UMR7327, BRGM, Univ. Orléans 1A, rue de la Férollerie, 45071 Orléans Cedex 2, France
@ : romain.augier@univ-orleans.fr

One of the most striking features of the West-European segment of the Variscan belt is the abundance of mid to lower crustal rocks, partly obliterating the initial architecture of the orogen. These rocks crop out as a series of migmatite-cored MCC bounded by extensional shear zones with amazingly contrasting shear senses. In order to tackle such kinematics discrepancy, an extensive field survey complemented by 40Ar/39Ar analyses was carried out on the Quiberon shear zone, one the most emblematic extensional shear zone bounding the Golfe du Morbihan MCC. Orientation of the stretching lineation appears fairly constant with a rather low dispersion around N 105°E. The main foliation depicts a SW-dipping monocline from almost unstrained rocks to the NE to ultramylonites to the SW, at the topmost parts of the structure. However, deformation does not display a straightforward strain gradient but a complex distribution of the strain intensity mixing pervasive and localized fabrics, heavily strained and unstrained rocks at almost all structural positions. Despite the clear dominance of the top-to-the-W ductile deformation, top-to-the-E deformation also occurs as the main penetrative fabric over kilometer-scale areas. More importantly, preservation of top-to-the-E deformation appears closely correlated with the intensity of the top-to-the-W deformation from the outcrop to the map scale suggesting that the top-to-the-E deformation predates the development of top-to-the-W structures. Volumes characterized by genuine more coaxial deformation were also observed in the same conditions, as isolated lenses preserved from subsequent top-to-the-W deformation. 40Ar/39Ar analyses on white-micas revealed that the footwall unit of the Quiberon shear zone cooled below ca. 450°C at ca. 310 Ma while strain-induced recrystallizations still occurred within mylonites and ultramylonites between 306 to 302Ma. Top-to-the-E mylonites yield a ca. 306 Ma age. In the light of these results, the Quiberon shear zone therefore recorded polyphased deformation during the same WNW-ESE orogen-parallel stretching of the crust. Zooming out at regional-scale, these results show that either quite coaxial or top-to-the-E kinematics was first recorded in the Quiberon area just as the top of all mid to lower crustal rocks occurrences cropping out over more than 100km. This contact may therefore correspond to a large-scale, intra-crustal décollement activated during the partially-melting event of the lower crustal rocks at ca. 320 Ma. Strain localization along the top-to-the-W Quiberon shear zone occurred in a second time during the uprise of the partially-molten footwall unit and the dome widening. Activity of the detachments stopped at ca. 300Ma. Late orogenic extensional event of the previously overthickened Variscan crust thus lasted over 20-18 Myr in the same tectonic regime guided by the South Armorican Shear Zone.

Mots-Clés: décollement, detachment, Ar/Ar dating, MCC

Évolutions et adaptations éco-phénotypiques chez les ursidés pléistocènes : le cas de la lignée spéléenne

Patrick Auguste*[1], Claude Monnet[1]

[1] Evolution-Ecologie-Paléontologie (EEP) – Univ.s Sciences et Technologies de Lille 1, CNRS : UMR8198 – 59655 Villeneuve d'Ascq, France
@ : patrick.auguste@univ-lille1.fr

Les ursidés du Pléistocène représentent un groupe particulièrement bien étudié en paléontologie, de par la richesse en vestiges et les analyses multiples qu'ils permettent tant du point de vue de la paléobiologie que de la biostratigraphie. Le phylum de l'ours des cavernes constitue ainsi un référentiel d'études devenu classique, avec en particulier des axes de recherche sur l'identification et la dénomination des différents grades évolutifs rencontrés (de la forme spéléenne archaïque *Ursus deningeri* à la forme évoluée *U. spelaeus*) mais aussi en parallèle sur les adaptations éco-phénotypiques caractéristiques de cette lignée (adaptation à un régime alimentaire végétarien et des membres antérieurs fouisseurs). Les méthodes traditionnelles développées en paléontologie (anatomie comparée, morphométrie linéaire) permettent de mettre en évidence certaines grandes lignes évolutives, mais se heurtent à des barrières méthodologiques. Des approches en morphométrie géométriques (2D et 3D) sont depuis quelques années réalisées afin de passer cet écueil, quasiment uniquement appliquées sur les vestiges dentaires et la partie crânienne (crâne et mandibule). Des os post-crâniens tels que les métapodiens ou encore les talus se prêtent bien à une analyse en morphométrie 3D, de par leur réponse rapide aux changements d'*habitus* des ours spéléens et leur utilisation aisée pour caractériser plusieurs paramètres (dimorphisme sexuel, diagnose spécifique). Une première série d'analyse a été menée en suivant un protocole précis en morphométrie géométrique 3D : scan de surface ; préparation des images et création des modèles avec *ezScan* et *Meshlab* ; positionnement de landmarks puis de semi-landmarks (réalisation d'un maillage) ; traitements multivariés et statistiques des données. Cette première phase d'établissement du référentiel pour *U. spelaeus* va être complétée par la prise en compte d'autres populations ainsi qu'une démarche équivalente pour l'espèce ancestrale *U. deningeri* et va ensuite servir de base de comparaison avec des formes intermédiaires afin de tenter une attribution spécifique à but paléobiologique et biochronologique.

Mots-Clés: ursidés, pléistocène, morphométrie géométrique, paléobiologie, biostratigraphie

Analyse géomorphologique de la déformation d'avant arc au niveau d'une transition subduction océanique/subduction continentale, Ile de Sumba, Indonésie

Christine Authemayou*[1], Bernard Delcaillau[2], Gilles Brocard[3], Maëlle Nexer[2], Stéphane Molliex[1], Kevin Pedoja[2]

[1] Lab. Domaines Océaniques, IUEM – Univ. Bretagne Occidentale [UBO], CNRS : UMR6538 – pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
[2] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[3] School of Geosciences, University of Sydney – Australie
@ : christine.authemayou@univ-brest.fr

L'île de Sumba est située dans l'avant-arc de Sunda-Banda au nord de l'Australie à la transition entre une zone de subduction à l'Ouest et une zone de collision arc/continent à l'Est. C'est donc une région clé pour étudier les effets de cette transition sur la déformation de la plaque supérieure. Les analyses géomorphologiques du réseau de drainage, des terrasses coralliennes soulevées, ainsi que d'autres marqueurs morphologiques, nous permettent de proposer une histoire détaillée du soulèvement de l'île. Celui-ci serait associé à du plissement essentiellement E-W, affecté par des failles normales gravitaires EW et des failles (transtensives ?) NS héritées. Les cartes du relief géophysique et de rugosité ont mis en évidence une surface topographique perchée de faible relief et de plusieurs niveaux emboîtés. Les limites de cette surface sont associées à des convexités dans les profils en long de rivières. Ces changements de pente peuvent être expliqués par des contrastes lithologiques, par l'activité des failles normales susmentionnées et des plis, et par des captures de rivières. Ces captures sont engendrées par l'activité tectonique et favorisées par des processus karstiques. Les niveaux emboîtés perchés correspondent à des plaines alluviales formées par enfouissement de réseaux hydrographiques sur des compartiments subsidents, à l'amont de failles normales gravitaires perturbant l'écoulement vers le nord des réseaux fluviaux. La réorganisation du réseau de drainage identifiée dans cette étude révèle une expansion vers le Nord de la subsidence relative qui affecte la partie sud de l'île. Enfin, d'après les données géomorphologiques et structurales, l'île est formée de plis d'axes globalement EW, disposés en échelons dextres, qui se sont mis en place d'Est en Ouest. Ce dispositif suggère un régime de déformation en transpression dextre produit par la transition de nature de la plaque inférieure et par la présence de failles héritées NS affectant la plaque supérieure. Enfin, la comparaison des déformations enregistrées par les terrasses coralliennes soulevées et par le réseau hydrographique implique une migration vers le Nord pleistocène de la déformation affectant seulement la partie Est de Sumba, en accord avec la propagation spatiale de la collision arc/continent.

Mots-Clés: tectonique, géomorphologie, Sumba, Indonésie, morphométrie, terrasse corallienne, drainage, collsion arc/continent, subduction

La rupture des continents : verrous scientifiques et travaux en cours

Julia Autin*[1], Morgane Gillard[1], Méderic Amann[1], Marie-Eva Epin[1], Julie Tugend[1], Marc Ulrich[1], Gianreto Manatschal[1], Daniel Sauter[1]

[1] Institut de physique du globe de Strasbourg (IPGS) – Univ. Strasbourg, INSU, CNRS : UMR7516 – 5 Rue René Descartes 67084 Strasbourg Cedex, France

L'équipe " Marges " de l'IPGS, en collaboration avec de nombreux chercheurs extérieurs, a développé depuis quelques années une recherche autour de la thématique de la rupture, en se concentrant sur les dernières étapes de déformation et sur les interactions entre déformation, magmatisme et hydrothermalisme. La question de la rupture d'un continent est vaste et nécessite d'être précisée : qu'entend-t-on par rupture ? Celle de la croûte, celle de la lithosphère ? Ou est-ce une notion rhéologique ? Lorsque la lithosphère n'oppose plus de résistance au déplacement ? Chacune de ces visions de la rupture sont intéressantes et nécessite d'être étudiées car elles sont toutes liées à des processus certainement différents. Dans notre recherche, nous avons choisi de nous focaliser sur les parties les plus distales des marges pauvres en magma. En effet, la présence de manteau serpentinisé nécessite de prendre en compte la rupture à une échelle lithosphérique : exhume-t-on du manteau sous continental, auquel cas nous n'avons pas encore rompu la plaque lithosphérique lorsqu'il est exhumé? Ou bien est-ce du manteau exhumé comme on peut l'observer sur les dorsales ultra-lentes, auquel cas la rupture a déjà eu lieu au moment de l'exhumation? Mais en réalité, pouvons-nous toujours localiser la " cicatrice " de la rupture, l'endroit où la première dorsale s'est mise en place ? Quel est le rôle des magmas dans le processus de rupture ? Nous développons une approche pluridisciplinaire alliant géophysique, géologie, pétrologie et géochimie afin de commencer de comprendre les processus et leur interactions dans ces domaines, parfois considérés à tort comme des domaines océaniques, et commençons à percevoir les implications importantes de nos résultats sur des fondamentaux en géodynamique : sur la construction de modèles cinématiques du déplacement des continents, sur les notions de " breakup unconformities " et les conséquences possible dans l'interprétation des lignes sismiques.

Mots-Clés: rupture, lithosphère, marges passives

Modélisation physique du tri sédimentaire au voisinage d'une structure éolienne offshore

Anthony Auzerais*[1], Mélanie Vah[1], Armelle Jarno[1], Alexander Ezersky[2], François Marin[1]

[1] Lab. Ondes et Milieux Complexes (LOMC) – Normandie Univ, UNIHAVRE, CNRS : UMR6294 – 53, Rue Prony, CS 80 540 76058 Le Havre, France
[2] Morphodynamique continentale et côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 24 Rue des tilleuls 14000 CAEN, France

Sous l'influence des champs hydrodynamiques, les fondations monopieux d'éoliennes en mer affectent l'écoulement à leur voisinage, ainsi que la dynamique sédimentaire, impliquant des changements potentiels au niveau de la zone côtière. De par l'apparition de tourbillons générés au voisinage de ces fondations, le transport sédimentaire peut être intensifié. Les études réalisées précédemment sur ce sujet traitent essentiellement de l'impact du monopieu à proximité immédiate du pied de celui-ci, c'est-à-dire de l'affouillement créé par la présence d'un vortex en fer à cheval apparaissant au voisinage de la structure (Breusers *et al.*, 1977). La présence d'une fondation monopieu soumise à un courant induit la formation d'une allée tourbillonnaire (allée de Bénard-Karman) en aval de la structure. L'objectif de nos travaux est d'étudier l'impact d'une fondation monopieu d'éolienne offshore sur la dynamique sédimentaire en aval de la structure à partir d'une modélisation physique, avec une attention particulière sur le tri sédimentaire généré. Les tests sont effectués en canal dans le cas d'un courant stationnaire. Différents débits de courant sont considérés. Des mesures de vitesse des particules fluides sont effectuées au voisinage du monopieu par PIV (Vélocimétrie par Images de Particules), afin d'obtenir une connaissance fine de l'écoulement, notamment des structures tourbillonnaires. L'évolution temporelle de la bathymétrie est acquise grâce à des capteurs acoustiques afin de caractériser les structures sédimentaires générées au voisinage de la fondation. Des tests préliminaires ont été réalisés avec un sable bien trié, les autres tests ayant été effectués avec un mélange de deux types de sable de granulométrie différente, chaque type étant bien trié. La dynamique de formation des structures sédimentaires en aval de la fondation monopieu apparaît fortement modifiée par la présence de deux classes de taille de sédiments. Les tests ont également montré que les sédiments les plus fins se trouvent en amont des crêtes des structures sédimentaires, alors que les sédiments les plus grossiers se concentrent dans les creux. Ces résultats expérimentaux seront confrontés à un modèle théorique en cours de développement.

Références

Breusers, H. N. C., Nicollet, G., & Shen, H. W. (1977). Local scour around cylindrical piers. *Journal of Hydraulic Research*, *15*(3), 211-252.

Mots-Clés: modélisation physique, structures sédimentaires, tri, courant, canal

La transition Manche-Mer du Nord : développement et inversion de la marge nord du bassin du Weald-Boulonnais

Olivier Averbuch*[1], Nicolas Tribovillard[1], François Guillot[1], Diane Vidier, Ebraheem Hatem[1], Sabrina Lefevre[1], Jean-Xavier Dessa[2]

[1] Lab. d'Océanologie et de Géosciences (LOG) – CNRS : UMR8187, Univ. Littoral Côte d'Opale – Univ. Lille 1, 59655 Villeneuve d'Ascq Cédex, France
[2] Géoazur – Univ. Nice Sophia Antipolis, INSU, Obs. Cote d'Azur, IRD, CNRS : UMR7329, Univ. Pierre et Marie Curie [UPMC] - Paris VI – 250 rue Albert Einstein, Les Lucioles 1, Sophia Antipolis 06560 Valbonne, France
@ : olivier.averbuch@univ-lille1.fr

Le détroit du Pas de Calais, entre Manche Orientale et Mer du Nord, entaille transversalement la retombée nord d'une grande structure anticlinale d'orientation E-W, l'anticlinal du Weald-Boulonnais. Cette structure transmanche se moule sur un trait paléogéographique majeur individualisé dès le Jurassique supérieur-Crétacé inférieur lors d'une période majeure de propagation du rifting atlantique vers le nord et enraciné en profondeur sur le front de chevauchement varisque. En effet, l'analyse couplée des forages et des affleurements en falaise le long des côtes boulonnaises ainsi que l'étude de profils sismiques industriels, retraités dans le cadre de ce projet, montrent que le flanc nord de l'anticlinal localise en profondeur la limite d'extension vers le nord d'un bassin initié dès le Jurassique moyen et contrôlé par un système de failles normales de direction N110-120 et N020-030. Ce système de failles délimite au Jurassique supérieur et au Crétacé inférieur un domaine subsidant en connexion vers l'ouest avec le bassin du Weald du sud de l'Angleterre. Les séries du Jurassique supérieur affleurant en falaise de Boulogne-sur-mer jusqu'au Cap Gris-Nez (env. 20 km) illustrent la structuration initiale en bloc faillé de la marge du bassin et présentent des exemples assez remarquables du contrôle exercé par les failles et les circulations de fluide associées sur la mise en place des dépôts et leur diagenèse (injectites, récifs à huîtres, précipitations bio-induites de structures carbonatées). Les plis et chevauchements observés en falaise et sur l'estran le long de la grande zone faillée du Cap Gris-Nez caractérisent une déformation de type " pli de butoir " (" *buttress fold* ") associée à la réactivation en transpression de cette grande zone faillée bordière N du bassin dans le cadre de l'événement d'inversion majeur de l'Eocène supérieur-Oligocène, connu sur l'ensemble du domaine Manche-Mer du Nord. L'ensemble des observations recueillies ces dernières années à terre et en mer, en Manche Orientale, montrent ainsi que la géométrie en grand du système Weald-Boulonnais peut-être interprétée comme un large demi-graben inversé.

Mots-Clés: Manche, Boulonnais, bassin, inversion, Jurassique supérieur

Le processus de délamination lithosphérique tardi-orogénique : un modèle intégrateur pour expliquer l'effondrement de la chaîne varisque et l'initiation du bassin de Paris ?

Olivier Averbuch*[1], Laurent Beccaletto[2], Alain Izart[3], Claudia Piromallo[4]

[1] Lab. d'Océanologie et de Géosciences (LOG) – CNRS : UMR8187, Univ. Littoral Côte d'Opale – Univ. Lille 1, 59655 Villeneuve d'Ascq Cédex, France
[2] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – Division Géologie, 3 avenue Claude Guillemin, 45060 Orléans Cedex 2, France
[3] Géoressources – CNRS : UMR7566 – Univ. Lorraine, 54501 Vandoeuvre-les-Nancy, France
[4] Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia di Roma (INGV) – Via di Vigna Murata 605, 00143 Rome, Italie
@ : olivier.averbuch@univ-lille1.fr

Parmi les processus à l'oeuvre dans la tectonique des plaques, le mécanisme par lequel les chaînes de collision perdent leur racine mantellique pour permettre une récupération sur le long terme des conditions thermo-mécaniques standards de la lithosphère continentale, reste probablement l'un des moins bien connus. Sous l'effet du réchauffement long-terme du Moho, associé au flux asthénosphérique supra-subduction et à la relaxation thermique post-épaississement, le manteau lithosphérique impliqué dans le système orogénique peut se séparer de la croûte sus-jacente (phénomène de délamination lithosphérique) puis se détacher et s'enfouir au sein du manteau profond. Si ces processus restent encore grandement méconnus dans le détail, un des points, sur lequel la communauté des géodynamiciens s'accorde, est que ce processus peut induire une remontée étendue de l'asthénosphère sous la croûte épaissie au sein des zones de suture de la chaîne. Cet événement majeur d'érosion thermique de la lithosphère va alors se marquer au sein de la chaîne par une surrection régionale (hauts-plateaux), une extension crustale substantielle moulée sur les zones de suture, un métamorphisme rétrograde de haute température et un magmatisme important alimenté pour partie, par la fusion partielle du manteau asthénosphérique. Le refroidissement postérieur de la lithosphère serait, pour sa part, responsable d'une subsidence thermique long-terme de la chaîne conduisant, au final, au développement d'un bassin sédimentaire (" sag basin ") recouvrant les zones de suture de l'ancienne chaîne.
Ces phénomènes caractérisent assez bien l'évolution tardive de la chaîne varisque en France (ce qu'on appelle classiquement l'évolution " tardi-varisque ") et, ces dernières années, il a été suggéré que le magmatisme tardi-varisque (ainsi que toutes les manifestations hydrothermales associées), le rifting stéphano-permien et la subsidence thermique long-terme mésozoïque au sein du bassin de Paris puissent résulter d'un même événement de délamination lithosphérique au niveau des zones de suture de la chaîne varisque. Ce modèle géodynamique d'ensemble sera discuté ici en intégrant données profondes issues de modèles de tomographie sismique du manteau et données plus superficielles, issues de la dynamique des bassins stéphano-permiens enfouis sous le bassin de Paris (en particulier, le bassin de Sarre-Lorraine).

Mots-Clés: délamination lithosphérique tardièorogénique, chaîne varisque, bassin de Paris

La conservation du patrimoine géologique dans les carrières de Normandie

Jacques Avoine*[1], Anne-Lise Giommi[1], Laura Baillet[1]

[1] Association Patrimoine Géologique de Normandie (APGN) – Dpt. des Sciences de la Terre, Univ. Caen Normandie, Esplanade de la Paix, CS 14032, 14032 Caen Cedex 5, France
@ : capromain@unicaen.fr

L'inventaire du patrimoine géologique des trois départements de Normandie occidentale a été réalisé entre 2008 et 2013. Il comporte 408 sites, dont 65 carrières en activité. Parmi celles-ci, la commission régionale du patrimoine géologique a sélectionné 35 carrières renfermant un patrimoine géologique remarquable, couvrant une grande partie de l'histoire géologique normande, qu'il conviendrait de préserver tout ou partie, selon des critères prenant en compte l'intérêt géologique, la rareté et la représentativité des affleurements mis à jour dans ces carrières.
Les actions de conservation sont engagées depuis 2014. Sur le plan méthodologique, chaque carrière sélectionnée fait l'objet de visites permettant d'évaluer l'importance et l'état de conservation de son patrimoine géologique, ainsi que la faisabilité technique de sa préservation, en concertation étroite avec les exploitants. Le service d'inspection des carrières de la DREAL examine les recommandations proposées par les géologues et validées par l'exploitant, et procède si nécessaire à la modification du plan de restauration de la carrière, en veillant tout particulièrement à la sécurisation des fronts de taille à conserver. Dans certains cas, il est prévu des visites complémentaires pour évaluer l'évolution de l'intérêt géologique des affleurements durant l'exploitation. Quelques exemples représentatifs des différents cas de figure seront présentés.
Grâce à la récente prise en compte du patrimoine géologique au sein du patrimoine naturel, pour une carrière arrivant en fin d'exploitation, le talutage des fronts de taille, la transformation en plan d'eau ou en site d'enfouissement de déchets n'est plus inéluctable. Il n'est évidemment pas possible de proposer un schéma unique et figé pour une préservation applicable à l'ensemble des carrières, compte tenu de la diversité des techniques d'exploitation, de l'évolution incessante des fronts de taille et de la nature des roches exploitées. Par contre, la modification des programmes de réhabilitation des carrières en activité, au cas par cas, constitue une excellente opportunité pour la préservation du patrimoine géologique que l'exploitation a contribué à mettre à jour.

Mots-Clés: patrimoine géologique, Normandie, carrières, protection

Etablissement des listes départementales de sites d'intérêt géologique. Exemple du Calvados

Jacques Avoine*[1]

[1] Association Patrimoine Géologique de Normandie (APGN) – APGN – Dpt. des Sciences de la Terre, Univ. Caen Normandie, Esplanade de la Paix, CS 14032, 14032 Caen Cedex 5, France

Les sites géologiques présentant une dimension patrimoniale sont encore insuffisamment protégés en France. La loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement prévoyait la création d'un outil bien adapté à la protection des sites géologiques. Ainsi, le récent décret n°2015-1787 du 28 décembre 2015 relatif à la protection des sites d'intérêt géologique introduit dans le code de l'environnement de nouvelles mesures de protection applicables aux sites d'intérêt géologique remarquables ou méritant une attention particulière. Les nouvelles mesures de protection créées par ce décret sont : les listes départementales de sites d'intérêt géologique, établies par arrêtés, faisant l'objet d'une protection au titre de l'article L. 411-1 du code de l'environnement ; les arrêtés préfectoraux de protection des sites mentionnés sur ces listes. Sont interdits sur ces sites la destruction, l'altération ou la dégradation des fossiles et minéraux, les prélèvements étant seulement autorisés à des fins d'études scientifiques;
Ces nouvelles mesures de protection des sites d'intérêt géologique peuvent s'appliquer sur tout ou partie du territoire d'un département, y compris lorsque les sites sont isolés, quel que soit le régime de propriété auquel le territoire est soumis. Les sites qui peuvent être intégrés dans les arrêtés-types départementaux de sites d'intérêt géologique doivent répondre à l'un, au moins, des critères suivants : référence internationale, intérêt scientifique, pédagogique ou historique, rareté de l'objet géologique. Pour établir ces listes, le préfet de département s'appuie sur les sites d'intérêt géologique recensés au sein de la stratégie nationale de création d'aires protégées (SCAP) et sur l'inventaire du patrimoine géologique régional.
L'exemple du département du Calvados est présenté. L'inventaire du patrimoine géologique de ce département, validé en 2011, comporte 156 sites, dont 28 sites d'intérêt national à international, 91 sites d'intérêt régional et 37 sites d'intérêt départemental. Dans le cadre de la SCAP, la liste des sites d'intérêt géologique proposée comportait un étalon international, le stratotype historique du Bajocien, huit sites du parastratotype du Bathonien, quatre sites montrant la discordance cadomienne et/ou varisque et quatre sites paléontologiques majeurs. Ces travaux précurseurs contribuent aujourd'hui à l'établissement de la liste départementale de sites d'intérêt géologique du Calvados.

Mots-Clés: sites d'intérêt géologique (SIG), protection, géotope, Calvados

Récurrences des grands séismes établies par l'enregistrement sédimentaire des turbidites à l'Holocène sur une limite de plaques à convergence lente: évaluation et comparaison de deux segments de la marge algérienne

Nathalie Babonneau*[1], Antonio Cattaneo[2], Gueorgui Ratzov[3], Jacques Déverchère[1], Roza Si Bachir[4]

[1] Domaines Océaniques – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
[2] Lab. Environnements Sédimentaires (LES) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Pointe du Diable, 29280 Plouzané, France
[3] Géoazur – Univ. Nice Sophia Antipolis, CNRS : UMR7329 – 250 rue Albert Einstein, Sophia Antipolis, 06560 Valbonne, France
[4] Centre de recherche en astronomie, astrophysique et géophysique (CRAAG) – Alger, Algérie
@ : nathalie.babonneau@univ-brest.fr

La convergence lente entre les plaques africaines et européennes génère une activité sismique diffuse liée au jeu sporadique de failles proches de la zone côtière. La connaissance de grandes ruptures sismiques ($6.5 < M < 7.5$) étant limitée à quelques siècles, les récurrences sismiques, dont les durées dépassent clairement ce pas de temps, ont été approchées par l'analyse et la corrélation spatio-temporelle des successions de turbidites sur l'Holocène sur deux secteurs analysés en mer entre l'ouest et le centre du bassin algérien. Ce travail a été réalisé à partir d'analyses sédimentologiques et stratigraphiques sur des carottes prélevées au pied de la marge.
A l'ouest, treize paléoséismes côtiers sont repérés au cours des 8 derniers ka, répartis en groupes 3 à 6 événements avec des intervalles de récurrence de 300-600 ans, séparés par deux périodes de quiescence de 1.7 ka sans séismes majeurs à l'échelle régionale. Au centre de la marge (région d'Alger), 36 événements sont identifiés sur 9 kyr, avec des récurrences allant de 50 à 900 ans et trois périodes de quiescence de 800, 1400 et 500 ans (7 à 6,2 ka BP, 5.4-4 ka BP, et 1.5-1 ka BP). Si les cycles sont donc irréguliers dans les deux cas, ils semblent différer au premier regard, suggérant des taux de sismicité différents ou des systèmes indépendants ou diachroniques. Nous montrons que ces différences apparentes des cycles sont en grande partie attribuables à une distance variable des sources des séismes de magnitude comprise entre 6.5 et 7.5 aux zones de déstabilisation sédimentaire en haut de pente. Si cette variabilité est prise en compte, alors les cyclicités de premier et second ordres des 2 segments de marge pourraient être comparables. D'autres sources de complexité possibles pourraient être i) la variabilité spatiale et temporelle dans les processus sédimentaires, en raison de changements dans la disponibilité des sédiments, et (ii) une différence possible dans le comportement tectonique d'ouest en est. Cette analyse permet de discuter du caractère synchrone ou non des ruptures pour des sources sismiques distantes de plusieurs centaines de kilomètres.

Mots-Clés: paléosismologie sous, marine, récurrence sismique, cycle sismique, turbidites, convergence Afrique-Europe

Mouvements verticaux post-rift des marges indiennes d'Afrique australe

Guillaume Baby*[1], François Guillocheau[1], Cécile Robin[1], Massimo Dall'Asta[2]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] TOTAL R&D (CSTJF) – TOTAL – Centre Scientifique et Technique Jean Féger. Avenue Larribau 64018 Pau Cedex, France
@ : baby.guillaume@gmail.com, francois.guillocheau@univ-rennes1.fr

L'objectif de cette étude est de discuter de la mise en place du Plateau Sud-Africain en amont des marges transformantes Indiennes d'Afrique Australe. Depuis le développement des méthodes thermochronologiques et des modèles numériques, la cinétique et les mécanismes de mise en place du Plateau Sud-Africain est très débattue.
- Les modèles thermochronologiques et numériques d'érosion (e.g. Van der Beek *et al.*, *J.Geophys.Res.*, 2002) suggèrent qu'il s'agirait d'un relief ancien, hérité de la phase de rift au Crétacé inférieur.
- Les données thermochronologiques (e.g. Brown *et al.*, *J.Geophys.Res.*, 2002) mettent en évidence une phase d'exhumation rapides au Crétacé (110 - 90 Ma) qui concorde avec une accélération des flux silicoclastiques dans les bassins sédimentaires à mer (e.g. Braun *et al.*, *Solid Earth,* 2014).
- Les études géomorphologiques des surfaces d'aplanissement préservées à terre, l'interprètent comme un relief hérité de surrections successives (e.g. King, *Univ.NatalPress*, 1982) avec une phase majeure de déformation au Cénozoïque (~30 Ma) rattachée à la mise en place dôme Est-Africain (Burke & Gunnell, *Geol.Soc.of America*, 2008).
Peu d'attention a été portée aux bassins côtiers qui bordent ce Plateau. L'objectif ici est (1) de réaliser une analyse stratigraphique du remplissage sédimentaire des marges indiennes d'Afrique Australe (21°S to 31°S) en intégrant des observations de terrains et des données de subsurface (forages et sismique 2D) ; (2) de contraindre et quantifier les mouvements verticaux qui affectent cette marge ; (3) de discuter l'impact de ces déformations sur la morphologie de la marge (accomodation, partitionnement sédimentaire entre le plateau continental et le bassin profond) et de leurs implications sur la mise en place du Plateau Sud-Africain.
- La mise en place du Plateau Sud-Africain est une histoire polyphasée avec trois phases de déformations majeures : A la base du Turonien (92 Ma), au Crétacé supérieur (78-65 Ma), à la transition Oligocène-Miocène (23 Ma). L'essentiel du relief est créé pendant le Crétacé, mais sa topographie est acquise au Cénozoïque.
- Les bassins côtier enregistrent différents types de déformations des marges, e.g. (1) basculement de la marge associé à un basculement du bassin et la mise en place d'une discordance angulaire dans le domaine amont ; (2) surrection horizontale de la marge qui se traduit par une chute du niveau marin relatif, une reprise de l'érosion continentale (incisons fluviatiles) en amont du bassin et la mise en place de prismes de bas-niveau dans le domaine aval.
- L'origine de ces déformations est mal comprise, mais leur longueur d'onde ($\times$1000 km) suggère une origine mantellique et/ou des déformations d'échelle continentale.

Mots-Clés: mouvements verticaux post-Rift, marges passives transformantes, Afrique Australe

Etude des minéralisations à Cu-Pb-Zn-Au-Ag et à Mo Situées au sud de la mine d'Imiter (Massif Précambrien de Saghro, Anti-Atlas oriental, Maroc) : Implications métallogéniques et géodynamiques

Bouchra Baidada*[1], Abdelkhalek Alansari[1], Said Ilmen[1], Moha Ikenne[2]

[1] Lab. Dynamique de la lithosphère et Genèse des Ressources minérales, Dpt. de géologie FSSM, Univ. Cadi Ayyad – Marrakech, Maroc
[2] LAGAGE, Department de Géologie, Faculté des Sciences, Universié Ibnou Zohr – Agadir, Maroc
@ : bouchrabaidada@gmail.com

Le secteur d'étude est localisé au Sud de la mine d'Imiter dans la boutonnière d'Imiter (Anti- Atlas). Cette dernière est située au Nord Est du Jbel Saghro oriental. Elle est constituée d'un socle Néoprotérozoïque PII de nature gréso-pélitique qui a été structurée, au cours de la phase panafricaine majeure, en un vaste anticlinorium d'axe NE-SW au quel serait associée une schistosité pénétrative de même direction. A l'issu de la cartographie de la zone d'étude et les travaux de terrains effectués, plusieurs indices et gîtes à Cu-Pb-Zn-Au-Ag et à Molybdène ont été répertoriés.
La minéralisation à Mo, spatialement associée au granite à biotite, est composée essentiellement de molybdénite dans des filons de quartz encaissés dans le granite et l'encaissant gréso-pélitique avec des directions qui varient de N 45° à N 65° pentées de 80° vers le SE. La minéralisation à Cu-Pb-Zn-Au-Ag liée aux fractures affectant la granodiorite de Bou Teglimt tout au long de l'oued de Bou Flio. Il s'agit de deux familles de fractures. i) des structures filoniennes de directions NS avec une paragenèse constituée essentiellement de Arsénopyrite, Pyrite, Chalcopyrite et des sulfosels (Bi, Pb, Ag) ; des structures de direction N 45° à N 60° dont la paragenèse est composée de Chalcopyrite, Sphalérite, galène, Magnétite, hématite, cobaltite, sulfosels (Bi, Pb, Ag) et alliage Au-Ag.
Les caractéristiques de ces minéralisations i) à Cu-Pb-Zn-Au-Ag de la zone de Bou Flio sont discutées dans le cadre des minéralisations de type " *Iron Oxide Copper Gold Deposits* " (IOCG) et (ii) les structures à Mo sont attribuées à des minéralisations de type départ acide en se basant sur la paragenèse et les caractéristiques géochimiques des granitoïdes hôtes de ces minéralisations. Ces granitoïdes sont associés à un magmatisme calco-alcalin moyennement potassique, mis en place dans un environnement post-collisionnel au Néoprotérozoïque

Mots-Clés: molybdène, magnétite, hématite IOCG, granitoïdes, précambrien, Imiter, Jbel Saghro, Anti-Atlas

Evaluation des enjeux de conservation des objets géologiques à l'échelle d'un site et actions de gestion associées

Laura Baillet*[1]

[1] Association Patrimoine Géologique de Normandie (APGN) – APGN – Dpt. des Sciences de la Terre, Univ. Caen Normandie, Esplanade de la Paix, CS 14032, 14032 Caen Cedex 5, France

L'Association Patrimoine Géologique de Normandie (APGN) a été chargée de réaliser en 2014 un diagnostic géologique approfondi de la Réserve Naturelle Régionale des anciennes carrières d'Orival (Calvados). A vocation d'aide à la programmation d'actions appropriées à mener sur la réserve, l'étude a été commanditée par le Conservatoire d'espaces naturels de Basse-Normandie, gestionnaire du site. Le but fixé était l'évaluation du caractère patrimonial et des enjeux de conservation des objets géologiques présents ainsi que la définition et la priorisation des actions de gestion nécessaire à leur sauvegarde et à leur valorisation. Les objets géologiques deviennent remarquables et font partie du patrimoine géologique si l'on considère qu'ils doivent être préservés. Ces objets non renouvelables ne peuvent être détachés de leur contexte, sauf cas particulier, il est donc nécessaire de les protéger *in situ* grâce à des actions de gestion ponctuelles appropriées.
Pour atteindre cet objectif, il a été indispensable de développer au départ une méthodologie générale. Basée sur celle de l'inventaire national du patrimoine géologique1 adaptée à l'échelle d'un site, elle s'appuie essentiellement sur des observations de terrain. Elle s'articule en trois grandes étapes :
- l'établissement d'un catalogue exhaustif des types d'objets géologiques présents sur le site, classés selon leur intérêt géologique principal et leur échelle d'observation ;
- l'évaluation du caractère patrimonial et des enjeux de conservation des objets géologiques permettant l'identification et l'établissement d'une carte de localisation des objets remarquables ;
- la hiérarchisation des actions de gestion selon les enjeux de conservation diagnostiqués sur le site, découpé en secteurs géographiques.
A des fins pédagogiques, un modèle de fiches de types d'objets géologiques a également été conçu lors de l'étude.
Cette méthodologie a été créée dans le souci d'être réutilisable sur d'autres sites à caractère géologique. L'expérience a été faite au cours de la même année sur les sites de la Réserve Naturelle Nationale du coteau de Mesnil-Soleil (Calvados) et l'Espace Naturel Sensible de la carrière des Sablonnettes (Orne). Nous avons ainsi remarqué que la méthode pouvait être évolutive et plus ou moins détaillée selon la taille des sites et le nombre de types d'objets géologiques représentés. La méthode ne sera présentée qu'au travers de l'exemple de la RNR des anciennes carrières d'Orival.
A terme, elle pourrait devenir un outil d'information et d'aide à la décision mis à la disposition d'autres gestionnaires de sites à caractère géologique (réserves naturelles, parcs, etc.).
1 De Wever P., Le Nechet Y. & Cornée A. (2006). – Vade-mecum pour l'inventaire du patrimoine géologique national. – Mém. H.S. Soc. géol. Fr., 12 – 162 p.

Mots-Clés: méthodologie, patrimoine géologique, Normandie

Synthèse des connaissances sur la couverture sédimentaire quaternaire en bordure des côtes picardes. Contribution des apports marins à l'équilibre du littoral et au comblement des baies de la Somme et de l'Authie

Olivier Bain[1], Thierry Garlan[2], Sophie Le Bot[3], Laure Simplet[4], Patrice Walker[⋆5]

[1] Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – Rue Pierre Waguet - BP 30313, 60026 Beauvais Cedex, France
[2] Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) – Ministère de la Défense – 13 rue du Chatellier 29200 Brest, France
[3] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNIROUEN, UNICAEN, CNRS : UMR6143 – 76000 Rouen, France
[4] Lab. de Géodynamique et Enregistrements Sédimentaires (REM/GM/LGS) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – ZI pointe du Diable CS 10070 29280 Plouzané, France
[5] CREOCEAN La Rochelle – Groupe KERAN – Rue Charles Tellier 17000 La Rochelle, France

Entre le Cap d'Alprech au Nord et le Cap d'Ailly au Sud, le littoral d'Artois et de Picardie constitue au Quaternaire une vaste baie ouverte face à l'Ouest- Nord-Ouest, au fond de laquelle débouche un complexe estuarien dont il subsiste aujourd'hui les baies de la Canche, de l'Authie et de la Somme. Le comblement de ce territoire littoral de plus de 500 km^2 a été rendu possible par le remaniement des sédiments accumulés dans le lit du fleuve Manche par les transgressions interglaciaires successives. Il se poursuit actuellement sous l'action conjointe des apports par la dérive littorale des galets issus de l'érosion des falaises et des plateformes crayeuses littorales et des flux sableux entraînés depuis la Manche centrale vers le Pas de Calais en domaine subtidal.
Cette communication propose donc une synthèse des résultats obtenus au cours de la dernière décennie par nos équipes pour identifier les contributions réciproques des sources sédimentaires et les processus impliqués dans le bilan sédimentologique du littoral.
Compte tenu de l'importance des enjeux exposés aux aléas côtiers présents et futurs, cet état des lieux permettra ainsi de hiérarchiser l'influence de ces apports sur l'équilibre du littoral, et de mettre en exergue les verrous de connaissance à lever pour gérer durablement les stocks de sédiments meubles marins et littoraux, en fonction notamment des nouveaux forçages attendus du fait du changement climatique.

Mots-Clés: dynamique sédimentaire, Picardie, Manche orientale, bancs et dunes, estuaires, bilan sédimentologique, littoral

Caractérisation des failles actives du système de failles de Pallatanga - Cosanga en Equateur central

Stéphane Baize[⋆1], Laurence Audin[2], Alexandra Alvarado[3], Hervé Jomard[1], Johann Champenois

[1] Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) – BP17 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex, France
[2] Institut de Recherche pour le Développement (IRD) – 44 bd de Dunkerque, CS 90009, 13572 Marseille Cedex 02, France
[3] Instituto Geo sico, Escuela Politecnica Nacional – Quito, Équateur

Le long des zones de subduction, l'aléa sismique est dominé par les grands séismes interplaques. Pourtant, les séismes crustaux qui affectent la plaque chevauchante, de magnitude plus modérée et plus superficiels, peuvent également provoquer d'importants dommages. En Equateur, ces séismes font aujourd'hui l'objet d'une attention grandissante.
La zone de faille de Pallatanga (PF), qui découpe la Cordillère Occidentale depuis le Golfe de Guayaquil jusqu'à la dépression inter-Andine, accommode le mouvement relatif entre la plaque sud-américaine et le bloc nord-andin à un taux de 8 mm/an. De grands séismes historiques de magnitude 7+ se sont produits dans cette zone, mais les traces de l'activité des segments de faille sont mal connues. Nos récents efforts se sont donc concentrés dans la région-clef de Riobamba-Pelileo englobant les épicentres des grands séismes historiques, pour établir une cartographie des failles, une estimation des taux de glissement et une évaluation de leur potentiel sismogénique (magnitude et fréquence). Cette analyse est conduite à partir de l'analyse fine d'un nouveau Modèle Numérique de Terrain (résolution 4m), de la reconnaissance de terrain, de l'étude de tranchées paléosismologiques, et d'une analyse géodésique (InSAR) de la déformation régionale.
Dans la Cordillère occidentale, la PF porte les traces de grands paléoséismes (M7+) et un taux de glissement de l'ordre de 2,5 mm/a. Emergeant au nord dans la Dépression Inter-Andine, la structure se divise en structures compressives nord-sud et en décrochements NE-SW qui se propagent dans le Cordillère Orientale (faille de Cosanga) avec des taux de déformation diminués, de l'ordre de 1-1,5 mm/a. Les structures N-S, dont l'activité n'a pu encore être quantifiée, sauf plus au nord près de Quito (0,5 mm/a), présentent des morphologies de surface très jeunes. Les structures décrochantes ont conservé de remarquables traces de ruptures de surface cosismiques, associées à des séismes forts (M7-7.5) avec des déplacements très importants ($>$ 5m) mais aussi à des séismes modérés (M5) avec des déplacements plus modestes (50 cm) mais anormalement élevés en comparaison des prédictions par les relations empiriques classiques.
La reconnaissance des structures actives et des séismes associés, puis l'estimation de leurs taux de glissement, sont une première étape dans l'élaboration d'un modèle sismotectonique consolidé, pouvant être utilisé pour le calcul de l'aléa sismique.

Mots-Clés: néotectonique, failles actives, ruptures cosismiques, Equateur

Déformations non tectoniques dans l'Est du Bassin de Paris : nouvelles interprétations dynamiques en domaine périglaciaire

Stéphane Baize*[1], Philippe Combes[2], Cédric Duvail[2], Brigitte van Vliet-Lanoë[3], Jacques Brulhet, Frédéric Ego[4], Marc Cushing indexCushing, Marc[1]

[1] Institut Radioprotection et Sûreté Nucléaire (IRSN) – Fontenay-aux-Roses, France
[2] FUGRO – France
[3] Univ. Brest – France
[4] ANDRA – France
@ : p.combes@fugro.com

Dans les années 1990, des déformations cassantes et souples ont été décrites dans les alluviaux quaternaires de Champagne crayeuse. L'interprétation de l'origine de ces déformations est critique pour l'évaluation de l'aléa sismique, dans cette région où l'activité sismique mesurée est très faible. D'abord considérées d'origine tectonique, l'étude de plusieurs sites dans l'Aube et la Marne a conclu à des affaissements gravitaires (Baize et al., BSGF, 2007). Cette interprétation est aujourd'hui appuyée par l'imagerie disponible, par le ré-examen des séries sédimentaires et de leur contexte paléoenvironnemental en domaine périglaciaire.
À Gourgançon, les alluvions sont déformées autour d'un noyau de subsidence localisé, par un réseau de failles évoluant vers l'extérieur d'un mécanisme inverse au centre vers un mécanisme normal. Cet agencement, peu compatible avec un contrôle tectonique, évoque un affaissement gravitaire. A Longueville, les déformations (failles inverses ou normales, plis) présentent un arrangement incohérent avec une origine tectonique : dans la masse alluviale, les déplacements décroissent en profondeur jusqu'à s'amortir dans la couche crayeuse altérée. Les modalités de subsidence évoquent des affaissements gravitaires progressifs, parfois retouchés par la solifluxion, compatibles avec les modélisations analogiques disponibles. Pour les deux sites, les données géophysiques profondes montrent clairement l'absence de failles dans les séries mésozoïques, validant l'hypothèse non-tectonique et superficielle des déformations observées.
Une nouvelle perspective conclut à un contrôle climatique des déformations (Van Vliet Lanoë et al., Boreas, soumis). L'analyse des images aériennes révèle un nombre important de structures circulaires à la surface et les nouvelles observations des affleurements suggèrent un environnement périglaciaire pendant le dépôt. A Gourgançon, les alluvions montrent l'occurrence d'un niveau basal de type mudflow et des traces de ségrégation de glace, suggérant avec le reste des données et par analogie au milieu actuel que les alluvions ont été piégées dans une structure liée à la fonte et l'effondrement thermokarstique d'une masse de glace, (palses de diamètre

Mots-Clés: déformations quaternaires, thermokarst, Bassin parisien

Géochronologie détritique des métasédiments carbonifères des Alpes : de la paléogéographie durant leur dépôt à l'architecture actuelle de la chaîne alpine

Michel Ballèvre*[1], Paola Manzotti[2], Marc Poujol[1]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] Univ. Lausanne (UNIL) – Suisse

Dans les Alpes occidentales, des sédiments carbonifères (ou des métasédiments présumés tels en raison de leurs caractères lithologiques) sont observés depuis zones les plus externes et faiblement métamorphiques (par ex. le bassin de la Mure, où l'exploitation du charbon cessa en 1997) jusque dans les zones les plus internes et fortement métamorphiques (par ex. Pinerolo, où les mines de graphite fermèrent dans les années 1950), en passant par la " Zone Houillère ", partie frontale du Briançonnais. Même dans les zones les plus déformées, les structures sédimentaires (stratonomie, litages, granoclassments...) indiquent un milieu de dépôt le plus souvent fluviatile. En outre, le caractère polygénique des faciès conglomératiques (dominance du quartz, mais abondance des granitoïdes et gneiss parmi les galets ; abondance des paillettes de muscovite et du zircon parmi les minéraux détritiques) suggère des sources où dominent les roches ignées et métamorphiques.
L'analyse de ces roches par le biais de la géochronologie détritique réserve cependant des surprises. Trois exemples seront détaillés, à savoir (i) la Zone Houillère non ou faiblement métamorphique à proximité immédiate de Briançon, (ii) l'unité du Money en fenêtre sous les unités éclogitiques du Grand Paradis et (iii) l'unité de Pinerolo en fenêtre sous les unités éclogitiques de Dora-Maira. Avec ces trois exemples, l'analyse des zircons détritiques met en évidence :
- les similitudes (Zone Houillère – Pinerolo) ou différences (Money vs Zone Houillère et Pinerolo) entre les sources du matériel détritique ;
- la localisation potentielle de ces sources au Carbonifère, dans un schéma paléogéographique élargi (jusque et y inclus Sardaigne et Corse) tenant compte des potentielles portions de croûte subductées non observées à l'affleurement de nos jours.
En outre, la localisation passée et présente de ces sédiments carbonifères permet un éclairage inédit sur l'architecture actuelle de la chaîne et l'héritage structural dans cette chaîne, ainsi que sur les liens présumés entre les parties les plus frontales (Zone Houillère) et les plus distales du domaine briançonnais, c'est-à-dire sur la cinématique de la subduction et de la collision.

Manzotti et al. (2015) International Journal of Earth Sciences, 104, 703-731.

Manzotti et al. (2016) Terra Nova, 28, in press.

Mots-Clés: géochronologie détritique, Carbonifère, Alpes occidentales, paléogéographie, subduction, collision

Comportement magmatique et hydrothermal de l'uranium dans les leucogranites peralumineux syntectoniques : le cas des leucogranites carbonifères fertiles en uranium du Massif Armoricain

Christophe Ballouard*[1], Marc Poujol[1], Philippe Boulvais[1], Julien Mercadier[2], Romain Tartèse[3], Marc Jolivet[1], Torsten Vennemann[4], Armin Zeh[5,6], Etienne Deloule[7], Marie-Pierre Dabard[1], Michel Cathelineau[2], Michel Cuney[2]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] GeoRessources – Univ. Lorraine, CNRS : UMR7359 – BP 70239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex, France
[3] Institut de minéralogie, de physique des matériaux et de cosmochimie (IMPMC) – IRD : UR206, Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7590, MNHN – 4 place Jussieu 75252 Paris, France
[4] Institute of Earth Surface Dynamics, University of Lausanne, CH-1015 Lausanne – Suisse
[5] Institute for Geosciences, Goethe University Frankfurt, Altenhöferallee 1, D-60438 Frankfurt – Allemagne
[6] Institute for Applied Geosciences – Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Adenauerring 20b, 50.4, D-76131 Karlsruhe – Allemagne
[7] Centre de recherches petrographiques et géochimiques (CRPG) – CNRS : UMR5873, INSU, Univ. Lorraine – 15 Rue Notre Dame des Pauvres - BP 20 54501 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex, France

Dans la chaine hercynienne européenne, la majorité des minéralisations uranifères (filons ou épisyenites) est représentée par des gisements hydrothermaux spatialement associés à des leucogranites peralumineux d'âge Carbonifère. Ainsi, dans le Massif Armoricain, 20000 t d'uranium ont été extraites principalement des trois districts uranifères associés aux leucogranites syntectoniques de Mortagne, Guérande et Pontivy. Les leucogranites de Pontivy et de Guérande, qui font l'objet de ce travail, se sont mis en place, respectivement, à *ca.* 315 et 310 Ma ; le premier en contexte décrochant le long du Cisaillement Sud Armoricain et le second en contexte extensif dans la zone sud Armoricaine (Ballouard et al., 2015). Dans le district de Pontivy, la minéralisation est localisée dans le leucogranite ou au contact avec son encaissant métasédimentaire. Dans le district de Guérande, la minéralisation s'est mise en place principalement au contact entre des schistes noirs et des métavolcanites situés structuralement au-dessus de la zone apicale du leucogranite avec quelques minéralisations intragranitiques moins importantes. Les âges U-Pb et les signatures isotopiques en Hf obtenus sur les zircons hérites des leucogranites du Massif Armoricain suggèrent une contribution d'unités du Carbonifère Inférieur dans la source de ces intrusions fertiles en uranium. Ensuite, l'étude pétro-géochimique et géochronologique des leucogranites et de leur minéralisation associée permet de proposer un modèle métallogénique. Ainsi dans le district de Guérande, la différentiation du leucogranite vers 310 Ma a induit la cristallisation d'oxyde d'uranium à l'apex de l'intrusion. Vers 300 Ma des circulations de fluides hydrothermaux oxydants d'origine météorique dans les facies déformés de l'apex ont induit la mise en solution de ces oxydes. Enfin, les fluides ont pu précipiter leur uranium dans les failles au contact entre les métavolcanites et les schistes noirs environnants qui ont joué le rôle de piège réducteur. Ces circulations hydrothermales ont pu se produire, probablement par pulses, dans la région jusqu' à 275 Ma (Ballouard et al., in revision).

Ballouard et al., 2015. Lithos 220–223, 1–22.
Ballouard (accepted) Ore Geology Reviews.

Mots-Clés: uranium, leucogranites peralumineux, hercynien

Des menhirs et des pêcheries : des vestiges archéologiques comme marqueurs des variations du niveau marin

Agnès Baltzer*[1], Serge Cassen[2], Laura Megevand[1], Pierre Stéphan[3], Sébastien Argant, Laurence Argant, Patrick Launeau[4]

[1] Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géolittomer) – CNRS : UMR6554, Univ. Nantes – BP 81227, 44 312 Nantes Cedex 3, France
[2] Lab. de Recherches Archéologiques – CNRS : UMR6566, Univ. Nantes – BP 81227, 44 312 Nantes Cedex 3, France
[3] Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géomer) – CNRS : UMR6554, Univ. Bretagne Occidentale (UBO) – Place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané, France
[4] Lab. de Planétologie et Géodynamique de Nantes (LPGN) – CNRS : UMR6112, INSU, Univ. Nantes – 2 Rue de la Houssinière - BP 92208 44322 Nantes Cedex 3, France

L'approche croisée de la sédimentologie et de l'archéologie, nous a permis depuis plusieurs années de nous intéresser aux vestiges archéologiques comme marqueurs potentiels du niveau marin. Ainsi, les prolongements des alignements de stèles érigées par l'Homme il y a 6 700 ans (Néolithique) sur la côte Est de la baie de Quiberon et dans le golfe du Morbihan, ont été reconnus en mer grâce à une bathymétrie fine et une imagerie acoustique haute resolution depuis 2007 (Baltzer etal., 2007; Cassen et al., 2008). Une cartographie de ces mégalithes subtidaux a ainsi été établie et les mesures bathymétriques fournissent une cote de -5 m NGF pour leur limite d'extension vers le large, qui coïncide avec une position "maximum" de la position du paléo-rivage néolithique (Cassen et al., 2011). Les positions de différentes pêcheries ont également été répertoriées lors des missions Mégaquib1 (2009) et Mégaquib2 (2010). Les enregistrements sédimentaires analysés sur une carotte longue, calibrant la couverture sismique, ont permis de reconstituer les différentes phases de comblement de la baie de Quiberon au cours de la transgression holocène et de les relier à la position des mégalithes subtidaux (Baltzer et al., 2015). Afin d'étendre ces travaux réalisés dans la Baie de Quiberon, baie protégée, de nouvelles études ont été menées (depuis 2011) sur les vestiges archéologiques de l'île d'Yeu. Cette île, particulièrement riche d'un point de vue archéologique, constitue un milieu ouvert, non protégé, particulièrement sensible aux variations du niveau marin (il ne peut y avoir d'effet de seuil comme dans la Baie de Quiberon). Ainsi le recencement des différentes pêcheries sur la côte nord-est, via des données sonar et des photos aériennes nous a permis de mettre en évidence 5 niveaux d'implantation différent de ces pêcheries par rapport au 0 NGF. Ces observations viennent d'être complétées par l'acquisition d'un profil du Lidar bathymétrique (Septembre 2015) qui nous permet de "voir" de nouvelles pêcheries sur le platier rocheux, et qui devrait pouvoir nous fournir, après traitement, un calage relatif de ces profondeurs.

Mots-Clés: menhirs marins, pêcherie, niveaux marins, bathymétrie, Néolithique

Structures, lithologie et géométries d'un substratum enfoui : application au sud-ouest du bassin parisien

Julien Baptiste*[1], Guillaume Martelet[1], Michel Faure[2], Laurent Beccaletto[1], Pierre-Alexandre Reninger[1], José Perrin[1], Yan Chen[2]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 3, avenue Cl. Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 2, France
[2] Institut des sciences de la Terre d'Orléans (ISTO), CNRS – Univ. Orléans – 1A Rue de la Ferollerie, 45100 Orléans, France

Cartographier les lithologies et structures d'un substratum profond est un élément clé pour l'exploration des ressources (minérales, géothermie, stockage...) et à la connaissance géologique à l'échelle régionale.
Le bassin parisien est un bassin sédimentaire intra-cratonique Méso-Cénozoïque qui repose en discordance sur un substratum Varisque. Dans sa partie sud, les témoins de ce substratum affleurent au sein du Massif Armoricain et du Massif Central. Ces massifs sont composés d'unités géologiques distinctes, séparées par des cisaillements d'échelle crustale. Bien que de nombreuses études aient déjà démontré les relations structurales et lithologiques entre ces deux massifs, la continuité des grands accidents armoricains ainsi que les géométries sous la couverture sédimentaire du bassin parisien restent encore en débat.
Les méthodes potentielles (aéromagnétisme et gravimétrie) constituent des outils efficaces pour la cartographie des interfaces bassin/substratum. Cependant, l'interprétation de ces données, pour être fiable, nécessite une bonne caractérisation pétrophysique des roches. C'est pourquoi nous proposons une méthodologie basée sur l'interprétation des données géophysiques couplées aux mesures pétrophysiques (densités et susceptibilités magnétiques) mesurées sur le terrain ou sur échantillons en laboratoire qui consiste en : i) l'élaboration d'une carte de signatures géophysiques du substratum basée sur la classification statistique des données aéromagnétiques et gravimétriques, ii) l'extension des unités géologiques sous couverture, iii) l'assignation d'une lithologie selon les caractéristiques pétrophysiques des roches et la signature géophysique du susbstratum, au sein de chaque unité géologique. Nous la mettons en œuvre dans le sud-ouest du bassin parisien où nous proposons une cartographie structurale et lithologique détaillée de son substratum pré-Mésozoïque. Cette cartographie est étayée par une modélisation géophysique 2D, combinant les données magnétiques et gravimétriques, permettant d'enrichir encore la cartographie des géométries du substratum sous couverture.
Ces interprétations révèlent : i) la limitation est du domaine Centre Armoricain, ii) l'extension à l'est, de la faille de Cholet qui délimite la partie sud de la nappe des Mauges, iii) le prolongement de la faille de Nort-sur-Erdre connue comme la trace de la suture éo-Varisque, bordée par des roches basiques et iv) l'omniprésence des failles de direction N150°E contrôlant entre autre, la géométrie des bassins Permo-Carbonifères sous couverture.
La méthodologie présentée ici, pourra être appliquée à la cartographie de substratum enfouis d'autres bassins sédimentaires, comme par exemple, l'extension des structures pyrénéennes sous le Bassin d'Aquitaine.

Mots-Clés: Bassin Parisien, substratum, aéromagnétisme, gravimétrie, Varisque

Déformations cassantes et champ de contrainte enregistrés dans les craies du promontoire de Flamborough (Yorkshire, UK)

Maxime Barbier*, Charles Louvet, Fanny Descamps[1], Ophélie Faÿ-Gomord[2], Sara Vandycke[1]

[1] Univ. Mons (UMons) – 20, place du Parc, B7000 Mons, Belgique
[2] Katholieke Universiteit Leuven (KUL) – Celestijnenlaan 200D, BE-3001 Heverlee, Belgique
@ : maxime.barbier1987@gmail.com

Au sein de la zone crayeuse du Nord de l'Angleterre (Northern Chalk Province) et au l'aplomb de la Mer du Nord, les formations crétacées du promontoire de Flamborough ont fait l'objet de nombreuses études structurales. Néanmoins, ces roches très fracturées n'ont jamais été analysées en termes de tenseurs de contraintes malgré la multiplicité des marqueurs tectoniques existants. Ainsi un levé systématique le long des 17km de falaises a été effectué, s'attachant à reconnaitre l'ensemble des failles à stries, conjuguées et héritées, les failles à slickolites (stylolites tectoniques), des fentes de tensions (veines de calcite), les failles à brèche et les joints majeurs en les répertoriant systématiquement dans chaque formation affectée.
Ainsi, l'histoire microtectonique enregistrée dans les craies du Yorkshire est évolutive et multiple, très active, en lien avec la présence du deux structures régionales majeures (Dowsing Fault Zone et la Howardian-Flamborough Fault belt), la dynamique de la Mer du Nord et du Nord-Ouest européen au cours du Méso-Cénozoïque. Il faut noter en particulier la phase d'inversion crétacée Laramide et la phase d'inversion alpine au Tertiaire, interrompant un régime globalement extensif.
Trois directions de compression (N-S, NW-SE, NE-SW) engendrées principalement par des jeux décrochants ont été remarquablement bien enregistrées, tout particulièrement la compression N-S tertiaire. Mais ce travail a également mis en lumière un système local en compression NW-SE, initié au Paléogène et pré-datant l'inversion tertiaire dû aux réactivations de linéaments majeurs régionaux.
Parallélement aux régimes compressifs, trois directions en extension (E-W, NE-SW et NW-SE) se corrélent relativement bien à la dynamique en ouverture du bassin de la Mer du Nord et du NW européen. Comme souligné par d'autres auteurs, la fracturation au Nord et au Sud de cette région est différente et sans nul doute influencée par la présence des failles régionales. Il faut cependant aussi noter que les formations crayeuses ont des comportements géomécaniques différents, sans doute liés à des sollicitations

Mots-Clés: craie, tectonique, failles, déformation, Yorkshire, paléo-contraintes

Les carrières de pierres de moulin du littoral du Capo Peloro (Messine, Italie) : des archives archéologiques à fleur d'eau

Pascal Barrier*[1], Valérie Galin[1], Maude Thollon[1], Francis Kezirian[2], Ernesto Bellomo[3]

[1] Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – Rue Pierre Waguet, BP 30313, 60026 Beauvais Cedex, France
[2] 49 Via Boner, 98121 Messina – Italie
[3] 7 Via Santa Teresa, 37135 Verona – Italie

Le littoral du détroit de Messine à fait l'objet d'extractions de pierres de moulin. Cette activité est signalée dès 1670 par le naturaliste Scilla à Messine puis par Spallanzani en 1786 et Melograni qui visite en Calabre l'atelier au Capo dell'Armi en 1823. L'activité cesse dans la deuxième moitié du XIX en lien probable avec l'exportation des pierres meulières à carreaux françaises. Les ateliers sont alors enfouis sous les sables de plage. Redécouverts après le raz de marée consécutif au séisme de 1908, ils seront de nouveau ensevelis puis désensevelis en 30 ans, à la faveur de l'érosion côtière récente qui a permis cette étude (Galin et Thollon, 2015).
Un chantier de 41 traces d'extractions de meules a été relevé. Elles sont alignées selon le trait de côte et souvent organisées par groupe de trois, avec en moyenne 150 à 200 cm de diamètre pour 35 cm d'épaisseur. La roche extraite est un " *beachrock* " de cimentation récente à en juger par son contenu archéologique d'époque romaine. Il a été daté du premier siècle BC en Calabre par des monnaies en bronze. Les exploitations se trouvent à Messine aujourd'hui sous 30 cm d'eau en moyenne alors qu'en Calabre elles sont toutes au-dessus du niveau de la mer.
Les " *beachrock*s " du Capo Peloro révèlent un double intérêt archéologique, par le contenu d'époque romaine et par les traces d'une activité carrière qui disparait de la mémoire collective à la faveur des ensablements du trait de côte. Il permet aussi de quantifier les mouvements verticaux enregistrés, à l'aplomb de la faille de Messine, sur la côte du sicilienne du Détroit depuis le milieu du XIXème siècle : soit un effondrement moyen d'environs 2mm par an.

Galin V. et Thollon M. (2015) – Etude des dépôts sédimentaires du Néogène au Quaternaire et de l'extraction des meules dans le *beachrock* du détroit de Messine. *Mem. Init. Rech.*, n°703, 2015, p.78, 37 fig.

Mots-Clés: meule, littoral, variation du niveau de la mer, mouvements verticaux, holocène

Le Messinien de Salice (Messine, Italie) : un contexte sédimentaire évaporitique à baryte

Pascal Barrier*[1], Alyssa Galtier[1], Mylène Receveur[1], Francis Kezirian, Ernesto Bellomo

[1] Institut LaSalle-Beauvais-équipe B2R – 19 rue Pierre Waguet - BP 30313 - F-60026 Beauvais Cedex, France

La région de Salice est connue en littérature pour son Plio-pléistocène de milieu bathyal et ses paléopescarpements de failles à croûtes biogènes spectaculaires (Roux et *al* . 1988). En dessous, sur le socle cristallophyllien, affleure une série miocène réduite terminée par des carbonates évaporitiques messiniens à baryte abondante (Kezirian, 1992). C'est sur la mise en place de la baryte que porte l'étude (Galtier et Receveur, 2015). Les carbonates sont composés de deux séries dolomicritiques blanches séparées par quelques mètres d'argile. La première, peu épaisse, est brêchique et la seconde de trente mètres d'épaisseur est massive à fantômes de cristaux de sel. La baryte se trouve uniquement dans la deuxième masse sous la forme de couches centimétriques tortueuses qui rappellent les cristallisations de gypse antérolithiques, en aiguilles dans la masse dolomicritique ou en poches géodiques. Ces dernières sont totalement remplies de micrite à foraminifères planctoniques du Pliocènes inférieur. Carbonates messiniens et barytes sont également recoupés par des filons sédimentaires tapissés de calcite et également remplis de micrite pliocènes remaniant des cristaux de baryte. Les minéralisations de baryte sont donc clairement anté-pliocène. Elles semblent se développer initialement dans la masse des dolomicrites en nodules ou en bande contournées. Cette disposition évoque une cristallisation syndépôt de la baryte, mais il pourrait bien également s'agir d'une pseudomorphose précoce, de gypse en baryte, contemporaine de la fin du Messinien. Compte tenu du contexte, tant géométrique que stratigraphique, une origine hydrothermale de la baryte semble devoir être écartée même si des filons à barytine-sidérite sont par ailleurs signalés dans le socle métamorphique (Sacca, 1983).

Galtier A., Receveur M., 2015. Relations tectonosédimentaites néogènes à quaternaires de la région de Salice (Messine, Sicile). Mem., Init., Rech., n°704, 105p., 35 fig.

Kezirian, F., 1992. Evolution tectono-sédimentaire post nappes des Monts Péloritains (Sicile, NE). Mémoire de géologue (cycle supérieur) : IGAL. 260p.

Roux M., Barrier P., Di Geronimo I. et Montenat C. 1988. Découverte de Crinoïdes pédonculés bathyaux d'origine atlantique dans le Pliocène supérieur et le Pléistocène moyen méditerranéen conséquences biogéographiques. C.R. Acad. Se. Paris, 307, 111 : 259-264.

Sacca C. 1983. Mineralizzazione a barite-siderite e metalli nobili nelle metamorfiti della falda d'Aspromonte a nord di Messina. Atti Academia Paloritana dei pericolanti, vol. LXI, p. 383-402.

Mots-Clés: Sicile, mineralisation, barite, messinien, tectonique, Plio-Pléistocène

Caractérisation sédimentaire de la formation roche mère car-bonatée du Kimméridgien supérieur du Quercy

Laura Bastianini*[1,2], Bruno Caline[2], Guilhem Hoareau[1], Cédric Bonnel[1], Mathieu Martinez[3], Carine Lezin[4], François Baudin[5], Alexander Brasier, Laurent Guy[2]

[1] Lab. des Fluides Complexes et leurs Réservoirs (LFC-R) – Univ. Pau Pays de l'Adour - UPPA – BP 1155 - 64013 Pau, France
[2] TOTAL - Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau 64018 Pau Cedex, France
[3] Universität Bremen (MARUM - Center for Marine Environmental Sciences) – Allemagne
[4] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – UMR5563, Univ. Paul Sabatier, Toulouse III, CNRS, IRD, OMP – 14 Av. E. Belin, F-31400 Toulouse, France.
[5] Institut des sciences de la Terre de Paris (UMR 7193) – Univ. Pierre et Marie Curie Paris 6 – France

Le Bassin d'Aquitaine, première province pétrolière française, est comblé par des dépôts couvrant le Trias à l'Actuel. La majorité des hydrocarbures actuellement exploitée a été produite par des roches mères marno-calcaires marines du Kimméridgien supérieur correspondant localement aux Formations de Lons (Béarn) et de Parnac (Quercy).
Afin de caractériser l'environnement de dépôt de ces formations roches mères, une étude intégrant des analyses sédimentologiques, minéralogiques et géochimiques a été réalisée sur des affleurements dans le Quercy (coupe de Crayssac).
L'analyse par pyrolyse Rock-Eval met en évidence la présence de faciès carbonatés riches en kérogènes de type I immatures (jusqu'à 15% de carbone organique total). Les données de DRX montrent que les échantillons prélevés sont essentiellement constitués de calcite, tandis que la calcimétrie indique des taux de CaCO3 variant de 70 à 99%.
L'étude des microfaciès par examen de lames minces au microscope optique et des échantillons au MEB atteste d'une assez grande homogénéité des sédiments. La faune indique que l'environnement de dépôt de cette formation roche mère est marin ouvert de type rampe homoclinale.
Cette démarche a permis de préciser les relations qui existent entre les paramètres sédimentaires (stratigraphie, faciès de dépôt, diagénèse) et la présence de matière organique dans les roches étudiées. En outre, ce travail peut être utilisé pour comparer les séries roches mères du Bassin d'Aquitaine avec celles du même âge au Moyen-Orient (Formation Diyab).

Mots-Clés: Bassin d'Aquitaine, roche mère, Kimméridgien supérieur, Formation de Parnac, carbonates, matière organique

Eléments de caractérisation des flux de recharge à différentes échelles de temps et d'observations en milieu karstique

Christelle Batiot-Guilhe*[1], Véronique De Montety[1], Xavier Durepaire[1], Hervé Jourde[1], Véronique Léonardi[1], Arnold Molina[1], Jean-Luc Seidel[1], Séverin Pistre[1], Jean-Pierre Briquet[1], Pascal Brunet[1], Frédéric Hernandez[1], Pierre Marchand[1], Rémi Muller[1]

[1] Hydrosciences Montpellier (HSM) – IRD, CNRS : UMR5569, Univ. Montpellier II - Place Eugène Bataillon 34095 Montpellier Cedex 5, France
@ : christelle.guilhe-batiot@univ-montp2.fr

Les systèmes karstiques se caractérisent par des processus de recharge et de transferts complexes, très variables dans le temps et dans l'espace, résultant notamment de la combinaison de différents types d'hétérogénéités du milieu. Dans ce type de contexte, les transferts d'eau au sein de la zone critique peuvent être étudiés en considérant les relations entre les différents éléments et compartiments constitutifs du karst:
- épikarst, zone non saturée, zone saturée ;
- matrice, fractures, conduits et chemins d'écoulements préférentiels, associées aux structures géologiques (successions lithostratigraphiques et zones de failles notamment).
Les réponses hydrodynamiques et hydrogéochimiques observées aux exutoires des hydrosystèmes karstiques traduisent la complexité des échanges qui, pour être correctement caractérisée, nécessite des réseaux d'observations à différentes échelles. Le système karstique du Lez, rattaché à l'observatoire Multi Echelle de la DYnamique des Crues et de hYdrodynamique Souterraine en milieu karStiqUE (Observatoire MEDYCYSS), fait l'objet d'un monitoring hydrodynamique et hydrogéochimique depuis 2006 en différents points (forages, réseau karstique, sources temporaires et pérennes) afin de mieux apprécier le taux de renouvellement de la ressource en eau, mais également le rôle des différents éléments et compartiments du karst dans les crues de surface. Sur ce site, un forage de 335 m (Equipex CRITEX), localisé à 500m en amont de l'exutoire principal (Source du Lez) et à proximité d'une rivière intermittente, a été équipé du système "Multi-level monitoring PMPS" (SolExperts ®) de façon à suivre en continu la pression/température dans le karst, au niveau de 5 intervalles isolés par des obturateurs et équipés pour le prélèvement d'eau souterraine.
Ce dispositif, couplé au suivi hydrodynamique et hydrochimique effectué à l'exutoire principal de ce karst méditerranéen, offre un nouvel éclairage sur les mécanismes de la recharge à l'échelle du cycle hydrologique et/ou de l'évènement, ainsi que sur les interactions entre les écoulements de surface et souterrain. Les premiers résultats montrent (1) le rôle complexe des différents compartiments géologiques constitutifs de la zone critique sur la recharge de l'aquifère, (2) la nécessité de combiner les informations obtenues à différentes échelles d'observation pour préciser l'hétérogénéité, et notamment les variations latérales et verticales, des mécanismes de recharge en milieu karstique.

Mots-Clés: karst, monitoring multi-échelle, processus de recharge, hydrodynamique, hydrogéochimie

L'essai pressiométrique Ménard dans la masse rocheuse. Retours d'expérience du pressiomètre à très haute pression (> 25 MPa) de type Hyperpac

Jean-Pierre Baud*[1], Gérard Arsonnet,, Michel Bustamante,, Pierre de Sloovere,, Robert Hentz

[1] Eurogéo – 15 rue des Piffrets BP19 Avrainville 91291 Arpajon Cedex, France
@ : baud@eurogeo.fr

Le pressiomètre de type Hyperpac opérationnel depuis 2010 (Arsonnet et al. 2011) permet d'appliquer de très hautes pressions (> 25 MPa) en forage et de réaliser une mesure volumétrique automatisée de haute précision des faibles déformations en expansion cylindrique sous contrainte régulée, L'appareil démontre l'utilité de l'application de la méthode pressiométrique Ménard à la classification des roches dans tous leurs états de confinement et d'altération.
Les expériences de mise en pression élevée de la masse rocheuse sont beaucoup plus anciennes et diverses (Goodman jack, dilatomètre Mazier, sonde Rocktest, sonde Cam Insitu), mais restent d'utilisation limitée et basées sur le principe d'une mesure de déformation ponctuelle.
Les auteurs démontrent, sur des exemples récents, que la mesure d'un module dans la masse rocheuse jusqu'au fluage est possible, fiable, de mise en oeuvre relativement simple et économique, à la condition, comme pour la pressiométrie à basse pression pour les sols, de maîtriser les méthodes de forage et de mise en contact de la sonde dans des conditions initiales minimisant la décompression.
S'agissant d'une expansion cylindrique, il s'agit forcément d'un module de cisaillement. Reste à déterminer ce qui entre en cisaillement : les joints rocheux, leur remplissage, la matrice rocheuse elle-même in fine ; la mesure de la fermeture des joints en cours d'essai est sans doute susceptible d'une autre interprétation mécanique.
L'usage plus systématique des essais en forage dans la roche, avec le même intérêt statistique qu'apporte la pratique des essais en nombre suffisant dans les sols, est un chemin pour acquérir sur le comportement des massifs rocheux une connaissance beaucoup plus riche, alors que les essais ponctuels sur échantillons, traités au laboratoire, aussi sophistiqués soient-ils, ne permettent pas d'attendre les propriétés physiques et mécaniques des roches en place.

Mots-Clés: pressiomètre Ménard, essais au rocher, essais cycliques, mesure des faibles déformations, classification géomécanique des roches, comportement des massifs rocheux

Évaluation des flux de matière organique du fleuve Congo, du bassin versant aux lobes terminaux du système turbiditique

François Baudin*[1], Christophe Rabouille, Bernard Dénnièlou

[1] Institut des sciences de la Terre de Paris (UMR 7193) – Univ. Pierre et Marie Curie Paris 6 – France
@ : francois.baudin@upmc.fr

Le Congo est, après l'Amazone, le deuxième fleuve au monde par la superficie de son bassin versant (3,7 106 km^2) et par son débit (~ 43.000 m3/s). Du fait d'une topographie assez plane du bassin versant et de la présence de lacs le long de son cours qui piègent une partie de la charge solide, le rapport Carbone Organique Particulaire/Matières En Suspension (COP/MES) est nettement plus fort dans le Congo (1/20) que dans l'Amazone (1/50). Ainsi on estime que le Congo apporte chaque année 2,27 106 t de COP à l'Atlantique Sud, soit près du quart du flux entrant dans cet océan. Une bonne partie de ce COP est rapidement transférée à grande profondeur par l'intermédiaire d'un vaste système turbiditique, actif même en période de haut niveau marin puisque la tête du canyon remonte jusque dans l'estuaire du Congo. Ce système turbiditique s'étend en pied de pente continentale entre 2000 et 5200 m de profondeur et couvre une superficie d'environ 320.000 km^2. Des sédiments argilo-silteux riches en COP se déposent sur les levées lors du débordement des coulées turbiditiques hors du chenal mais aussi au niveau des lobes terminaux où viennent mourir les écoulements. Des carottes prélevées depuis près de 20 ans sur cette zone (campagnes Guiness, ZaïAngo, Biozaïre, Zaïrov, Reprezaï, WACS et Congolobe) permettent d'étudier le contenu organique des sédiments dans les différentes parties du système turbiditique actif. Le contenu en Corg va de ~1,5% dans les boues hémipélagiques à plus de 5% dans les sédiments des lobes, et ~3% dans les levées. Entre 70 et 80% de la matière organique dans les lobes et les levées proviennent directement des débris végétaux et de la matière organique issue de l'érosion des sols du bassin versant. Le reste est une fraction organique marine très dégradée dont les flux ont pu être estimés grâce à des pièges à sédiments (~1 g Corg/m^2/an). Les taux de sédimentation varient entre quelques mm/ka dans les environnements pélagiques jusqu'à des valeurs exceptionnelles de 0,5 et 10 cm/an dans la zone des lobes. Sur la base de toutes ces données, il est possible de suivre la dispersion et l'accumulation de la matière organique sur la marge ouest-africaine au large du fleuve Congo. Cette étude met en lumière l'importance des parties distales du système turbiditique dans le cycle du C puisque près de 30% du COP délivré par le fleuve s'y trouveraient finalement stockés.

Ruptures de barrières et formation de washovers en réponse au cluster de tempêtes de 2013-2014

Juliette Baumann*[1], Eric Chaumillon[1], Jean-Luc Schneider[2], Xavier Bertin[1], Benoît Guillot[2]

[1] Littoral Environnement et Societes (LIENSs) – Univ. La Rochelle, CNRS : UMR7266 – 2 rue Olympe de Gouges 17000 La Rochelle, France
[2] Environnements et Paléoenvironnements OCéaniques (EPOC) – INSU, CNRS : UMR5805, Univ. Bordeaux I – Allée Geoffroy Saint-Hilaire 33615 PESSAC, France
@ : juliette.baumann@univ-lr.fr

Les tempêtes et les vagues exceptionnelles sont des évènements rares et de courte durée, qui ont des impacts morphologiques très importants et durables sur les littoraux. De fait, les études d'impact des tempêtes récentes sont précieuses pour mieux comprendre les processus mis en jeu et les conséquences sur les littoraux. Ici, nous montrons les impacts du cluster de tempêtes de 2013-2014 sur une barrière sableuse très vulnérable à l'érosion et à la submersion en Charente-Maritime.
Ce cluster de tempêtes ne s'est pas caractérisé, en France, par des vents exceptionnels, à l'instar de " Martin " en 1999, mais par des conditions de vagues extrêmes sur une longue durée. Lors de quatre tempêtes de ce cluster (Hercules, Ruth, Christine, Petra), les hauteurs de vagues ont été proches de la plus forte valeur enregistrée à la bouée Gascogne, soit 12 m. Les périodes des vagues ont également atteint des valeurs records, avec des périodes de pic de plus de 20 s lors de la tempête " Hercules " (Bulteau et al., 2014). Au niveau des littoraux exposés au déferlement de ces vagues exceptionnelles, des ondes infragravitaires de grande amplitude se sont développées.
Les littoraux du sud de l'île d'Oléron, qui montrent des reculs exceptionnels (localement plus de 20 par an), ont été particulièrement impactés par ces tempêtes successives.
Les études, menées sur des brèches et les washovers associés, mis en place au sud de l'île, comprennent des levés topographiques, des interprétations de photographie aériennes, des levés GPR, des tranchées, des analyses sédimentaires sur carottages, des carottes courtes réalisées immédiatement après un overwash et des modélisations du runup sur l'ensemble de l'hiver 2013-2014.
Le volume des dépôts des washovers est proche de celui des brèches, ce qui illustre le mécanisme de rollover de la barrière lors des overwashs. Les washovers ont une morphologie allongée, contrainte latéralement par des beach ridges perpendiculaires à la côte. Trois unités stratigraphiques y sont observées et se corrèlent avec les trois overwashs majeurs qui se sont produits lors des tempêtes " Hercules ", " Lili " et " Christine ". " Lili " ne fait pas partie des tempêtes les plus exceptionnelles de l'hiver 2013-2014, mais, comme " Hercules " et " Christine ", elle a frappé les côtes charentaises lors d'une marée haute de vives-eaux, ce qui explique les hauts niveaux d'eau et les overwashs. L'unité sommitale associée à " Christine " est la plus réduite, alors que nos calculs préliminaires suggèrent un runup similaire à celui des deux autres tempêtes. Cette différence d'enregistrement sédimentaire pourrait donc traduire moins une différence d'intensité des tempêtes qu'une diminution de l'espace disponible, en raison des comblements sédimentaires induits par les deux tempêtes précédentes. Les unités sont constituées par des lamines centimétriques granoclassées, soulignées par des lits de minéraux lourds. Des observations pendant les overwashs montrent que les lamines correspondent chacune à l'overwash associé à une onde infragravitaire.

Mots-Clés: washover, hiver 2013-2014, rupture de barrière, submersion

Les habitats benthiques de la Rade de Cherbourg : une enclave de sédiments meubles dans une zone à très fort hydrodynamisme

Noémie Baux*[1], Jean-Claude Dauvin[1], Alexandrine Baffreau[1], Jean-Philippe Pezy[1], Emmanuel Poizot[2], Yann Mear[2], Quentin Bachelet[1], Benjamin Guyonnet[3]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[2] Institut des Sciences et Techniques de la Mer (INTECHMER) – Conservatoire National des Arts et Métiers [CNAM] – 50103 Cherbourg, France
[3] TBM environnement – 6 rue Ty Mad, 56400 Auray, France
@ : noemie.baux@unicaen.fr

La rade de Cherbourg est une zone particulière puisqu'elle présente une diversité de faciès sédimentaires (vase, sables fins, cailloutis, graviers et affleurements rocheux), avec la présence de zones envasées, phénomène anachronique dans cet environnement soumis à un fort hydrodynamisme (courant de marée atteignant jusqu'à 1m.s-1 au nord de la grande rade). La présence d'une ferme d'élevage de salmonidés ainsi que des ports de pêche et de plaisance, des lignes de ferries et les projets liés à l'accueil des Energies Marines Renouvelables en font une zone aux défis économiques et environnementaux importants pour la Normandie.Dans ce cadre, la rade de Cherbourg fait l'objet d'un programme de monitoring intégrant les différents compartiments environnementaux. Les résultats présentés concernent un état zéro de la qualité de l'environnement dans l'ensemble de la rade avant l'extension de terre-pleins (37 ha). La distribution des faciès sédimentaires présents dans la zone en liens avec les communautés benthiques sont présentés. Cette étude met en évidence la présence de cinq faciès sédimentaires fins et de Six communautés benthiques. La rade de Cherbourg apparait comme une enclave de substrats meubles, dans un environnement voisin de nature plus grossière, permettant l'installation d'une faune riche et diversifiée en comparaison à celles situées à l'extérieur de la rade. L'impact de la ferme d'élevage est minimisé par la présence du fort hydrodynamisme permettant la remise en suspension des particules sédimentaires, des fèces ainsi que de la nourriture non-consommée. La présence, en fortes abondances, de certaines espèces benthiques caractéristiques d'un enrichissement en matière organique est cependant mise en évidence sous les cages. D'autre part, en comparaison avec d'autres communautés présentes en Manche (côtes anglaises et françaises), les communautés benthiques des sables fins et des sables envasés de la Rade, sont plus proches de celles présentes en Manche Ouest en termes d'assemblages faunistiques et d'abondances.

Mots-Clés: Rade de Cherbourg, Manche, substrats meubles, cartographie des communautés benthiques, activités humaines, aquaculture

Caractérisation pétrographique et spatiale des altérations hydrothermales sur le secteur de la Basse-Terre (Guadeloupe) : vers une meilleure compréhension du système géothermique de Vieux-Habitants

Gildas Beauchamps*[1], Béatrice Ledésert[1], Danièle Bartier[2], Ronan Hebert[1]

[1] Lab. Géosciences et Environnement Cergy (GEC) – Univ. Cergy Pontoise : EA4506 – 5, mail Gay Lussac, Neuville-sur-Oise - 95031 Cergy-Pontoise Cedex, France
[2] GeoRessources – Univ. Lorraine, CNRS : UMR7359 – Campus Aiguillettes – rue Jacques Callot, BP 70239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex, France

La côte ouest de la Basse-Terre (Guadeloupe) est une région très favorable au développement de la géothermie haute énergie en raison de son contexte géodynamique. C'est ainsi que la centrale géothermique de Bouillante a été mise en production il y a déjà trente ans et apporte aujourd'hui 15 MWe (Bouchot et al., 2010).
Dans l'optique de développer la géothermie haute-énergie en Guadeloupe et de créer une plateforme pluridisciplinaire d'innovation et de démonstration pour l'exploration et le développement de la géothermie haute énergie dans des réservoirs fracturés, neuf universités et deux entreprises se sont rassemblées autour du projet GEOTREF, financé par l'ADEME dans le cadre du programme " Les Investissements d'Avenir ". Un Permis Exclusif de Recherche (PER) a été récemment attribué au projet GEOTREF dans le Sud de la Basse-Terre, dans la région de Vieux-Habitants et de Basse-Terre.
Dans le cadre de GEOTREF, notre étude (réalisée au laboratoire Géosciences et Environnement Cergy) se concentre sur la caractérisation pétrographique des altérations hydrothermales au sein du réservoir géothermique. Pour cela, une étude en surface des faciès altérés et des minéralisations secondaires est réalisée dans un premier temps. Cette étude se déroule sur plusieurs zones de la Basse-Terre : le complexe basal au Nord, daté à 2.7 – 2.8 Ma (Samper et al., 2007), considéré comme analogue profond au système géothermique actuel de Vieux-Habitants; la zone des Mamelles, ayant enregistré une circulation de fluides acides-sulfatés (Patrier et al., 2013); et la zone du PER où des minéralisations et des altérations hydrothermales sont identifiables en surface. Le but de cette étude est de comprendre les différents processus hydrothermaux qui ont lieu dans différents types de roches encaissantes volcaniques (coulées de débris, coulées andésitiques, coulées pyroclastiques) en se basant à la fois sur du travail de terrain et en laboratoire (études de lames minces et analyses par diffraction des rayons X).
Les premiers résultats ont permis de définir une typologie basée sur trois types d'occurrences d'altération. La première est définie par un remplissage de matériel argileux dans les fractures et les discontinuités ; la seconde se caractérise par une altération de la roche originelle sous forme de veines ; et la dernière se présente sous forme d'altération pervasive au sein de la roche encaissante. Ces différents types d'occurrence semblent se distinguer aussi par la nature de leur fraction argileuse. D'autres analyses sont en cours afin de développer cette classification. La seconde partie de notre étude se concentrera sur la caractérisation pétrographique des échantillons prélevés dans le forage d'exploration au moyen de carottes et de cuttings. La caractérisation de la distribution des altérations hydrothermales en surface et en profondeur grâce aux données de puits permettra la caractérisation tridimensionnelle du réservoir géothermal.

Mots-Clés: altération hydrothermale, pétrographie, argiles, Guadeloupe

The French Stephano-Permian basins as witnesses of the Variscan-Mesozoic transition - compilation map and open scientific questions

Laurent Beccaletto*[1]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – France

Late orogenic Stephano-Permian Basins (SPB) are widespread in present-day western Europe; they are known at outcrop in the internal and external zones of the Variscan belt (e.g. around the French Massif Central, or the Sarre-Nahe basin in Germany) as well as in its northern foreland (e.g. Great Britain and North Sea-Poland basins). Their subsurface prolongation beneath the Mesozoic and Cenozoic sedimentary cover is mostly attested by well data and seismic industrial surveys (oil and gas exploration-production). Indeed, apart from scientific research, SPB were extensively studied for their resources, such as oil, gas, coal, uranium or other.
SPB were extensively studied by the French geologists during the 80' and 90', and were mostly considered as intramontane post-orogenic basins, developed in relation with the extension and stretching of the continental crust/lithosphere at the end of the Variscan orogeny. SPB outcrop in several limited locations in and around the present-day French Variscan basement (Massif Central,, Alps, Vosges...). Their subsurface occurrences are little known under the post-depositional sedimentary cover, with only scarce studies based on few available subsurface data (well, seismic, gravimetric and aeromagnetic data).
We first propose a compilation geological map of the SPB in France, resulting from the merge of previously existing outcrop and subsurface maps and newly interpreted subsurface data. We then point out crucial geoscientific questions regarding their extension (initial and present-day), thickness, sedimentary filling, internal geometry and opening mechanism (local structural control vs regional subsidence), which have hardly been addressed and therefore still remain open.
Answering these questions may help to solve geoscientific problem from both the Variscan and Mesozoic point of view; for example estimating volumes of the SPB from their extension and thickness might represent a proxy of the amount of sediment eroded at the end of the Variscan orogeny; in the same way, a better knowledge of their opening mechanism may give a new starting point to discuss the initiation of the subsidence of the Paris basin.

Mots-Clés: Stephano-Permian basins, Variscan-Mesozoic transition

Caractérisation et traitement de sédiments de l'assainissement pluvial urbain

Béatrice Béchet*[1], Véronique Ruban

[1] Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR - IRSTV) – Route de Bouaye CS4 44344 Bouguenais, France
@ : :beatrice.bechet@ifsttar.fr

Les bassins de rétention-infiltration des eaux de ruissellement urbaines sont dimensionnés pour lutter contre les inondations liées à l'imperméabilisation des surfaces urbaines et pour contribuer à l'épuration des eaux par décantation des matières en suspension et des polluants associés. Cependant, la remobilisation potentielle des polluants pourrait induire un risque pour la qualité des milieux récepteurs : eaux souterraines, cours d'eau, sol. Dans ce contexte, la gestion des sédiments accumulés en fond de bassin est un enjeu pour les gestionnaires des ouvrages et nécessite une caractérisation poussée des matériaux. Des données acquises sur les sédiments depuis une vingtaine d'années dans le cadre de deux observatoires français en hydrologie urbaines ont été recueillies et analysées. Elles concernent les paramètres physico-chimiques, les concentrations en polluants métalliques et organiques et la mobilité des polluants piégés sur les phases solides. Cette étude a aussi pour but de mettre en avant les progrès réalisés sur la compréhension des propriétés des matériaux par une approche multidisciplinaire basée sur le couplage de techniques expérimentales multi-échelles. Un fractionnement densimétrique couplé à une caractérisation au MEB-EDX a ainsi permis de mettre en évidence la nature des particules anthropiques. Le deuxième volet de la présentation concernera un procédé de traitement des sédiments développé en tenant compte des propriétés d'agrégation entre matière minérale et matière organique dans les sédiments. Ce procédé, basé entre autre sur la méthode de l'attrition, a conduit à la production d'un matériau sableux réutilisable en génie civil (jusqu'à 70% du matériau initial peut ainsi être réutilisé) et d'un résidu fin très contaminé destiné à un stockage en décharge classée.

Mots-Clés: sédiments, assainissement urbain, caractérisation, pollution, traitement

Magnesium biogeochemical cycle in the Liwu river, Taiwan: coupling hydrological and isotopic approaches

Imene Bedja*[1], Albert Galy[1]

[1] Centre de recherches petrographiques et géochimiques (CRPG) – CNRS : UPR2300, INSU – 15 Rue Notre Dame des Pauvres - BP 20 54501 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex, France
@ : ibedja@crpg.cnrs-nancy.fr

This study aims to bring out the biogeochemical cycle of Magnesium (Mg) and consequently the process of interaction between rock, water and plants, in the Liwu catchment, Taiwan. Hydrograph separation based on major dissolved elements demonstrated that the Liwu river chemistry is driven by the mixing of three water masses, characterized by, constant and distinct chemistry composition but different residence time: Rapid Surface Runoff (RSR), Slow Surface Runoff (SSR) and Deep Ground Water (DG). The δ26Mg of sampled water range between: -0.96 and -1.44 ‰ on the DSM3 scale accurately measured, with a precision of 0.09‰ at 95% confidence level, using the standard sample bracketing technique by MC-ICP-MS. The results show that he isotopic composition of dissolved Mg is poorly correlated with the relative proportion of Mg brought by each reservoirs ruling out a pure hydrological control on the riverine δ26Mg. Processes fractionating the isotopic composition of Mg are likely to occur. In order to assess those processes, we estimated the isotopic composition of the three reservoirs applying the hydrological mixing to Mg and using Monte Carlo simulation. The δ26Mg of RSR and DG (δ26MgRSR=0.24$\pm$0.12‰ and δ26MgDG=-1.11$\pm$0.16‰) are very close to the isotopic composition of hydrological reservoirs already characterized in the literature. Slow Surface Runoff, however, has an isotopic composition depleted in 26Mg (δ26MgSSR=-3.33$\pm$0.5‰), witch has never been measured before for an aquifer. Such value is within the range of the δ26Mg of carbonate lithology, especially, limestone. However, the contribution of carbonates and silicates rocks to the dissolved Mg for the SSR is estimated to be 79 and 21% respectively, based on Ca, Si, Na and Mg dissolved concentrations. Moreover, the main carbonate lithology in the Liwu catchment corresponds to calcitic marbles, and metamorphic reactions are raising the δ26Mg of carbonate. Taken together, the δ26MgSSR cannot be explained by a pure lithological control. A dense tropical forest covers the Liwu catchment and might affect the chemistry of the three reservoirs. Plants absorbing essential nutrient from aquifers are more likely to tap into the SSR that the 2 other hydrological reservoirs. A biological pumping might introduces an isotopic fractionation and would tend to preferentially scavenge 26Mg, lowering the δ26Mg of the aquifer. However, precipitation of secondary clay minerals will have the same qualitative effect that the uptake by the biomass on the isotopic composition of the SSR aquifer. To figure out the main control on Mg isotope fractionation, we calculated, the offset (Δ26MgLithology -SSR) between the observed δ26MgSSR and the expected δ26MgSSR based on the relative contribution from the carbonate and silicate lithology. The (Δ26MgLithology-SSR) values are between -1.4‰ and -0.8‰ suggesting that precipitation of secondary clay plays a major role in isotopic signature of this aquifer.

Mots-Clés: biogeochemical cycle, magnesium, isotopic fractionation, hydrology

Comparison between active and passive sampling for monitoring polar pesticides in Tra Vinh rivers (Mekong Delta)

Philippe Behra*[1], Nhu-Trang Tran-Thi, Thien-Thao Nguyen, Minh-Huy Do, T. Thu-Thao Nguyen, Quoc-Hung Chau, L. Thanh-Thien Tran

[1] Lab. de Chimie Agro-industrielle (LCA) – INRA, Institut National Polytechnique de Toulouse - INPT – 4 allée Emile MONSO B.P. 44362 31432 Toulouse Cedex 4, France
@ : nhutrang@hcmus.edu.vn

Tra Vinh is a coastal Vietnamese province in Mekong Delta with about 75 % of the land (175 550 ha of agricultural land in total of 234 115 ha of natural land) for mainly paddy rices. The dams in Tra Vinh province have been built up to prevent the tidal saltwater intrusion with 2 important systems: Lang The and Tam Phuong. They are closed for about 6 months in winter and spring when the tide external salinity is usually ≥ 1 ‰. During this period all activities of living and agricultural production are carried out with uncirculated river water. Our aim is to assess the environmental fate of polar pesticides as triazines, phenylureas, carbamates and phenoxyacetic acids (*e.g.* 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, or 2,4-D) in Tra Vinh rivers. Beside the grab active sampling the passive sampling with POCIS was applied to detect analytes at trace concentrations and reduce the risk of missing contamination peaks by the accumulation and pre-concentration of analytes inside the receiving phase.
We focused on the development of analytical methods consisting of purification and preconcentration procedure with solid phase extraction using Oasis HLB that is also the solid sorbent placed in POCIS. The analytical method was performed on Waters UPLC/TQD with UPLC ACQUITY® BEH C18 column. We got a high sensibility and robustness method for determing these analytes at trace levels (LOD $<$ 3 ng/L). We performed the investigation on POCIS in laboratory by using appropriate models to determine the uptake rate (RS) for each analyte. The time-weighted average (TWA) water concentrations (CW) are calculated by the equation: CW = CPOCIS $\times$ MPOCIS/(RS $\times$ t), with CW (μg/L) and CPOCIS (μg/g) the analyte concentration in water and sorbent, respectively, MPOCIS the mass of the sorbent (0.2 g), and t time (d). In June and July 2015 samples were taken after the rice fields were sowed for 1 and 10 weeks. We found the presence of some herbicides as carbofuran, diuron, and especially atrazine and 2,4-D at different levels at 4 positions of Tra Vinh rivers: P1 at outside (0.5 km) and P2 at inside (1 km) from Lang The dam, P3 at inside (1 km) from Tam Phuong dam, and P4 at a canal near the rice fields. For grab sampling the concentrations varied from 5 to 800 ng/L. For passive sampling with 1 week exposure of POCIS at rivers, CW varied from 0.08 to 53.1 μg/L.
We will further focus on the atrazine and 2,4-D sorption behavior on sediments and colloids, and on their transport in surface and ground water.

Mots-Clés: passive sensor, POCIS, polar pesticides, Delta Mekong, surface water, trace level, atrazine

Combining Ag nanoparticles and Au electrode for detecting low level nitrate in seawater

Philippe Behra*[1], Emilie Lebon Tailhades[2], Pierre Fau,Myrtil Kahn,Maurice Comtat,Pierre Temple Boyer,Brigitte Dubreuil,Katia Fajerwerg

[1] Lab. de Chimie Agro-industrielle (LCA) – INRA, Institut National Polytechnique de Toulouse - INPT – 4 allée Emile Monso B.P. 44362 31432 Toulouse Cedex 4, France
[2] Foundation RTRA "Sciences et Technologies pour l'Aéronautique et l'Espace", Toulouse, France

Since 40 years, many studies have been dealing on the nitrogen cycling in the environment due to its use as fertilizer in agriculture. Indeed, they are a well-known contaminant of ground and stream water. Nitrate is an important environmental and human health analyte1,2. At high concentrations in aquatic systems, nitrate as phosphate plays an important role by changing the biological equilibrium mainly by contributing to an excessive growth of phytoplankton leading to eutrophication in coastal areas for nitrates. The concentration range of nitrate in inland waters is between 10 and 1600 μM. The European water drinking guideline is fixed to 50 mg/L (800 μM).
In seawater, the N cycling is one the most complex cycle of the nutrients. Nitrogen limits the primary biologic production and influences the other biogeochemical cycles (C, P...). Its cycle plays an important role in the oxygen minimum zones of the oceans, at rather low concentration (nM range). In the specific area of oceanography, there is a growing demand for the oceans observations and to better understand biogeochemical cycles and mixing of water masses, the development of simple, low-power, sensitive, selective and stable analytical *in-situ* sensors appears as a necessity.
The aim of this study is to develop an electrochemical sensor in order to measure nitrates at very low concentration (nM) in seawater (pH *ca* 6). We present here an original way for the functionalization of a Au electrode (EAu) using an organometallic Ag precursor. Well dispersed AgNPs are obtained with small size and narrow distribution. The advantage of this resulting nanostructured surface combines the advantages of the electrochemical properties of the Au electrode and the presence of Ag nanoparticles, AgNPs3. This has been obtained in our previous work obtained with electrodeposited Ag nanoparticles (AgNPs) in aqueous medium using a silver salt (AgNO3).
The results obtained for different synthetic nitrate solutions using AgNPs modified-gold electrode will be discussed.

1. Moorcroft MJ, Davis J. *Detection and determination of nitrate and nitrite: a review*. Compton RG. Talanta 54 (2001) 785.

2. Sohail M, Adeloju SB. *Nitrate biosensors and biological methods for nitrate determination*. Talanta 153 (2016) 83.
3. Fajerwerg K, Ynam V, Chaudret B, Garçon V, Thouron D, Comtat M. *An original nitrate sensor based on silver nanoparticles electrodeposited on a gold electrode*. Electrochem. Commun. 12 (2010) 1439.

Mots-Clés: Ag nanoparticles, AgNPs, Au electrode, trace level, nitrate, seawater

Glissement de terrain de TELEMLY (Alger, Algérie)

Amina Belalia*[1], A.K.Yelles-Chaouche[1], Nassim Hallal[1], Fazia Debabha[1]

[1] Algérie

Les risques naturels menacent avec plus ou moins d'intensité les activités humaines En Algérie, de tels phénomènes sont fréquents. L'Algérois est une région soumise à des aléas naturels très destructeurs tels que les inondations, les glissements de terrain et les séismes.
Les glissements de terrain sont l'une des catastrophes naturelles les plus courantes dans le monde, et leurs conséquences, en particulier dans les zones urbaines, peuvent inclure des menaces importantes pour la vie et les biens économiques.
Le glissement du Télemly est situé entre le plateau d'El Biar (225 m) et le boulevard Krim Belkacem (100 m). Il occupe une superficie de 10 à 12 ha suivant une déclivité moyenne de 25 à 30%, une longueur de 550m et une largeur maximale de 280 m. Ce glissement de terrain actif, localisé dans le tissu urbain d'Alger, constitue depuis longtemps, une véritable contrainte vis à vis des aménagements existants (routes, habitations), régulièrement endommagés, que de nombreuses tentatives de stabilisation n'ont pu tout à fait maîtriser. Les terrains mobilisés par ce glissement sont la marne plaisancienne, sous forme de fluage et l'écroulement de pans de la falaise molassique qui la surmonte sur une trentaine de mètres d'épaisseur en amont du glissement (balcon St Raphaël).
Un objectif principal visé par cette étude est de comprendre les facteurs causant ces instabilités et l'étude cartographique sur la base des données géologiques et géotechniques, suivie d'une méthodologie pour éviter de telles catastrophes.

Evolution thermique de la zone axiale occidentale des Pyrénées : nouvelles contraintes thermochronologiques

Nicolas Bellahsen*[1], Raphael Pik[2], Arnaud Vacherat[3], Yoann Denèle[3], Maxime Waldner[1], Frédéric Mouthereau[3], Abdeltif Lahfid[4], Matthias Bernet[5]

[1] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – France
[2] CRPG – Univ. Lorraine – Nancy, France
[3] Géosciences Environnement Toulouse (GET) - Obs. Midi-Pyrénées UMR 5563 – Univ. Paul Sabatier-Toulouse III - UPS – Toulouse, France
[4] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3, avenue Claude Guilemin 45060, Orléans, France
[5] UJF – Univ. Joseph Fourier - Grenoble I – Grenoble, France

Si la séquence d'exhumation est relativement bien défini le long du profil ECORS, elle est moins contrainte dans l'ouest de la zone axiale, bien qu'un diachronisme E-W soit fort probable. Une bonne connaissance de la séquence d'exhumation est néanmoins primordiale pour contraindre la cinématique du prisme et comprendre sa rhéologie.
Nous apportons ici une synthèse des données thermochronologiques de la littérature ainsi que de nouvelles données, notamment U-Th-Sm/He sur Zircons (ZHe), traces de fission sur Zircons (ZFT), et RSCM (Raman Spectroscopy of Carbonaceous Material, contraignant la température maximale, Tmax). Ces données permettent de mieux contraindre la séquence d'exhumation et l'activation des chevauchements majeurs (dont le chevauchement de Gavarnie). Nous documentons ainsi un important épisode d'exhumation relativement tardif (et synorogénique) Oligo-miocene de toute la zone axiale principalement dû à l'activité du chevauchement de Guarga.
Les températures maximales de l'unité de Gavarnie sont de l'ordre de 300°C (RSCM) et sont probablement partiellement dues à un héritage thermique. Celles de l'unité de Bielsa/Guarga sont estimées à 250°C. Cette différence de température maximale est aussi clairement montrée par les données de thermochronologie basse température. En effet, les résultats d'U-Th-Sm/He sur Zircons montrent une claire dépendance de l'âge à la quantité d'Uranium équivalent ; l'amplitude de cette dépendance étant justement corrélée à la température maximale. Il reste que la température maximale prédite par les données thermochronologiques est inférieure en valeur absolue à celle donnée par la méthode RSCM (différence d'au moins 50°C).
Ainsi, nos nouvelles données permettent à la fois de contraindre l'exhumation de la zone axiale pyrénéenne occidentale et de tester les modèles de simulation d'âge thermochronologiques et d'optimiser leur calibration.

Nouveau modèle tectono-magmatique de l'évolution cénozoïque du rift d'Afar central

Nicolas Bellahsen*[1], Martin Stab[1,2], Raphael Pik[2], Sylvie Leroy[1]

[1] Institut des Sciences de la Terre de Paris – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – France
[2] CRPG – Univ. Lorraine – France

Les marges continentales volcaniques représentent plus des trois quarts des marges continentales. Elles sont caractérisées par de gros volumes de magmas sous plaqués, intrudés et extrudés, sous la forme d'épais prismes de laves (SDR, Seaward Dipping Reflectors), pendant le rift et pendant la formation de la transition continent-océan. Les mécanismes et le calendrier de formation de ces objets sont encore débattus. Nous avons focalisé notre étude sur le rift cénozoïque de l'Afar central qui peut représenter un analogue actif des marges continentales magmatiques.
Nous avons documenté les relations entre l'amincissement lithosphérique et la production magmatique. Une étude structurale de terrain couplée à des datations géochronologiques des roches volcaniques nous permet de revisiter le calendrier et le style des déformations depuis la période précoce Oligocene post-trapps jusqu'à l'installation segments magmatiques actifs.
La divergence est d'abord accommodée par une déformation distribuée sur une large zone vers 25 Ma après l'emplacement des coulées basaltiques (trapps) vers 30 Ma. Après une phase de quiescence tectonique (en Afar central), la déformation se localise dans la croûte inférieure vers 5-8 Ma, ce qui contrôle la mise en place de magmas sous-plaqués (ou intrudés). A mi-croûte, l'extension est accommodée par des détachements sur lesquelles se branchent un réseau de failles normales raides faiblement espacées.
Cette phase de necking important est suivie d'une phase de magmatisme majeure, la mise en place de la stratoïde, à partir de 4 Ma. Ces coulées basaltiques se mettent donc en place après un épisode d'amincissement majeure. Si cette unité stratoïde est un analogue aux SDR, alors ceux-ci, ou certains d'entre eux, pourraient se mettre en place après un événement de rifting précoce.
Enfin, nous déterminons les régimes de fusion partielle en réponse à la déformation de la lithosphère par une étude pétrologique et géoghimique des laves pré- et syn-rift et montrons que le manteau lithosphérique a subi à la fois un refroidissement post-plume et l'amincissement miocène. Ceci est accompagné de la chenalisation précoce de la tête du plume dans la lithosphère ce qui a aidé la divergence à se localiser. La température potentielle anomalique du manteau a augmenté durant la phase finale de localisation ($<$ 1 Ma) ce qui suggère une activité importante du plume et non une seule décompression adiabatique passive.
Ces résultats améliorent ainsi notre compréhension à la fois de l'évolution géodynamique de l'Afar et des processus tectono-magmatiques des rifts magmatiques notamment en précisant les phases magmatiques et tectoniques et leurs interactions qui renseignent sur les couplages lithosphère-asthénosphère.

Les cherts du Nord-Ouest de la Tunisie: caractérisation minéralogique et géochimique

Nouha Ben Yahia*[1]

[1] Département de Géologie – Faculté des sciences de Tunis – Univ. Tunis El Manar – Campus Universitaire, 2092 El Manar, Tunis, Tunisie

Les roches siliceuses du Nord-Ouest de la Tunisie ont été étudiées pour évaluer leur aptitude à être utilisées à des fins industrielles. Le travail s'est assigné comme objectif de procéder à la caractérisation de la silice d'origine chimique et biochimique de la Tunisie septentrionale, d'âge miocène inférieur (Aquitanien-Burdigalien).
Au point de vue conditions d'affleurement, ces roches disposées en continuité stratigraphique avec les flyschs numidiens sous jacents, sont axées sur la dislocation majeure de Ghardimaou _ Cap-Serrat de direction NNE-SSW. Il s'agit d'un synclinal qui abrite d'importantes quantités de roches siliceuses qui font l'objet de cette étude.
L'épaisseur totale de la formation peut atteindre un centaine de mètres. Elle est formée de couches siliceuses séparées par des intercalations des bancs centimétriques d'argile et de marne.
Une approche minéralogique et géochimique a été faite sur les mêmes faciès siliceux qui affleurement largement à l'extrême Nord tunisien.
De point de vue minéralogique, les cherts Miocène de la Tunisie septentrionale ne présentent pas de grandes variations. Selon les rapports des phases minéralogiques, on a pu distinguer trois principales phases : la phase silicatée, la phase carbonatée et la phase argileuse. Ces roches présentent un cortège minéralogique constitué essentiellement par la présence des smectites marqué par une association étroite avec l'illite et parfois la kaolinite.
En effet, les diagrammes de RX sur la roche totale montrent qu'il s'agit de minéraux de forme cristalline, de quartz clastiques et de quartz microcristallin ou fibreux et ont enregistré des pics majeurs 3,34 Å et 4,26 Å.
En ce qui concerne la géochimie, on a dosé les éléments majeurs (SiO2, Al2O3, CaO, MgO, Fe2O3, K2O et Na2O) et des éléments traces (Sr, Cu, Cd, et Mn). Les associations géochimiques de la SiO2 et tous les éléments présentent des relations notables avec l'accroissement du degré diagénétique de la silicification. Les phénomènes diagénétiques et la silicification ont été conditionnés par les facteurs suivants le pH, l'environnement de dépôt de la silice et aussi par la remontée des courants d'upwelling.
En fait, les cherts de l'extrême Nord-Ouest de la Tunisie montrent l'abondance de la Silice (SiO2), qui varie entre 73% et 96%. La teneur en alumine est relativement forte et peut atteindre 10%. Les faibles teneurs enregistrés en CaO (%) attestent que le carbonate est considéré comme impuretés. Le teneur en Oxyde de Fer peut être considérée comme acceptable pour l'usage industriel.
Les sites étudiés montrent des réserves géologiques importantes. Par ailleurs, dans ces sites les niveaux de silicification sont concordants avec les niveaux sédimentaires et se présentent réguliers et continus à l'échelle métrique. Cette disposition stratiforme est considérée comme précoce, voire syn-sédimentaire.

Mots-Clés: roche siliceuse, Tunisie Septentrionale, cherts, minéralogie, géochimie

Carte géologique révisée de la baie de Seine (Mer de la Manche)

Massinissa Benabdellouahed*[1], Olivier Dugué[2], Bernadette Tessier[2], Isabelle Thinon[3], Fabien Paquet[3], Pol Guennoc[3]

[1] Domaines Océaniques (LDO) – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS : UMR6538 – 29280 Plouzané, France
[2] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ – UNICAEN – UNIROUEN – CNRS : UMR 6143 – 14000 Caen, France
[3] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 45060 Orléans, France

La baie de Seine forme une vaste dépression d'environ 5 000 km^2 qui fait partie intégrante de la mer de la Manche. Sa position singulière à la frontière du Massif armoricain et du bassin anglo-parisien explique la diversité des lithologies et des structures géologiques. Afin de réviser le découpage stratigraphique du substratum géologique de la baie de Seine et du remplissage quaternaire de la paléoSeine (Auffret *et al.,* 1982), quatre campagnes océanographiques ont été menées (université de Caen Normandie / BRGM, missions d'acquisition sismique 2007 et 2008 : BaiSeine07, SeineHR08 et SeineTHR08 et mission de prélèvement 2009 : Carobseine 09). La quantité des nouvelles données acquises et leur bonne qualité apportent de nouvelles précisions par rapport aux découpages stratigraphiques antérieures.
L'étude des profils sismiques permet d'établir un découpage sismostratigraphie détaillé du substratum géologique, basé sur des corrélations entre les discontinuités sédimentaires décrites à terre et les discordances observées sur les profils sismiques. Au large du Massif armoricain, le substratum est caractérisé par un socle acoustique (U0), correspondant aux schistes et grès précambriens et paléozoïques ou au granite hercynien de Barfleur. A l'Est de ce socle acoustique, une vingtaine d'unités sismiques (U1 à U20) sont distinguées dans les terrains sédimentaires mésozoïques et cénozoïques. L'un des apports les plus originaux de cette étude est les corps sédimentaires progradants décrits dans l'unité sismique U8 (Calcaire de Ranville, Bathonien) qui sont interprétés comme le résultat de la progradation des corps d'avant-plage et dans l'unité sismique U8 (faluns, Bartonien) qui sont affectés par une déformation synsédimentaire. Plusieurs discontinuées et discordances sismiques (intra-Jurassiques et Jurassique/Crétacé) remarquables sont distinguées, et comparées aux discontinuités majeures d'extension régionale, décrites à terre. Des surfaces d'érosion, d'origine fluviatile, ont été également cartographiées dans les terrains cénozoïques au Nord de la baie de Seine.
Cette révision des fonds géologiques de la baie de Seine permet de prolonger en mer, la structure monoclinale des terrains jurassiques avec un pendage vers le NE, et de différencier une structure synclinale dans les terrains crétacés et tertiaires. Les caractères structuraux des terrains géologiques de la baie de Seine sont identiques à ceux connus à terre, avec des directions principales d'orientation NE-SW et E-W. La série cénozoïque se caractérise par de nombreuses et longues lacunes sédimentaires, avec l'absence de tout le Paléocène, de l'Oligocène supérieur, du Miocène et du Pliocène inférieur. Ces lacunes sédimentaires sont expliquées par les déformations compressives intraplaques cénozoïques dans l'Europe du Nord-Ouest. Cette étude permet finalement de proposer une nouvelle carte géologique de la baie de Seine.

Mots-Clés: carte géologique, baie de Seine, Mer de la Manche, sismostratigraphie, discordance, monoclinale, synclinale, Mésozoïque, Cénozoïque, Quaternaire

Uplift along the Atlantic Atlas: Submarine Terraces of West Morocco margin

Massinissa Benabdellouahed*[1], Frauke Klingelhoefer[2], Marc-André Gutscher[1], Youssef Biari[2], Kevin Pedoja[3], Pascal Le Roy[1], Mohamed Sahabi[4], Marina Rabineau[1]

[1] LDO - IUEM - CNRS : UMR 6538 – Univ. Bretagne Occidentale (UBO) – France
[2] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – France
[3] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ – UNICAEN – UNIROUEN – CNRS : UMR 6143 – 14000 Caen, France
[4] Univ. Chouaïb Doukkali – Lab. Géosciences marines et Sciences des sols – El Jadida, Maroc

Located offshore the High Atlas, Morocco margin, submarine Terraces (Essaouira canyon) have been identified on bathymetric map at 3900 m. The morphology offshore Essaouira is characterized by the presence of submarine canyons, faults salt domes, terraces and deformation zone with a large radius of curvature. This deformation, which we propose to name the Atlantic Atlas tectonic arch, is interpreted as a result of reactivation of Mesozoic structures. Both seismic reflection and swath-bathymetric data, acquired during Mirror cruise in 2011, reveal a tectonic relationship between the submarine Terraces of Atlas Atlantic and epeirogenic uplift of the basement. Two zones are distinguished from their slope–gradient maps. The first zone corresponds to the continental slope with numerous canyons and channels and with an average angle of more than 4°. The second zone corresponds to the Seine basin, with an average depth of 4000 m, and an average angle of more than 1°. The 90 km wide continental slope margin is steep, with an average angle of 5°. The slope morphology is irregular and includes up to 600 m depth incision.
The presence of terrace sequence in the Essaouira canyon system depth and a tectonic arch called "Atlas Atlantic" characterized by the existence of "piano key faults" and the fact that these also affect the seafloor, indicate that the Atlantic Atlas is still active north of Agadir canyon. This canyon is controlled by a major NW-SE fault that extends from the southern boundary of the High Atlas.
These terraces have developed towards the Est. The oldest terrace is located in the highest part of the arch about 40 km from the slope break, and the youngest is located near the current channel in the lowermost part of the canyon system, at the base of the continental slope. The flat geometry of these terraces might be related to erosive turbidity flows derived from fluvial, shelf and upper slope sources and/or slope failure. The continental slope margin is steep, with an average angle of 5°, and a width of about 90 km. The slope decreases between canyons to values under 3°. The slope exhibits an irregular morphology that includes deep incisions with an incision depth that ranges up to 600 m.
The height of the arch tectonic "Atlas Atlantic" is about 832 m for all Plio-Quaternary deformation, and then the uplift rate is about 15 cm/kyr.). We suggest that overall bulge topography may have been influenced by the northward progression of hot material from the Canary plume material.
We therefore propose that "Atlas Atlantic" and terrace sequence in the offshore High Atlas Mountains is a result of both Canary plume migration and ongoing convergence between the African and Eurasian plates.

Mots-Clés: Atlas Mountain Belt, tectonic arch, Moroccan passive margin, submerged terraces, reactivation

Quaternary evolution of the palaeo-Seine river (Seine Bay, English Channel): glacio-eustatic and uplift

Massinissa Benabdellouahed*[1], Bernadette Tessier[2], Olivier Dugué[2], Philip Gibbard[3], Isabelle Thinon[4], Fabien Paquet[4], Pol Guennoc[4]

[1] Domaines Océaniques (LDO) – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS : UMR6538 – 29280 Plouzané, France
[2] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[3] Department of Geography, University of Cambridge – Downing Place, Cambridge CB2 3EN, Royaume-Uni [4] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 45060 Orléans, France
@ : massinissa.benabdellouahed@gmail.com

This study focuses on the Plio-Quaternary evolution of the Seine Bay in the southern English Channel (*La Manche*). The interpretation of high-resolution seismic and bathymetric data, recently acquired from the Seine Bay, has improved understanding of the spatio-temporal evolution of the Pleistocene palaeo-Seine and emphasised the important impact of glacio-eustatic and uplift on the course adopted by the river.
Here, we show results from high-resolution seismic reflection profiles, coupled with bathymetry, to reconstruct, in more detail, and to revise, the chronology of the evolution of the palaeo-Seine during the Plio-Quaternary. The basement of the Seine Bay can be subdivided into two geological assemblages: a mesozoic monoclinal domain underlying the bulk of the bay, and a tertiary synclinal domain, located north of the embayment. The geological map shows the presence of a clear erosional boundary, the Barfleur-Cap-Antifer, that delineates the monoclinal Jurassic from the synclinal Cretaceous-Cenozoic of Seine Bay. This erosional boundary forms the bay's northern limit. However, the basement of the Seine Bay, as that of the entire English Channel, is dissected by palaeo-valleys, including that of the palaeo-Seine. In addition, two significant palaeo-estuary morphologies in the Seine Bay can be identified; the first is near the erosion boundary in the Fosse Cotentin, and the second is in the Fosse Seine Bay, off Normandy, at about 25m.
Three submarine stepped-terrace sequences are identifiable in the palaeoSeine valley, cutting through the mesozoic monoclinal domain, between 30 and 50 m water depth. However, three fill sequences are observed at about 50 m water depth, in the north, off Cotentin in the synclinal Cretaceous-Cenozoic of Seine Bay. Both the three stepped terraces and the associated fill sequences are probably of the same age, the older units dating from the Saalian stage (~Marine Isotope Stage: MIS 11b - 6), the youngest units from the Weichselian stage (MIS 4 and 2). The formation of the palaeo-Seine drainage network and terraces can be explained by the mechanism of fluvial erosion or fluvial-marine events in response to pleistocene glacio-eustatic cycles and Quaternary processes under the influence of regional tectonics.
These three palaeovalley sequences were formed during the last million years. Each terrace sequence is assumed to correspond to fourth-order sequences in response to the 100 ka glacio-eustatic cycles. However, these terraces are only preserved on the right bank of palaeo-Seine, indicating migration of the river from north-east towards the south-west. This migration is associated with Pleistocene tectonic uplift of the western part of the Paris Basin. The terraces in the Seine Bay indicate uplift rates of about 7 to 10 m/100 ka.

Mots-Clés: Seine Bay, La Manche, Normandy, Quaternary, glacio-eustasy, uplift, palaeo-Seine river, terraces

Stratigraphic architecture and sedimentary evolution of the Quaternary deposits in the Santos Basin, southern Brazilian Margin

Massinissa Benabdellouahed*[1], Marina Rabineau[1], Agnès Baltzer[2], Adriano Viana[3], Sidonie Révillon[1], Caesar Rigoti[3], Maryline Moulin[4], Daniel Aslanian[4]

[1] LDO - IUEM - CNRS : UMR 6538 – Univ. Bretagne Occidentale (UBO) – France
[2] Lab. Géolittomer (LETG), CNRS : UMR 6554 – Univ. Nantes – France
[3] Petrobras, Rio de Janeiro, Brazil – Brésil
[4] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – France

A new HR seismic dataset collected during the Petrobras-Ifremer SanBa scientific cruise (december 2010/january 2011) in Santos Basin combined with existing core KF-18 results have provided additional information on the nature of the stratigraphic architecture of Pleistocene deposits of Santos basin between the continental shelf and 3,000 m water depth. This study aims to propose also a scenario for the morphogenesis of undulated structures observed on the continental slope of the Santos Basin between 300-800 mwd, using bathymetry and high-resolution sub-bottom data. The architecture of Pleistocene deposits along the Santos Basin is the combined result of eustasy, sediment supplies and subsidence. Two major stratigraphic sets were identified as Set I and Set II. The seismic sequences Set I and Set II are separated by a major angular unconformity S1 that has been correlated to the Mid-Pleistocene Revolution at 1 Ma (Million year). Within the sequence Set II, five seismic sequences, separated by Six reflectors (S1 to S6) were related to "4th-order" eustatic sea level changes (100 ka). Each of the boundaries S2, to S5 and notably the unconformity S1 are associated with paleo-pockmarks and acoustic wipeouts. Each of these boundaries are interpreted as paleo-seafloor. Between the seismic sequence limits S3 and S4 (with the seismic sequence 3) between 300 to 800 meter water depths, buried wavy morphologies are distinguished. In this area, the average sedimentation rate (about 18 cm/ka), is almost two times higher than in the adjacent areas (about 10 cm/ka). This suggests that the wavy echoes area is the maximum sedimentation zone. This also implies that the processes characterizing this area promote the maximum sedimentation on the continental slope. The subsidence rates from the shelf to the continental slope were estimated based on the geometry and age of angular unconformity S1 (1 Ma). This Pleistocene subsidence shows a seaward tilt with a mean rate of 0.08°/Ma.

Mots-Clés: Santos Bassin, passive margin, mid-Pleistocene revolution, unconformity, glacio-eustatic cycles, seismic, subsidence

Étude géotechnique, minéralogique et chimique des matériaux de construction dans le bassin de Saïs (Maroc)

Hicham Benbaqqal*[1], Aissa Masrour[1], El Mehdi Benyassine[2], Mohamed Erragragui[2]

[1] Géosciences, Patrimoine et Substances utiles – Dpt. de Géologie – Faculté des Sciences – UMI – B.P. 11201, Zitoune, 50000 Meknès, Maroc
[2] Géoexplorations et Géotechniques – Dpt. de Géologie – Faculté des Sciences – UMI – B.P. 11201, Zitoune, 50000 Meknès, Maroc
@ : hichambenbaqqal@gmail.com

Le développement économique au Maroc a connu une forte émergence durant ces dernières années. En effet, le secteur du bâtiment et des travaux publics représentent une part importante dans l'intégration économique du pays.
Le bassin de Saïs est situé au Nord du Maroc coincé entre les rides Sud-rifains au Nord et le causse moyen atlasique au Sud, sur une superficie de 2200 km^2. Les phases extensives du Trias ont causé sa structuration, et le remplissage a été au cours des ères géologiques par les matériaux de démantèlement de montagnes avoisinantes. Le socle paléozoïque pélitique surmonté par une couverture composée par des marnes, des sables fauves, des calcaires lacustres et des travertins.
Dans ce bassin, la demande exponentielle en ces matériaux provoque une exploitation excessive sans tenant compte les mesures de qualité et d'usage rationnel de ces matériaux. Cette problématique nécessite une disposition de contrôle face à l'usage abusif de ces matériaux de construction. En outre, des consommateurs dans les périphéries de ce bassin les consommateurs exploitent des matériaux de qualité dégradée et inappropriés au bâtiment et BTP à cause des travaux scientifiques limités et restreints.
Dans cette étude, nous avons visé à élaborer une étude basée sur le traitement de l'ensemble des analyses géotechniques, minéralogiques et géochimiques effectuées sur les échantillons prises depuis les carrières en question, afin de classer et de mettre en valeur les matériaux de construction de bonne qualité. Ainsi, de caractériser des matériaux de différents natures, d'estimer de la durée de vie (après calcul des réserves), de déterminer les extensions possibles pour des éventuelles ouvertures de carrières, de distinguer les qualités des matériaux suivant les zones en comparaison avec les normes marocaines. En outre, on évalue les réserves de matériaux afin de trouver une vision estimative sur l'offre et la demande excessive dans le domaine du bâtiment, en tenant compte l'impact environnemental.

Mots-Clés: bâtiment, BTP, géotechniques, minéralogiques, géochimiques, carrières, bassin de Saïs

La faille Nord Anatolienne dans la région d'Iznik (Turquie) : évolution géomorphologique et archéosismicité

Yacine Benjelloun*[1], Julia de Sigoyer[1], Sahin Mustafa[2], Hélène Dessales[3], Stéphane Garambois[1], Julien Carcaillet[1], Philippe Gueguen[1]

[1] Institut des sciences de la Terre (ISTerre) – Univ. Grenoble Alpes, CNRS : UMR5275, IFSTTAR – F-38000 Grenoble, France
[2] Uludag Üniversitesi – Görükle Kampusu, 16059 Nilüfer/Bursa, Turquie
[3] Archéologie et Philologie d'Orient et d'Occident (AOROC) – CNRS : UMR8546, École normale supérieure [ENS] - Paris – 45 Rue d'Ulm 75230 PARIS Cedex 05, France

La faille Nord Anatolienne dans la région de Marmara présente une structure complexe puisqu'elle se décompose en trois branches : la branche du nord (NNAF), la branche médiane (MNAF) qui borde le sud de la mer de Marmara, et la branche sud (SNAF). Alors que le comportement de la branche nord est bien connu, il y a beaucoup moins de données pour les autres branches. La faible activité mesurée aujourd'hui sur la MNAF contraste fortement avec les données historiques, archéologiques et paléosismologiques qui suggèrent l'occurrence d'au moins 5 séismes destructeurs sur cette branche depuis 2000 ans. Notre étude se propose de mieux contraindre le risque sismique sur la MNAF à partir d'une approche pluridisciplinaire et couvrant plusieurs échelles de temps.
La MNAF se localise à proximité de la ville d'Iznik (anciennement Nicaea) qui fut un centre politique et religieux majeur aux périodes romaines, byzantines et ottomanes. Les vestiges de ces époques portent la trace de nombreuses déformations et réparations potentiellement liées à des séismes et font l'objet d'une étude archéosismologique qui permet de contraindre l'âge des endommagements et de voir s'ils peuvent être causés par un séisme. La directivité et l'abondance des endommagements permettent de tester les segments de failles susceptibles d'avoir rompu et d'estimer l'intensité et la distance à l'épicentre. Cet ensemble de données suggère au moins deux épisodes de déformation : un pendant la période byzantine (2e-14e s) et un après la conquête ottomane (14e-19e s). L'étude détaillée de l'aqueduc d'Iznik a permis de mettre en évidence l'existence d'une faille normale secondaire, accompagnant la MNAF, activée pendant la période historique avec un décalage de 2 m. L'étude de carottes prélevées autour d'une basilique récemment découverte dans le lac d'Iznik permettra de compléter la chronologie des séismes.
Le deuxième volet de notre travail vise à contraindre la vitesse de glissement Quaternaire sur la MNAF et à mieux comprendre les mécanismes de formation du lac d'Iznik. Les principales failles autour du lac d'Iznik ont été cartées grâce à un DEM haute-résolution dérivé d'images Pléiades. Un ensemble de morphologies décalées par la MNAF au sud du lac ont été systématiquement mesurées afin d'éclairer sa segmentation et de reconstruire l'historique des principaux séismes. La datation de quelques unités permet de contraindre la vitesse de glissement horizontal et de la comparer aux données GPS (5$\pm$2 mm/an). Enfin, la déformation de trois niveaux successifs de terrasses lacustres au nord du lac a été quantifiée, ce qui permet de discuter le glissement vertical ($>$ 0,5 mm/an pour des terrasses Pléistocène) sur la MNAF mais aussi sur d'autres failles locales au nord du lac. La datation de ces terrasses est en cours.

Mots-Clés: faille Nord Anatolienne, Iznik, géomorphologie, sismotectonique, archéosismologie, séismes, archéologie, failles, Pléiades, terrasses, Quaternaire

Conséquences des reconnaissances géologiques et géotechniques peu developpées. Cas du petit barrage de Meskiana à Oum el Bouagui

Bachir Benlaoukli*[1]

[1] Lab. de Mobilisation et Valorisation des Ressources en Eau " MVRE" – ENSH, BP 31 Blida. Algérie

Parfois, afin de réduire les couts des études, les maitres d'ouvrages font recours à la limitation du financement de certaines missions rentrant dans le dimensionnement, et la conception d'un ouvrage.
Cette vision s'avère souvent dangereuse dans la mesure où certaines informations très indispensables au dimensionnement sont occultées menaçant ainsi la survie de l'ouvrage. Le petit barrage de Meskiana est un cas édifiant qui illustre parfaitement la négligence de certains décideurs ayant un penchant beaucoup plus vers l'économie que vers la sécurité. Ce qui arriva avec le barrage de Couriguer à Meskiana est un exemple qui illustre parfaitement les dégâts causés à un ouvrage du fait de la mauvaise identification du sol au droit du site. En effet au lieu de réaliser des sondages, on s'est contenté de tranchées de 2m, parfois 3m maximum. Au niveau de la gorge, futur axe du barrage la puissance des alluvions perméables a été identifiée ayant 60cm d'épaisseur, déposée sur des sols argileux imperméables dont la puissance n'a pas été définie par des travaux d'investigation pour des raisons d'économie. Ces argiles semblaient être un substratum idéal pour le petit barrage. Lors de la réalisation, l'entrepreneur par méconnaissance ayant excavé, et la couche alluvionnaire, et la couche d'agile avérée d'une puissance de 1,2m engendrant des résurgences d'eau provenant de la couche se trouvant en dessous des argiles, car la niveau de la nappe phréatique étant très proche de la surface dans cette région, empêchant ainsi les travaux de chantier. L'entreprise de réalisation par manque de qualification, et sous l'effet de la panique décida d'abandonner les travaux sous prétexte que l'étude était trop superficielle.
Le maitre de l'ouvrage sollicita la contribution du bureau d'études concepteur pour trouver la solution permettant la réalisation de la retenue tout en insistant sur l'aspect économique. Une analyse approfondie des possibilités de faisabilité, a permis de définir les étapes a entreprendre dans l'objectif d'étanchéiser la fondation, par la restitution du substratum après avoir rabattu la nappe et éradiquer les resurgences par pompage.
Cette situation aurait pu être évitée si une reconnaissance géologique adéquate avait été programmée et réalisée. Des enseignements doivent être tirés de ce cas, afin qu'une telle situation ne se reproduisent plus.

Mots-Clés: études, barrage, retenue, argile, alluvions, concepteurs, fondations

Utilisation de la roche et de la terre dans un ouvrage mixte superficiel et souterrain. Cas du barrage de Hammam Melouane à Blida

Bachir Benlaoukli*[1], M. Meddi[1]

[1] Lab. de Mobilisation et Valorisation des Ressources en Eau "MVRE" – ENSH, BP 31 Blida. Algérie

Afin de mobiliser le maximum, si non la totalité des eaux écoulées a des fins agricoles, la direction des ressources en eau de la wilaya de Blida veut se doter d'une infrastructure relativement importante qui pourrait a la fois retenir et les eaux de surface et les eaux souterraines de façon économique par l'utilisation des matériaux naturels locaux disponibles en quantité et en qualité a proximité du site. Le site de Hammam Melouane offre cette possibilité grâce au verrou qui permet la réalisation d'une digue de surface pour nous donner en fin de compte une retenue collinaire, et un mur de type paroi moulée dans le sol, donnant un barrage inferoflux. La réalisation de ce couple d'ouvrages peut se faire à l'aide des différentes combinaisons des matériaux rocheux et terreux en place. Notre travail sert a contribuer dans la découverte de la meilleure conception, prenant en considération toutes les conditions et contraintes de la région. Une analyse approfondie des variantes possibles, a permis de découvrir des alternatives qui se sont imposées d'elles mêmes. L'étude des variantes a mis en exergue trois alternatives qui offrent cette possibilité de mobiliser en surface et en souterrain les eaux assurées par le bassin versant et l'impluvium de la zone en question. Il est rarement envisageable de réaliser un inforoflux au nord du pays, car le relief étant très accidenté, et riche en matériaux locaux permettant a moindre cout la réalisation d'un ouvrage de surface tel qu'une retenue collinaire, un barrage déversoir ou une prise d'eau. La nature des matériaux naturels au point de vue origines, qualité, et quantité existant au droit du site permet au concepteur d'aller vers la solution la plus appropriée. L'inconvénient majeur pour certains ingénieurs qui en dehors des matériaux en sol pulvérulent trouve l'utilisation de la roche comme une solution peu souhaitée pour la raison est que la qualité de la roche est difficilement identifiable. Les trois alternatives sont techniquement réalisables reste que le critère économique ayant permis d'aller vers la variante qui consiste en une digue en gabions protégée par un mortier de béton très dur, et en souterrain une paroi moulée avec derrière un puisard en maçonnerie
Cette approche s'avère une nouveauté pour le nord du pays qui une fois réalisé cet ouvrage apportera des réponses aux ingénieurs qui ont été longtemps assez sceptique quant a ce type de solution.

Mots-Clés: inféroflux, digue, barrage souterrain, roche, terre, concepteurs, gabions

Interactions hydrodynamiques dans le Raz Blanchard

Anne-Claire Bennis*[1], Pascal Bailly Du Bois[2], Feddy Adong[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[2] Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) – Lab. de Radioécologie, 50130 Cherbourg-Octeville, France
@ : ac.bennis@unicaen.fr

La Normandie est à la région avec le plus fort potentiel hydrolien d'Europe de l'Ouest avec le Raz Blanchard et le Raz de Barfleur. La connaissance de la ressource hydrodynamique est nécessaire à l'estimation du productible hydrolien. Cette ressource est liée en grande partie à la dynamique de marée et aux interactions entre les processus hydrodynamiques. Les modélisations numériques actuelles engendrent une erreur sur le productible d'environ 30%. Les interactions avec l'état de mer n'étant pas prises en compte dans ces modélisations, nous nous proposons d'évaluer leurs impacts sur les courants du Nord Cotentin et en particulier ceux du Raz Blanchard. La plateforme numérique MARS-WW3, associant le modèle de circulation régionale MARS3D (Ifremer) et le modèle d'état de mer WW3 (NOAA/NCEP/Ifremer/SHOM), est utilisée pour améliorer notre compréhension de ces processus. Une première étape de validation est effectuée par comparaison avec des données ADCP pour 5 sites côtiers situés sur la pointe Nord du Cotentin. Les séries temporelles sont en bon accord avec les mesures in-situ. Un rephasage du courant est observé lorsque les interactions avec l'état de mer sont prises en compte, ajustant au plus près les résultats numériques sur les observations. Dans un deuxième temps, plusieurs scénarios hydrodynamiques sont mis en place pour le Raz Blanchard. L'impact sur la ressource hydrolienne des conditions d'états de mer et des déferlements locaux est investiguée. La modification du profil vertical de courant par les processus hydrodynamiques est montrée comme étant dépendante des conditions de marée et étant maximum près de la surface.

Mots-Clés: énergies marines renouvelables, modélisation numérique, interactions vagues, courant, couplage de modèles

Charophytes from the Upper Jurassic-Lower Cretaceous of the northern Aquitaine Basin (SW France)

Roch-Alexandre Benoit*[1], Carles Martin-Closas[2], Didier Néraudeau[1]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] Universitat de Barcelona (UB) – Gran Via de les Corts Catalanes, 585 08007 Barcelona, Espagne
@ : roch-alexandre.benoit@laposte.net

Upper Jurassic and Lower Cretaceous charophyte assemblages of three sites from the northern part of the Aquitaine Basin (SW France) are studied. It allows to understand paleoecological, paleobiogeographical and biostratigraphic features of this area during this time, where Early Cretaceous deposits are scarce in comparison to others European basins. The presence of *Latochara latitruncata* (PECK, 1937) MÄDLER, 1955 in Chassiron represents the most southern occurrence of this genus during Upper Jurassic. The presence of *Nodosoclavator bradleyi* (HARRIS, 1939) GRAMBAST, 1969 is noticed for the first time in the assemblage of Chassiron, and allowed the observation of the structured layer features. The presence of Porocharacean, in association with Clavatoracean and scarce Characean, in Cherves-de-Cognac and Angeac-Charente is relevant concerning the hypothesis of brackish environments. The association of charophytes with abraded specimens of marine taxa (i.e. bryozoans) in Angeac-Charente An2-SA and An1-SA is similar to assemblages found in deltaic-estuarine facies from Iberian basins (Spain). The presence in the same populations of *Clavator grovesii* var. *grovesii* (HARRIS, 1939) MARTÍN-CLOSAS, 1996 along with *C. grovesii* var. *discordis* (SHAÏKIN, 1976) MARTÍN-CLOSAS, 1996 and intermediate in Cherves-de-Cognac and Angeac-Charente strata is of stratigraphic relevance, since they have been recognised in the Maillardii, Incrassatus and Nurrensis charophytes biozones which represent the Berriasian. In the case of Angeac-Charente, this result differs from the previous study of this site, which gave a Hauterivian-Barremian age to this site, considering the charophyte as reworked material. This result is relevant for the study of the sedimentary history of the northern part of the Aquitaine Basin, while there is no Latest Berriasian to Latest Albian deposits discovered in this area.

Grambast, L. 1969. La symétrie de l'utricule chez les Clavatoracées et sa signification phylogénétique. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences [Paris]*, vol. 269, pp. 878-881.
Harris, T. M. 1939. British Purbeck Charophyta. *Londres: British Museum (N. H.).* 119 p.
Mädler, K. 1955. Zur Taxinomie der tertiären Charophyten. *Geologisches Jahrbuch*, vol. 70, pp. 265-328.
Martín-Closas, C. 1996. A phylogenetic system of Clavatoraceae (Charophyta). *Review of Palaeobotany and Palynology*, vol. 94, pp. 259-293.
Peck, R. E. 1937. Morrison Charophyta from Wyoming. *Journal of Paleontolgy*, vol. 11, part 2, pp. 83-90.
Shaïkin, I. M. 1976. New data on biostratigraphy of the Jurassic and Cretaceous of the Fore-Dobrogean Trough. *Geol. Zh.*, vol. 36, T2, pp. 77-86.

Mots-Clés: Jurassic-Cretaceous boundary, charophytes, Charentes, biostratigraphy, palaeoecology

Prospection géophysique par tomographie de résistivité électrique et sismique réfraction du sous-sol des digues de résidus miniers de la mine abandonnée de Zeïda (Maroc)

El Mehdi Benyassine*[1], Abdelilah Dekayir, Mohamed Rouai, Ahmed Lachhab, Mustapha Boujamaoui, Jean Claude Parisot

[1] ER Géoexplorations& Géotechniques – BP. 11201, Zitoune, Meknès, Maroc

La mine du Plomb de Zeïda est située au centre du bassin de la haute Moulouya, à 26 km au nord de la ville de Midelt. Durant la période (1972-1985), cette mine a connu une exploitation minière très intense. Cependant, cette activité a généré des quantités de plusieurs millions de tonnes de résidus miniers chargés en métaux lourds et en As, stockés sous forme de digues de part et d'autre d'oued Moulouya et sans aucun aménagement.
Dans la mine abandonnée, le substratum granitique et la couverture détritique (grès, arkoses, marnes, argiles et conglomérats) sont fortement fracturés à cause des différentes phases tectoniques qu'ils ont connu depuis l'hercynien. Cette fracturation permet une connexion entre les eaux de l'aquifère fissurale, des lacs d'anciennes carrières d'exploitation et le village de Zeïda, facilitant ainsi la circulation des eaux contaminées.
Les données de tomographie de résistivité électrique montrent un substratum granitique disloqué en boules différentes de tailles. Les fractures sont essentiellement des joints inter-boules, de granites situés sous les digues de déchets miniers et qui se prolongent en profondeur. Sous la digue 3, des corps conducteurs en forme de papillons ont été aussi mis en évidence sur des dizaines de mètres de long et à une profondeur allant jusqu'à 70m.
Des trainés électriques confirment ces fractures du substratum granitique en dessous des digues et entre le site minier et le village de Zeïda. Les corps en papillons mis en évidence par tomographie électrique correspondraient à des granites très altérés saturés en eau issue des digues sus-jacentes.
Les profils de sismique réfraction réalisés sur les 3 digues apportent plus d'éclaircissement sur la nature des terrains géologiques en dessous des digues. En effet, les zones conductrices en profondeur correspondent à des terrains gréseux altérés et saturés en eaux qui communiquent directement avec les retenues d'eaux rencontrées à la surface des digues.
La compilation des résultats obtenus par les différentes méthodes montrent que les digues de déchets miniers sont déposées par endroit sur un substratum granitique fortement fracturé, favorisant le drainage des eaux de surface des digues potentiellement chargées en métaux lourds vers l'aquifère.

Mots-Clés: mine abandonnée, sismique, résistivité, métaux lourds, contamination, fracturation

Nouvelles données sur les lherzolites d'Urdach (Zone Nord Pyrénéenne, Béarn) : exhumation albienne et plissement pyrénéen

Géraldine Bergamini*[1], Yves Lagabrielle, Benjamin Corre, Marc Poujol, Serge Fourcade, Patrick Monié, Abdeltif Lahfid

[1] Géosciences Rennes – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France

La Zone Nord-Pyrénéenne est une marge passive distale inversée au pied de laquelle le manteau a été exhumé à l'Albo-Cénomanien. Dans le cadre du programme RGF du BRGM, une nouvelle cartographie détaillée des affleurements du manteau subcontinental exhumé d'Urdach-Les Pernes (Chaînons Béarnais) a été conduite, associée à des études pétrographiques, minéralogiques et géochronologiques. Plus de 150 lames minces ont été réalisées dans les différents faciès ayant enregistré l'évènement extensif Albo-Cénomanien : (1) des éléments de la brèche sédimentaire à clastes de socle paléozoïque et de lherzolite serpentinisée directement en contact avec les péridotites sur le bord Ouest du massif et intercalée dans le flysch noir albien supérieur, (2) les minces écailles de socle paléozoïque restées adhérentes au manteau exhumé (mylonites de micaschistes à andalousite, de schistes graphiteux, de granitoïdes, etc), (3) une zone de faille majeure de quelques dizaines de mètres d'épaisseur représentant le détachement séparant le manteau des sédiments mésozoïques et mise en évidence sur le flanc Est du massif. Ces données montrent que le massif d'Urdach-Les Pernes donne accès à un grand nombre d'informations relatives aux modalités et à la chronologie de l'amincissement crustal accompagnant l'exhumation des péridotites. Nous démontrons notamment l'absence de croûte inférieure et supérieure et la déformation ductile basse température de la partie moyenne de la croûte. L'âge de cette déformation a été déterminé par deux datations dans des granitoïdes déformés : (1) de grandes muscovites de type micafish par la méthode 40Ar-39Ar (105,2$\pm$0,5 Ma) et (2) de grains de titanite alignés dans la foliation par la méthode U-Th-Pb in situ (111$\pm$17 Ma). Les analyses minéralogiques réalisées dans les roches déformées le long du détachement montrent de multiples interactions fluide-roche avec le développement de listvénites, chloritites et ophicalcites. Des brèches tectoniques de dolomies rousses et de calcaires noirs sont présentes sous forme de lentilles métriques limitées par des zones de cisaillement. La prédominance des cataclasites et l'absence de déformation ductile dans les carbonates plaide en faveur d'un climat assez froid pour les derniers stades de l'exhumation (env. 250°C), ce qui est conforme aux données de la thermométrie RAMAN sur les calcaires noirs. Enfin, l'analyse structurale des formations autour de la lherzolite permet de reconsidérer la géométrie globale du complexe d'Urdach. Celui-ci apparait comme un pli déversé vers le Sud-Ouest, à la terminaison du chaînon du Mail Arrouy.

Mots-Clés: lherzolites, Urdach, exhumation, détachement, croûte moyenne, ductile, cataclasites

Thermodynamic properties of associating electrolytes within the binding mean spherical approximation

Olivier Bernard*[1], Jean-Pierre Simonin[1]

[1] PHysicochimie des Electrolytes et Nanosystèmes InterfaciauX (PHENIX) – CNRS : UMR8234, Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI – 4 place Jussieu – 72522 Paris Cedex 5, France

The modeling of the thermodynamic properties of ionic solutions is of interest in many areas, such as solution chemistry, chemical engineering, atmospheric chemistry, geochemistry and physics. Besides the celebrated Debye-Hückel (DH) theory, many theories have been developed. Among these, the mean spherical approximation (MSA) is an extension of the DH theory with greater accuracy at high concentrations.
However, ionic association is not accounted for in this model, which may give rise to inaccuracies in the case of electrolytes of high charge or in solvents of low dielectric constant. In these cases, clusters (like dimers, trimers, ...) must be taken into account to duly describe the structure, the thermodynamic and the transport properties of these solutions. In our approach, short-range attractive interactions, between the sub-units forming the different molecular species, are taken into account in the framework of the MSA. This Binding MSA (BiMSA) was used to describe ionic solutions exhibiting multiple association. Analytic expressions for the speciation, and activity and osmotic coefficients are obtained [1]. The model is related to the chemical models and to the SAFT theory. This description is an extension of previous works on the formation of charged dimers [2] and trimers [3].To illustrate, the speciation and the osmotic coefficient were computed for an electrolyte composed of a divalent cation possessing 4 binding sites and a monovalent anion with 1 site. This case is representative of chemical association in solutions of e.g., ZnCl2 or CdI2. The same approach has also be applied to describe the thermodynamic properties of low charge polyelectrolyte chains. This model could also be applied to describe the specific short-range attractions between counterions and nano-colloids whose charge comes from acid-base surface sites.

[1] O. Bernard, J. Torres-Arenas and J.-P. Simonin, J. Chem. Phys. 140 (2014) 034502.

[2] O. Bernard and L. Blum, J. Chem. Phys. 104 (1996) 4746.
J. Jiang, L. Blum, and O. Bernard, Mol. Phys. 99 (2001) 1765.
[3] O. Bernard and L. Blum, J. Chem. Phys. 112 (2000) 7227.
A. Ruas, O. Bernard, B. Caniffi, J.-P. Simonin, P. Turq, L. Blum, and P. Moisy, J. Phys. Chem. B 110 (2006) 3435.
J. Torres-Arenas, J.-P. Simonin, O. Bernard, A. Ruas, and P. Moisy, Ind. Eng. Chem. Res. 49 (2010) 1937.

Mots-Clés: thermodynamics, ionic Solutions, association

Caractérisation des écoulements et de l'altération dans les milieux fissurés instables à partir de l'hydrochimie : exemple du versant de socle de Séchilienne (38)

Catherine Bertrand*[1,2], Jérôme Gaillardet[3], Laurent Dubois[4], Sophie Denimal[1], Delphine Charpentier indexCharpentier, Delphine[1]

[1] Lab. Chrono-environnement – CNRS : UMR6249, Univ. Franche-Comté – 16, route de Gray 25030 Besançon Cedex, France
[2] OSU THETA – Univ. Franche-Comté, CNRS : UMS3245 – 41 bis avenue de l'Observatoire BP 1615 25010 Besançon Cedex, France
[3] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – Univ. la Réunion, Univ. Paris VII - Paris Diderot, CNRS : UMR7154 – 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05, France
[4] CEREMA – France
@ : gaillardet@ipgp.fr

Les instabilités de versant sont généralement déclenchées par des facteurs hydrologiques et hydrogéologiques qui conditionnent l'infiltration, et augmentent la pression d'eau interstitielle.
L'altération géochimique représente une part non négligeable dans l'évolution de l'endommagement des versants rocheux à long terme (évolution pluriannuelle par endommagement mécanique et géochimique des fractures et de la matrice rocheuse), à moyen et court terme (effet saisonnier et instantané des fluctuations hydromécaniques essentiellement localisées dans les fractures du versant).
L'instabilité de Séchilienne est située sur la rive droite de la Romanche, au sud-est de Grenoble (Isère, France). La zone active de cette instabilité gravitaire mobilise plusieurs millions de m3 de roche. La géologie du secteur est constituée de micaschistes fracturés présentant une double perméabilité couplée à une forte hétérogénéité spatiale.
Un suivi hydrochimique a été mis en place depuis 2010 dans le but de caractériser les écoulements souterrains de la zone non saturée dans ce massif fracturé. Ce suivi est porté par le SNO OMIV (Observatoire Multidisciplinaire des Instabilités de Versant) et regroupe des mesures haute fréquence des paramètres physicochimiques sur deux points situés dans la zone instable, et un point dans la zone stable. Parallèlement à ces mesures, des prélèvements hebdomadaires d'eau sur lesquels l'analyse chimique des éléments majeurs sont effectués. En effet, la chimie des eaux, par son signal très fin, permet la localisation dans le temps et dans l'espace de l'arrivée des eaux d'infiltration. Cet outil est utilisé pour comprendre le lien entre l'altération chimique et les changements hydromécaniques ainsi que la relation altération/déformation de versants. Ce suivi a montré une corrélation entre la recharge, la chimie de l'eau et la déformation, accentuant les effets des interactions eau-roche sur la dynamique des instabilités. Au-delà du rôle de traceur des origines de l'eau, les caractéristiques hydrogéochimiques au sein d'un versant instable sont susceptibles de jouer un rôle sur l'altérabilité des matériaux et donc sur leur fragilisation mécanique. Pour mieux comprendre les échanges et les transferts au sein des hydrosystèmes en intégrant les différents compartiments depuis la zone d'infiltration jusqu'aux exutoires, un suivi géochimique haute fréquence des isotopes du Sr et Li ont été associés au suivi chimique et hydrodynamique lors d'un épisode de crue en mai 2016.
Outre les conditions d'écoulements proprement dites, l'interaction eau-matrice et la nature chimique résultante des eaux revêtent une grande importance dans la dégradation du massif. Les instabilités de versants sont donc des sites expérimentaux qui doivent permettent d'apporter des éléments de réponse sur les mécanismes de l'altération de roches de socle en accélérant " naturellement " certains paramètres comme les cinétiques de dissolution.

Mots-Clés: instabilité de versant, hydrogéochimie, roche fracturée, hydromecanique, altération

Le potentiel minier français – aperçu des actions de valorisation des données de l'Inventaire minier menées par le BRGM

Guillaume Bertrand*[1], Bruno Tourlière[1], Daniel Cassard[1], Jean-Jacques Dupuy[1], Jérémie Melleton[1], Eric Gloaguen[1]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin, BP 6009, 45060, Orléans Cedex 2, France
@ : g.bertrand@brgm.fr

A la suite du choc pétrolier de 1973, et des inquiétudes qu'il a provoqué sur l'approvisionnement en matières premières minérales de la France, le Ministère de l'Industrie a confié au BRGM, dans le cadre de sa mission de service publique, la réalisation du programme de " l'Inventaire des ressources minérales du territoire national ", de 1975 à 1991. Les objectifs étaient i) d'estimer le potentiel national en certaines substances minérales et ii) d'inciter les opérateurs à lancer des prospections pour le valoriser, avec pour objectif de doubler, à terme, la production minière en métaux non ferreux.
Les travaux de l'Inventaire ont d'abord consisté en une vaste campagne de prospection stratégique qui a couvert plus de 100 000 km^2 de socle hercynien et alpin avec près de 350 000 échantillons " stream sediment " (en incluant les travaux de la SNEAP(P) mis à la disposition du comité de l'Inventaire) et près de 100 000 échantillons alluvionnaires collectés. Les zones les plus intéressantes ont donné lieu à des prospections tactiques par géochimie sol, géophysique et sondages percutants, voire sondages carottés dans les cas les plus favorables. A l'issu du programme, environ 2000 indices nouveaux avaient été mis en évidence. 103 sujets nouveaux ont été proposés à la profession, parmi lesquels 61 ont donné lieu à l'attribution de PER à une douzaine d'opérateurs.
La fermeture de la plupart des mines françaises exploitant des métaux et le contexte actuel de demande croissante (en quantité et en variété) en substances minérales ont induit une forte dépendance de la France pour ses approvisionnements. La question d'une reprise de l'activité minière en métropole est donc posée. Dans ce cadre, le BRGM mène depuis 2011, en concertation avec le Ministère de l'Environnement, des actions de valorisation des données de l'Inventaire et de réévaluation du potentiel minier français. Ces travaux incluent notamment i) une réévaluation du potentiel des principales cibles de l'Inventaire, ii) un retraitement des données stratégiques et l'identification d'anomalies géochimiques polymétalliques hiérarchisées, et iii) la valorisation des résultats sous forme de documents synthétiques de promotion des districts miniers français à l'attention des professionnels du secteur. Par ailleurs, le BRGM mène des actions de catalogage, d'archivage et de numérisation des données de l'Inventaire, mises progressivement à la disposition du public via le site web www.mineralinfo.fr. A ce jour, 10 000 données sur la région Vendée – Bretagne – Normandie sont visibles et téléchargeables. Ces actions, ainsi que leurs principaux résultats seront brièvement décrites au cours de cette présentation.

Mots-Clés: potentiel minier, inventaire, données, valorisation, anomalies géochimiques

Cartographie prédictive par la méthode DBQ (DataBase Querying)

Guillaume Bertrand*[1], Mario Billa, Bruno Tourlière[1], Daniel Cassard[1], Jean-Michel Angel[1]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin, BP 6009, 45060, Orléans Cedex 2, France
@ : g.bertrand@brgm.fr

Depuis plusieurs années, le BRGM développe des méthodes de cartographie prédictive pour les ressources minérales, dont les objectifs sont i) de minimiser les conséquences de l'imprécision du positionnement géographique des objets et ii) de prendre en compte l'incomplétude des attributs retenus pour les calculs. Ces méthodes reposent sur les fréquences d'apparition et les associations de valeurs de variables. Elles se basent sur un noyau d'apprentissage, défini à partir d'un groupe d'occurrences de référence et à partir duquel on recherche les objets présentant des signatures similaires dans la zone d'étude. La méthode DBQ (" DataBase Querying ") est décrite dans cette présentation, tandis que la méthode CBA (" Cell Based Association ") est détaillée dans la présentation de Tourlière et al. dans la même session.
La méthode DBQ a été développée dans le cadre du projet Européen ProMine pour réaliser des études prédictives de " petits métaux ", souvent stratégiques et/ou critiques, et généralement présents dans les minéralisations sous forme de sous-produits associés aux parageneses principales. Les occurrences connues de ces substances dans les minéralisations sont généralement peu nombreuses et ne permettent pas de constituer des groupes de références suffisamment fournis pour appliquer des méthodes classiques, telles que le Weight of Evidence par exemple.
La méthode DBQ est basée sur l'étude de la distribution des éléments métalliques dans une base de données de gîtes minéraux. Après reclassement des minéralisations en familles métallogéniques homogènes, la fréquence de présence de l'élément ciblé est évaluée dans chacune des familles afin d'identifier celles qui sont enrichies en cet élément. Pour chaque famille métallogénique enrichie ainsi identifiée, on évalue la fréquence de présence des différentes substances métalliques associées à l'élément ciblé, de manière à établir une " signature polymétallique caractéristique ". Pour chaque indice, on quantifie son degré de similitude à la signature polymétallique de référence de sa famille métallogénique, sous forme d'un score, afin d'évaluer sa " favorabilité " à contenir la substance ciblée si elle n'y est pas identifiée. Bien que cette méthode soit non spatiale (la localisation géographique d'une minéralisation n'a pas d'effet sur son score), ses résultats peuvent être représentés cartographiquement, sous forme de cartes de densité de scores par exemple.

Mots-Clés: ressources minérales, prédictivité, exploration, sous-produits, substances critiques

Évolution géomorphologique et géologique du Massif armoricain depuis 40 Ma : apport de l'analyse des surfaces d'aplanissement "offshore" et de la quantification des mouvements verticaux

Paul Bessin*[1], François Guillocheau[2], Cécile Robin[2], Hugues Bauer[3], Jean-Michel Schroëtter[4]

[1] LPG Le Mans - UMR-CNRS 6112 – Univ. Maine – Avenue Olivier Messiaen, 72085 Le Mans Cedex 09, France
[2] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[3] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3, avenue Claude Guillemin, BP 360009, 45060, Orléans Cedex 2, France
[4] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), DR Bretagne – 2, rue de Jouannet, 35700 Rennes, France

Le Massif armoricain est un domaine de socle cadomo-varisque de faible relief ($<$ 500 m), caractérisé par des surfaces d'aplanissement et bordé par des bassins sédimentaires méso-cénozoïque (e.g. Marge sud-armoricaine). Au Mésozoïque, ce massif a subi deux phases d'enfouissement lors de hauts niveaux eustatiques (Jurassique moy. à sup. ; Crétacé sup.), suivies d'exhumations de faible amplitude liées à des déformations de moyenne longueur d'onde (Crétacé inf. : ouverture du Golfe de Gascogne ; Paléocène : convergence Afrique-Eurasie). Ces phases d'enfouissement et d'exhumation ont été mises en évidence par une approche intégrant i) analyse des surfaces d'aplanissement émergées du massif (Identification, cartographie, chronologie relative, typologie, datation, relations avec les altérations) et ii) analyse de l'enregistrement sédimentaire des bassins adjacents aux massif en relation avec le contexte géodynamique (Bessin et al., 2015, *Geomorphology*, vol. 233, p. 75-91).
Ces travaux "onshore" ont été i) étendus au domaine "offshore" du Massif armoricain et de ses bassins périphériques (3 surfaces d'aplanissement identifiées) et ii) complétés par des comparaisons entre chartes eustatiques et paléobathymétrie des archives sédimentaires cénozoïques préservés pour quantifier les amplitudes des mouvements verticaux.
Les résultats obtenus permettent de préciser le modèle d'évolution géomorphologique et géologique du Massif armoricain depuis le Bartonien et mettent en évidence des déformations de moyenne à grande longueur d'onde :

- 41 – 30 Ma : phase de faible subsidence en lien avec une période de quiescence de la deformation grande à moyenne longueur d'onde ouest-européenne ;
- 30 – 11 Ma : subsidence faible et différentielle du massif et déformation flexurale d'axe E-O (moyenne à grande longueur d'onde associée à des déformations décro-compressives possiblement liées à la convergence Afrique-Eurasie voire à de la topographie dynamique;
- 11 – 3.6 Ma: surrection différentielle et incision d'un réseau de drainage comblé par des dépôts estuariens ;
- 3.6 – 0 Ma : surrection différentielle et incision du réseau de drainage actuel du Massif armoricain

Ces deux dernières phases de surrection, déjà mises en évidence par de précédentes études, sont mises en relation avec un flambage lithosphérique en réponse à la convergence Apulie-Eurasie.

Mots-Clés: surface d'aplanissement, mouvements verticaux, Massif armoricain, Cénozoïque

Caractérisation géochimique du magmatisme basique Permien du massif des Cinco Villas (Pyrénées)

Antoine Bézos*[1], Stéphane Pochat[1], Marylou Vines[2], Carole La[1]

[1] LPG Nantes – CNRS : UMR 6112 – Univ. Nantes – 2 Rue de la Houssinière, - BP 92208, 44322 Nantes Cedex 3, France
[2] Department of Geology - Univ. Johannesburg – Afrique du Sud

L'origine du magmatisme important qui s'est mis en place Europe occidentale durant la fin du Paléozoïque reste peu documentée et largement débattue. Dans les Pyrénées, ce magmatisme est continu depuis la fin du Carbonifère jusqu'au Trias, ce qui en fait un marqueur potentiel de l'évolution géodynamique de cette période. Les études pétrographiques et géochimiques de ces roches présentent un premier cycle magmatique Pyrénéen (d'âge Carbonifère supérieur – Permien, 310 à 278 Ma) à caractère hyper-alumineux. L'origine de ce premier cycle est attribuée à l'anatexie de croute continentale initiée par une remontée d'asthénosphère chaude dans un contexte d'amincissement lithosphérique. L'extension progressant dans le temps, le magmatisme évolue au Permien supérieur vers des compositions de plus en plus alcalines qui témoignent de la fusion partielle des manteaux asthénosphérique et lithosphérique et définissent ainsi le second cycle magmatique Pyrénéen. Notre étude se focalise sur les roches basiques du second cycle présentes dans le Massif des Cinco Villas, à l'ouest de la chaine pyrénéenne. Les observations pétrographiques et géochimiques d'une forte altération provoquée par une circulation de fluides (chloritisation, carbonatation, perte au feu $>$ 2%, distribution erratiques des éléments mobiles) et une contamination continentale importante (xénocristaux de quartz, enclaves de l'encaissant Permien). Les analyses en éléments majeur et trace résistant à l'altération (REE, HFSE, Th) confirment en effet que les magmas à l'origine de ces roches basiques ont tous assimilé une fraction plus ou moins importante de ce composant crustal local (i.e. forts La/Sm et Th/La). Nous proposons un modèle de contamination crustale, qui permet de mieux caractériser les compositions chimiques de ces magmas juvéniles et, de discuter la nature et signature alcaline du second cycle magmatique pyrénéen au regard notamment de l'épisode magmatique du Trias liée à l'ouverture de l'Atlantique (i.e. ophites Pyrénéennes).

Mots-Clés: magmatisme, Pyrénées, Permien, basaltes

Serpentinization process of mantle formations in the Bou Azzer neoproterozoic ophiolite (Central Anti-Atlas, Morocco)

Mohamed Bhilisse*[1], Amina Wafik[1], Hassan Admou[1], Lhou Maacha[2]

[1] Department of Geology. Faculty of Sciences-Semlalia, Cadi Ayyad University – Maroc
[2] Managem Mining Company (SA), Twin Center, BP: 5199, 20101, Casablanca – Maroc

The serpentinization of the harzburgitic mantle section of the Bou Azzer neoproterozoic ophiolite is studied by optical micrography, Scanning Electron Microscope (SEM), Raman spectroscopy and Electron back scattering diffraction (EBSD) and relationships with Co, Ni, Cr and sulphides minerals are discussed. In this study, we present the first use of Raman spectroscopy for identifying the species of serpentine present in the Bou azzer massifs. Serpentinites of Bou Azzer are derived from refractory peridotites composed of dunites–harzburgites; however, there are also rare serpentinites derived from ultramafic cumulates. Antigorite represents the dominant species in the serpentinite. Furthermore, chrysotile is found as post-antigorite veins. These veins are post-obduction and mark the final phase of serpentinization. The abundance of antigorite confirm that subduction was the environment of serpentinization. The sulfide assemblage varies with the degree of serpentinization, with from low to high degrees: pentlandite + pyrrhotite+ pentlandite + heazlewoodite (godlevskite); pentlandite + polydymite (or violarite); pentlandite + millerite, and polydymite + millerite. The presence of orcelite, the only stable Ni arsenide during serpentinization, reflects conditions of high activity of Ni and low activity of Fe in the fluids involved in serpentinization.

Mots-Clés: serpentinization, Bou Azzer, Raman spectroscopy, serpentinite, electron back scattering diffraction, sulphides minerals

The ESTMAP Project (Energy STorage MApping and Planning) : focus on the subsurface data collection

Anne Bialkowski*[1], Anne-Gaëlle Bader[1], Laurent Beccaletto[1], Florence Jaudin[1], Serge van Gessel[2], Jan Hopman[2]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 3 avenue C. Guillemin, BP36009, 45060 Orléans Cedex 2, France
[2] TNO – Pays-Bas
@ : a.bialkowski@brgm.fr, jan.hopman@tno.nl

The project goals are (1) to create a European database for energy and energy storage in order to build scenarios analyses to support the European Commission and member state policy makers and (2) to demonstrate applicability of database for energy system.
As most data exists in a fragmented form, the first work in the ESTMAP project (coordinates by TNO) consists of compiling existing data and exploiting it to optimise energy systems planning. BRGM, assisted by TNO, CGS and VITO, is in charge of data collection for underground energy storage in order to gather readily available and public data on existing and future potential storage sites. For this step, BRGM contracted cooperation with national geological institutions in each European country (members of EuroGeoSurveys and ENeRG groups) either national partners were sought individually.
Geologists, engineers and system modellers joined forces to define database format and content of both subsurface and above surface storage sites (existing, planned and potential). The new set of data has to fit the needs for more robust modelling, planning and designing on a coherent and comparable basis between Member States and other European neighbouring countries.
One of the project output consists in a geographical database providing information on distribution and expected capacity of existing and future energy storage sites in Europe, including costs and accessibility. Both subsurface storage options (hydrogen, compressed air, natural gas, underground pumped hydro, etc.) and above ground storage (pumped hydro, LNG, liquid air, etc.) are taken into account.
The ESTMAP subsurface database populates readily and publicly available data from countries corresponding to the EU member states (28), of the European Free Trade Association-EFTA (4) and the Members of the Energy Community (8). More than 920 subsurface sites identified contain assessment information as proven, possible, probable, or assumed energy storages. All the data are then integrated in the database to propose further modelling during the year 2016.
ESTMAP project gives the opportunity to review the available public subsurface data in the European countries. The first encouraging results let open the possibility to strengthen further European cooperation in the next future.

Mots-Clés: European project, H2020, energy storage, subsurface storage sites, geographical database, energy planning, data assessment

Fluid escape structures imaged in the sedimentary superficial layers along the Lesser Antilles subduction zone

Youssef Biari*[1], Tamara Maury, Massinissa Benabdellouahed, Carla Scalabrin, Muriel Laurencin, Mikaël Evain, Jean-Frédéric Lebrun, David Graindorge, Boris Marcaillou, Frauke Klingelhoefer

[1] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Department of Marine Geosciences – ZI de la Pointe de Diable, 29280 Plouzané, France

In the Lesser Antilles region the North American plate subducts obliquely underneath the Caribbean plate causing moderate seismicity. Mapping of potential fluid escape sites on active margins is important for estimating the quantity of fluids entering the subduction, mapping their migration pathways and determine their influence on the rheology of the interplate contact and the mantle wedge. Expulsion of fluids from the accretionary prism can contribute to sediment deformation in unconsolidated sediments and may induce mass wasting processes. During the ANTITHESIS 1 and 3 cruises (2013 and 2016), multibeam bathymetry, backscatter, high-resolution sub-bottom and reflection and refraction seismic data were acquired along the Lesser Antilles subduction zone around latitude 18° N. Analysis of these data reveals the existence of several discrete morphologies such as a wedge- or prism-shaped mass of sediments, faults, scarps and deformation at a km scale in the superficial deposits. The bathymetry in this region changes from a depth of several hundred meters at the arc to over 6000 m at the trench with rugged seafloor morphologies at the slopes. Fluid migration paths were mapped on the high resolution and deep seismic data sections. We mapped several types of seafloor depressions (or pockmarks) on the prism-shaped mass of sediments between 2000 and 5000 m of water depth. Circular seafloor depressions were identified with a radius between 500 m and 1 km and 10-40 m deep. In addition, two scarps were mapped near 4000 m depth. Slope maps indicated regions prone to mass wasting. Multibeam water column data have been analyzed and show some flare-type echoes that could be attributed to fluids or gas escaping into the seawater in these areas.

Central Atlantic Conjugate Passive Margins Formation and Evolution

Youssef Biari*[1], Frauke Klingelhoefer, Mohamed Sahabi, Thomas Funck, Massinissa Benabdellouahed, Michael Schnabel, Reichert Christian, Marc-André Gutscher, Adrien Bronner, James Austin

[1] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Department of Marine Geosciences – ZI de la Pointe de Diable, 29280 Plouzané, France

The Central Atlantic is bordered to the north by the Pico and Gloria fracture zones and by the 15°20'N and Guinea fracture zones to the south. It is one of the oldest oceans on Earth. The study of the deep structure of its two conjugate passive margins, the North-East American and North-west African margins is essential for the understanding of the formation and evolution of the passive continental margins as well as the formation of their associated sedimentary basins.

In this study new and existing wide-angle seismic transects from the Central Atlantic conjugate margins are compared with regard to volcanism, crustal thickness, geometry and seismic velocities in the transition zone.

The crustal structure of the conjugate margins has been subject to several wide-angel seismic cruises, the SMART, LASE, USGS and EDGE cruises on the North American margin and the SISMAR, MIRROR and DAKHLA cruises on the NW African margin.

The paleogeographic situation of the central Atlantic at the end of rifting can be reconstructed using a pair of magnetic anomalies which are conjugate bordering both continents and mark the beginning of oceanisation, the WACMA (West African Coast Magnetic Anomaly) and ECMA (East Coast Magnetic Anomaly) magnetic anomalies. While rifting along the US-Atlantic margin was accompanied by a high amount of volcanism leading to the creation of thick layers of magmatic underplate, volcanism is much lower along the African continental margin. Two wide-angle seismic profiles acquired in conjugate positions show that the crustal geometry of the unthinned continental crust and the necking zone are symmetric. A region including seismic velocities of serpentinised upper mantle material is imaged along the Canadian side, corresponding on the African side to oceanic crust probably accreted at a proto-oceanic spreading center. These two regions might have been created at an asymmetric spreading center creating amagmatic crust by faulting the existing lithosphere on the Canadian side and magmatic oceanic crust including pockets of serpentinite on the Moroccan margin. Only after isochron M25, probably corresponding to a major plate reorganization and a decrease in spreading velocity, the production of thin magmatic crust on both side set in.

Mots-Clés: NW African margin, NE American margin, deep crustal structure, wide-angle seismic, reflection seismic, passive margins, plate reconstruction

Synthèse cartographique des caractéristiques physiques de la couverture sédimentaire du Golfe Normand-Breton

Yoann Bichot*, Olivier Blanpain[1], Elodie Marches, Thierry Garlan, Thierry Schmitt, Stéphanie Desmare, Patrick Guyomard, Yann Le Faou

[1] Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) – Ministère de la Défense – 13 rue du Chatellier 29200 BREST, France

Les processus de transport sédimentaire sont très sensibles aux caractéristiques physiques de la couverture sédimentaire que ce soit en termes de taille, de forme ou de densité des particules, de porosité ou d'organisation dans l'agencement des grains ou d'épaisseur de sédiments disponibles. La validité des résultats d'un modèle hydro-sédimentaire est donc directement dépendante des caractéristiques de la couverture sédimentaire qui y est initialisée.
Suite à des années de campagnes de mesures en mer menées par différents organismes, le SHOM possède de nombreuses données (acoustiques et prélèvements in-situ) sur la nature des fonds du plateau continental. Un travail de compilation de ces données, d'analyse et de représentation spatiale a été engagé afin d'aboutir à une cartographie des propriétés physiques de la couverture sédimentaire.
L'étude présentée se concentre tout d'abord sur la détermination des grandeurs granulométriques pour ensuite calculer des paramètres qui en découlent. La zone atelier choisie pour développer la méthode est le Golfe Normand-Breton : plus de 2000 prélèvements sédimentaires ont permis de qualifier la grande diversité des faciès de nature de fond qui y sont représentés.
La chaîne de traitement développée permet d'attribuer une courbe granulométrique continue à chaque faciès de même type du Golfe Normand-Breton. Elle peut ensuite être décomposée en classes granulométriques quelconques (choisies par un utilisateur) qui sont chacune associées à un indice de qualité traduisant la dispersion des valeurs issues des prélèvements. Les diamètres caractéristiques et indices de classement peuvent ainsi être déterminés facilement. La connaissance de la répartition granulométrique d'un type de faciès permet de réaliser des cartes de paramètres inféodés à la taille des particules (rugosité, porosité, célérité, potentiel de mobilité des grains...).
En guise d'exemple d'application, les propriétés de la couverture sédimentaire ainsi obtenues ont été croisées aux valeurs d'intensité maximale de courant au fond issues de la modélisation avec Télémac-3D (modèle Manche). La taille de la particule la plus grossière mise en mouvement pour diverses conditions de courant a ainsi pu être déterminée en chaque point de la grille de calcul.

Mots-Clés: cartographie, sédiments, granulométrie, Golfe Normand Breton

Constraining active fault offset using statistical and geometrical methods. Examples from the Jasneuf fault, Western Alps, France

Jérémy Billant*[1], Bellier Olivier[1], Vincent Godard[1], Jean-Claude Hippolyte[1]

[1] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., INSU, IRD, CNRS : UMR34 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France

The NE trending right-lateral strike-slip Jasneuf fault is the south-western prolongation of the Belledonne Fault system in the Vercors massif. This fault does not show strong associated seismicity but displays morphological anomalies (right-lateral offset of late Cenozoic cliffs and recent talwegs, post Günz scarps) related to recent faulting.
In order to quantify fault slip, we used two methodological approaches presented in this work: 1-we performed recursive measurements of stream offsets. This analysis revealed that a stream network can display characteristic distances between streams that can be interpreted by mistake as long-term cumulative fault offset. These characteristic distances do not coincide necessarily to the mean interfluve distance nor a multiple of it. So when fault slip measurements are made using offset streams, it is necessary to test if the result does not match with spacing, especially when measured offset is higher than the mean interfluve distance and when genetic relation between upstream and downstream streams can not be ascertain. 2- To counter the lack of morphologic features allowing the determination of piercing points or lines, we propose a new method that allows the determination of fault offset and fault kinematics using recursive measurements of topographic apparent offsets. The application of this method along the Jasneuf fault provides consistent results.
By applying these methodologies, we determine the Jasneuf fault cumulated slip since the Messinian which corresponds to an average slip rate of 0.13 ± 0.03mm/yr. Extension of the fault is poorly constrained and we can not ascertain the prolongation of the Jasneuf fault outside of the Vercors plateau nor in depth. Nevertheless, if this fault is limited to the sedimentary cover and do not extend outside of the Vercors plateau, using the Wells and Coppersmith's scaling laws, we deduced that it could generate Mw 5.7 earthquakes each ~500 years.

Mots-Clés: morphotectonic, active tectonics, offset measurements, Alps, Jasneuf fault

Post-Messinian faulting assessment from salinity crisis geomorphic markers : the example of Toulaud (Rhône-Alpes, France)

Jérémy Billant*[1], Franck Thomas[1], Bellier Olivier[1], Philippe Dussouillez[1], Fabrice Hollender[2], Jean-Claude Hippolyte[1]

[1] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., INSU, IRD, CNRS : UMR34 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[2] CEA, DEN – Centre de recherche du Commissariat à l'Energie Atomique - CEA Cadarache (Saint Paul-lez-Durance, France) – 13108 Saint Paul Lez Durance, France

Fault kinematics analysis, a high-resolution Digital Surface Model (DSM) generated using photogrammetry, morphological analysis as well as geophysical exploration has enabled a thorough study of the possible post-Messinian tectonic deformations along the Toulaud fault (Rhône-Alpes, France). This late hercynian fault affects the basement. This work proposes that it is prolongated and cuts through the Toulaud valley where the Rhône flowed and dug a deep canyon during the Messinian Salinity Crisis.
This work aims at characterizing the deformation of the canyon to assess post-Messinian tectonic activity in the area.
Evidence of the fault in the Toulaud valley is provided by a roadside outcrop, where a brittle post-Hercynian right lateral strike-slip faulting has been identified.
The high resolution DSM provides information regarding local geomorphology, such as topographic shifts, that can be interpreted in terms of erosion and/or tectonic deformation.
Measurements of ground microtremors and the subsequent data processing, using the H/V Nakamura method, enabled the subsurface visualization of the Rhône Messinian canyon's bed in the Toulaud valley. Electrical resistivity tomography allows the determination of the canyon's eastern border geometry. The reconstructed topography of the canyon displays an offset indicating a probable post-Messinian faulting.

Mots-Clés: neotectonic, Messinian canyon, Massif Central, Toulaud fault

Why Water flow helps Petroleum trapping

Jean-Jacques Biteau*[1]

[1] European Association of Geoscientists and Engineers (EAGE) – Pays-Bas

Traps resulting from hydrodynamic flows have been evidenced in Petroleum Basins and been described in detail by several geoscientists in the past, emphasizing the fact that "fluids are moving rocks" mainly ruled by their pressure regimes, the sealing or carrier beds entry pressures and or hydraulic fracturation pressures.
Hydrodynamism is related to the massive or diffuse circulation of often fresh waters in sediments due to their pressure field variations.
Darcean water flows are well known and observed in sedimentary rocks that are wettable (entry pressure being less than buoyancy pressure) and permeable to a certain extent - except evaporites.
-Onshore, the meteoric water influx into carrier beds exposed in outcropping topographic surfaces (recharge area) induces an artesian (called centripetal or gravity induced) flow of waters from edges to the centre of the sedimentary basins. The phenomenon due to uplift (then often active in mountain chain areas) generates water head differences and can be also observed from salinity and temperature variations (fresh to salt water and cold to warmer respectively).
Discharge area can be induced by such erosional surfaces, faults...
-Offshore, the Artesian flow is usually not significant as recharge areas are very remote, and discharge areas problematic in deep parts of oceans.
The already observed pressure water head gradients from centre to edges of the sedimentary Basins imply that formation waters do flow in such offshore Basins as well.
In this case the disequilibrium of compaction mainly linked to fast sedimentation rates and subsequently undrained condition onsets, mainly drives pressure field variations.
Water flows are produced into more permeable carrier beds (this process is called centrifugal or compaction induced process).
The excess water is generated by the dewatering of undercompacted shales.
This hydrogeologic centrifugal behaviour was described by King M. Hubbert in his '60s papers, André Chiarelli in his PhD memoir in 1973, and much more recently by authors like Richard Swarbrick (2008) and Yves Grosjean (IPTC, Doha, Qatar 2009). In any of these hydrodynamic contexts, tilted hydrocarbon-water contacts (Figure 1) have been observed where the direction of the tilt is clearly indicative of centripetal or centrifugal flows of formation waters.

Mots-Clés: hydrodynamism, water, gravity, dewatering

Analyse par fluorescence X portable des nummi d'un trésor monétaire du IVe siècle découvert à Saint-Germain-de-Varreville (Manche) : mise en place du protocole d'analyse et premiers résultats

Guillaume Blanchet*[1], Colène Patin[2], Jean-Claude Angélique[2], Pierre Barbey[3], Marie-Paule Bataillé[1], Anne Bocquet-Liénard[1], Juliette Dupré[1], Jean-Louis Gabriel[2], Bruno Fajal[1], Pierre-Marie Guihard[1], Maxime Lemarchand[3], Etienne Liénard[2]

[1] (CRAHAM – CNRS : UMR6273, Univ. Caen – 14032 Caen Cedex 5, France
[2] Lab. de Physique Corpusculaire de Caen (LPCC) – IN2P3, CNRS : UMR6534, Univ. Caen – ENSICAEN - 6, boulevard du Marechal Juin 14050 Caen Cedex, France
[3] Installation de Mise en Œuvre et de Gestion des Radioéléments (IMOGERE) – Univ. Caen – France
@ : angelique@lpccaen.in2p3.fr

FANUM (Fluorescence appliquée à l'Archéologie et à la NUMismatique) est un projet pluridisciplinaire coordonné par trois laboratoires de l'Univ. Caen Normandie. Il bénéficie, dans le cadre des dispositifs de soutien aux projets émergents, d'un financement de la Région Normandie. Il associe le Centre Michel de Boüard-CRAHAM (UMR 6273), le Laboratoire de Physique Corpusculaire (UMR 6534) ainsi que la plateforme IMOGERE (Installation de Mise en Œuvre et de Gestion des Radioéléments).
Le projet est dédié à l'analyse de monnaies romaines issues d'un trésor découvert à Saint-Germain-de-Varreville (Manche) et récemment acquis par le Musée de Normandie (Caen). Ce trésor est composé de 14 528 *nummi,* émis durant la dynastie constantinienne, entre *ca.* 310 et 348 après J.-C. Unité monétaire du quotidien, le *nummus* est une pièce de bronze dont la composition mêle principalement cuivre, plomb, étain et argent. Pourtant, il reste mal connu : peu d'études se sont intéressées à l'évolution de sa composition ainsi qu'à son articulation avec les différentes réformes monétaires qui se succèdent au cours du IVe siècle. Y a-t-il eu un certain dirigisme de la part de l'État ? Ce dernier n'a-t-il pas laissé libre cours à certaines initiatives ? Y a-t-il eu stabilisation général du système monétaire entre les ateliers impériaux ? Plus précisément, si les ateliers sont censés appliquer les directives de l'État lors de la frappe monétaire, ont-ils toujours respecté les prescriptions officielles ? Autant de questions dont les réponses apporteraient à la connaissance d'une période charnière dans l'histoire monétaire de l'Empire romain et que le projet FANUM se propose d'aborder. Pour ce faire, une partie significative du trésor sera mise à l'analyse, soit *ca.* 3500 monnaies. A cette fin, la fluorescence X portable est la technique d'analyse non destructive qui a été choisie, car elle permet d'obtenir rapidement la composition du matériau en un point de sa surface. Elle apparait donc particulièrement adaptée à un échantillonnage aussi important. Le *nummus*, en tant qu'alliage hétérogène, nécessite la mise en place d'un protocole d'analyse adapté pour s'approcher au mieux de la composition de ces monnaies au moment de leur fabrication. En effet, les éléments comme le plomb et l'étain subissent une ségrégation et se retrouvent dispersés au sein de la monnaie. De plus, ces archéomatériaux sont l'objet d'altérations diverses depuis leur fabrication, qui modifient l'état de leur surface. Ils nécessitent donc une préparation adaptée à l'analyse par fluorescence X. Enfin, le protocole d'analyse lui-même sera validé par un ensemble de critères de précision et de justesse issus notamment de la répétabilité des mesures, de la sélection des éléments à rechercher, de la personnalisation de courbes de calibration à l'aide d'étalons adaptés ainsi que de l'examen détaillé des spectres. Dans ce poster, la mise en place de cette approche pluridisciplinaire sera présentée et les premiers résultats obtenus seront discutés.

Mots-Clés: archéométrie, numismatique, physique, métal, bronze, fluorescence X, analyses, composition, nummus

Gestion intégrée des anciens sites miniers et valorisation des résidus comme ressources secondaires

Françoise Bodenan*[1], Anne-Gwenaëlle Guezennec, Gaël Bellenfant, Guillaume Bertrand, Patrick D'Hugues

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – France

En France, l'exploitation d'un grand nombre de mines a généré le stockage d'importantes quantités de " déchets miniers ", qu'il s'agisse de la gangue écartée à l'issue des étapes de comminution, des résidus de traitements minéralurgiques (étapes de concentration) ou hydro-métallurgiques ou encore des scories récupérées à l'issue des éventuels traitements par pyrométallurgie.
Dans certains cas, ces résidus contiennent des métaux rares (gallium, germanium, indium, terres-rares, tungstène...), désormais jugés stratégiques, voire critiques, et recherchés pour des applications à haute valeur ajoutée. Ces métaux soit n'étaient pas extraits par le passé, soit étaient exploités au moyen de techniques dont les performances ont largement évolué, laissant également des métaux de base résiduels. Par ailleurs, ces sites, du fait notamment d'un impact sur l'environnement (relargage particulaire et de métaux, drainages miniers, acides ou non,...), peuvent nécessiter des travaux de réhabilitation couteux et des suivis sur le long terme.
Dans ce contexte le BRGM travaille depuis quelques années, dans le cadre de projets de R&D, à identifier et documenter les sites d'intérêt potentiel au retraitement de résidus miniers, au travers de l'évaluation des bases de données disponibles mais aussi par la proposition d'une méthodologie globale de caractérisation des anciens sites (notamment d'échantillonnage in situ). En complément, le BRGM réalise des essais à l'échelle du laboratoire voire à l'échelle pilote pour démontrer la faisabilité du retraitement comme méthode de remédiation. Les questions liées aux volumes accessibles, à la réglementation (statut de déchet) et à l'identification de filières des matériaux produits font également partie des travaux.
Dans un contexte d'économie circulaire, la valorisation métaux/matière des ressources secondaires que constituent les résidus miniers est un volet à considérer dans l'établissement de scénarios de gestion environnementale à long terme des anciens sites miniers, notamment en lien avec la Directive Européenne 2006/21/CE (article 5).

Mots-Clés: résidus miniers, ressource secondaire, métaux rares, retraitement

Mesures multi-méthodes haute fréquence de l'état hydrique des sols en zone de montagne

Colas Bohy[1,2], Romain Martin[1,2], Jean-Philippe Malet[⋆2], Florian Mallet[1], Vincent Marc[1], Julien Gance[3], Xavier Chavanne[4]

[1] Environnement Méditerranéen et Modélisation des Agro-Hydrosystèmes (EMMAH) – Institut national de la recherche agronomique (INRA) : UMR1114, Univ. Avignon et des Pays de Vaucluse – 301 rue Baruch de Spinoza, BP 21239, 84916 Avignon Cedex 9, France
[2] Institut de physique du globe de Strasbourg (IPGS) – université de Strasbourg, INSU, CNRS : UMR7516 – 5 Rue René Descartes 67084 Strasbourg Cedex, France
[3] Iris Instrument – Iris Instrument – 1 Avenue Buffon, BP 16007 - 45060 Orléans Cedex 2 France
[4] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – Univ. la Réunion, Univ. Paris VII - Paris Diderot, INSU – Univ. Paris Diderot, 35 rue Hélène Brion, 75205 Paris Cedex 13, France
@ : jeanphilippe.malet@unistra.fr

L'état hydrique des sols est un paramètre clé dans l'étude des mécanismes d'échange hydrologique entre la surface et la subsurface. La mesure à haute fréquence de ce paramètre est possible par des approches géophysiques. La fiabilité de ces capteurs peut varier en fonction des propriétés du sol et du principe de mesure utilisé. Le couplage entre mesures ponctuelles et mesures spatialisées est un enjeu majeur dans le domaine de l'hydrologie. Pour explorer ces questions, le projet en cours sur l'ORE Draix-Bléone consiste à réaliser un suivi multi-méthode, spatial et temporel, de l'humidité des sols en subsurface (premiers 50 cm) dans des contextes de sols et de végétation variés. Une parcelle expérimentale de 200 m2 a été aménagée à partir de septembre 2015 dans le cadre du programme CRITEX avec une série de capteurs commerciaux (EC5 Decagon, PR2 Delta T, Watermarks), deux prototypes Hymenet et une mesure distribuée des températures à 3 profondeurs par fibre optique selon deux linéaires parallèles de 60 m de long. Un réseau de capteurs a également été installé sur un bassin versant de 86 ha (capteurs 10 HS Decagon et PR2 Delta-T). Cette étude s'inscrit dans la phase initiale du projet consistant (1) à réaliser une analyse critique des premières séries chronologiques de mesures d'humidité et (2) de proposer une première analyse du comportement hydrologique des sols en fonction de leurs propriétés hydrodynamiques et des caractéristiques du couvert végétal. Du point de vue métrologique, l'objectif est d'évaluer la précision des différents capteurs et de quantifier l'incertitude sur la valeur "vraie" des teneurs en eau en fonction des situations de sols rencontrées. Du point de vue hydrologique, les mesures permettront de hiérarchiser l'impact des caractéristiques physiques du bassin-versant (nature du sol, végétation, topographie) et des forçages externes (pluie, vent) sur la variation des stockage d'eau dans les sols.

Mots-Clés: humidité des sols, capteurs, mesure, Draix

Endommagement et anomalie thermique liés à la propagation de failles: exemple des marnes de Pampelune (Sigues, Sud Pyrénées)

Tiphaine Boiron[⋆1], Charles Aubourg[1], Guilhem Hoareau[1], Pierre-Alexandre Grignard[1], Nemo Crognier[1], Alexandre Bometon[1], Hans-Rudolf Wenk[2], Eve Péré[3]

[1] Lab. des Fluides Complexes et leurs Réservoirs (LFC-R) – Univ. Pau Pays de l'Adour, CNRS : UMR5150, TOTAL – BP 1155 - 64013 Pau, France
[2] Department of Earth and Planetary Science – University of California, Berkeley, CA 94720, USA, États-Unis
[3] Institut Pluridisciplinaire de Recherche sur l'Environnement et les Matériaux (IPREM) – CNRS : UMR5254, Univ. Pau Pays de l'Adour – Hélioparc Pau Pyrénées 2 av. P. Angot 64053 PAU Cedex 9, France

La propagation de failles dans les piémonts pyrénéens est souvent accompagnée par le développement d'une schistosité dans les roches faiblement compétentes comme les argiles. Le bassin d'avant-pays de Jaca en montre un bel exemple où la propagation d'un hors séquence sur un chevauchement implique le développement d'une schistosité oblique dans des marnes de Pampelune. L'affleurement situé à Sigues permet d'observer sur quelques centaine de mètre l'apparition d'une schistosité oblique se surimposant progressivement sur la stratification horizontale jusqu'à devenir très développée au contact de la faille. Cet affleurement offre l'avantage de voir les différents degrés de déformation quasiment sur le même banc, ce qui permet un bon control structural. Le développement de cette schistosité ainsi que le pli de rampe observée dans les marnes peuvent s'apparenter à un modèle de type tri-shear. Cet endommagement est caractérisé par une réorganisation des argiles qui sont contrôlées par la stratification dans les cas les moins déformés, et qui progressivement se réorientent dans le plan de la schistosité. D'autres modifications texturales sont observées au cours de la déformation comme l'augmentation de la porosité ou encore la néoformation de chlorite. En parallèle de l'endommagement, les mesures de température effectuées par spectrométrie Raman (RSCM) et micro-thermométrie (FI) montrent une évolution thermique. Au contact de la faille, des températures de l'ordre de 200 °C +/- 50°C (RSCM) peuvent être atteinte avec des températures d'homogénéisation (FI) pouvant aller jusqu'à 160 °C. Dans les zones peu déformées, les températures sont de l'ordre de 150°C +/- 50 °C (RSCM). Ces dernières températures sont cohérentes avec les modélisations de bassin 1D (TemisFlow 1D) qui indiquent un enfouissement de -4-5 km (150-160°C) en accord avec les relevés de terrain et un flux de chaleur basal normal de 57 mW/m2. L'évolution thermique constatée dans les marnes en s'approchant de la faille est donc indépendante de l'enfouissement subit par les roches. La propagation de faille semble être la principale cause du développement de la schistosité comme de l'évolution thermique au sein des marnes de Pampelune.

Mots-Clés: endommagement, faille, argile, température, bassin, Pyrénées

Paleoenvironmental and climatic impact records in corsican lake during the late Holocene

Brahimsamba Bomou*[1], Christopher Castellani[1], Martine Brunsting[1,2], Anaïs Passera[1,2], Thierry Adatte[3], Emilie Garel[1], Frédéric Huneau[1]

[1] Universite de Corse (Lab. d'Hydrogeologie) – CNRS : UMR6134 – Faculte des Sciences Campus Grimaldi BP52 F-20250 Corte, France
[2] Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics, University of Amsterdam – P.O. Box 94248 1090 GE Amsterdam, Pays-Bas
[3] Insitut des Sciences de la Terre, Univ. Lausanne (UNIL) – Géopolis, 1015 Lausanne, Suisse
@ : brahimsamba.bomou@hotmail.fr

The Corsica Island is a key area for understanding and evaluating climatic and hydrological changes in the Mediterranean Region. A multiproxy approach has been previously applied to reconstruct the last millennial palaeoclimate in Corsica or in nearby areas, as in the sedimentary record in lake in Corsica (Reille et al., 1999), in Tuscany and Sicily (Magny et al., 2011), the marine sediment records (e.g. Martinez-Ruiz et al., 2015), or in the speleothems records in Italy (Zanchetta et al., 2014). However, the lack of other climatic proxies in the last millennial in Corsica is still problematic. In order to better constrain the climatic fluctuation of the last 1000 years in Corsica, it is interesting to investigate the sedimentary records from lakes in Corsica, and in particular the evolution of the geochemical and mineralogical signals. Indeed this approach was not yet performed in this area and can bring useful information about the anthropogenic activity and its evolution especially during the last century.
In this context, first preliminary investigations are needed to evaluate the potential sedimentary record in the Corsican lakes, in particular the sedimentary deposition (continuous, gaps, bioturbations, etc.), the deposition thickness, and the time period recorded. Two areas have been investigated: the Nino lake, and the Renoso lake which are characterised by high altitude environment (1800-2000 m), but show different types of catchment (size, geology, vegetation) and levels of eutrophication.
Preliminary data based on grain-size analyses, mineralogical analyses (XRD analyses) and geochemical analyses (CHN analyser; Rock Eval; Phosphorus content) show strong and fast fluctuations on the two sedimentary cores, in particular the phosphorus content link to the eutrophication level. These data are consistent with biological data based on invertebrate fauna and macrophyte flora studied in these lakes. This study brings some crucial data for the understanding of the recent environment evolution and the anthropogenic impact which occur in the Mediterranean Sea areas.

Magny, M., et al. (2011). Quaternary Science Reviews 30, 2459–2475.
Martinez-Ruiz, F., et al. (2015). Quaternary Science Reviews 107, 25–46.
Reille, M., et al. (1999). New Phytol. 141, 291–307.
Zanchetta, G., et al. (2014). Global and Planetary Change 122, 130–139.

Mots-Clés: Corsica, lake, Holocene, palaeoclimate, eutrophication, geochemistry, mineralogy

Dynamique d'écaillage et d'exhumation des unités océaniques subductées du Sistan (Iran oriental)

Guillaume Bonnet*[1], Philippe Agard[1], Samuel Angiboust[2], Patrick Monié[3], Michaël Jentzer[1], Marc Fournier[1]

[1] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193, Univ. Pierre et Marie Curie [UPMC] - Paris VI – 4, place Jussieu BP CC129 75252 Paris Cedex 05, France
[2] GFZ Potsdam [Postdam] – Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Allemagne
[3] Géosciences Montpellier (GM) – CNRS : UMR5243, Univ. Montpellier II - Sciences et techniques – Place E. Bataillon - CC 60 34095 Montpellier Cedex 5, France

Les zones de suture témoignent de l'existence d'anciens domaines océaniques, refermés depuis, et abritent des roches océaniques métamorphisées sous l'effet de changements de pression et de température en contexte de subduction. Ces roches métamorphiques résultent de l'écaillage puis de l'exhumation de portions de la plaque plongeante, sans que l'on sache toutefois quelle relation cet écaillage entretient avec l'activité sismogénique majeure qui accompagne le processus de subduction.
A ce titre, la nature, les volumes, les transformations subies par ces roches recèlent des informations précieuses mais souvent inaccessibles. Le mérite de la zone interne de la suture du Sistan, située à l'est de l'Iran et vestige d'une branche de la Néotéthys séparant les blocs continentaux Afghan et du Lut, est d'offrir une qualité d'affleurement inégalée pour l'étude de telles roches métamorphiques. Deux types de mélanges principaux y sont reconnus, l'un à matrice serpentineuse et l'autre flyschoïde, comprenant des blocs d'affinité océanique de nature, d'âge, et de grades métamorphiques variés : péridotites, métabasites éclogitiques et amphibolitiques, métacherts à riébeckite, métabasaltes schiste vert, flyschs schiste vert.
Afin de caractériser la genèse de ces mélanges et les modalités de leur fragmentation, et déterminer s'il s'agit d'une caractéristique héritée (de la croûte océanique et/ou de la fosse) ou liée à l'écaillage en profondeur (sismique ou non), notre étude s'est intéressée à la structure des unités de mélange et à leur cartographie détaillée, ainsi qu'à la pétrographie, thermobarométrie et radiochronologie des blocs de haut-grade. Nos résultats et leurs implications sur les processus d'écaillage et d'exhumation sont comparés aux rares études précédentes sur la zone et aux mélanges bien documentés ailleurs dans le monde.

Mots-Clés: subduction, mélange

Étude du cycle hydrologique en France sur le 20ème siècle

Rémy Bonnet*[1]

[1] CERFACS – Univ. Paul Sabatier – 42 Avenue Gaspard Coriolis 31057 Toulouse Cedex 1, France

Des études récentes basées sur les quelques observations longues de débits disponibles (~ un siècle) montrent qu'une forte variabilité aux échelles de temps multi-décennales existe sur les débits des rivières françaises. Pour étudier cette variabilité, des simulations hydrologiques ont été réalisées sur la France à partir du modèle hydrométéorologique ISBA-MODCOU. Une nouvelle méthode statistique pour reconstruire les forçages météorologiques haute-résolution sur la France pour tout le 20ème siècle est décrite. Les résultats de la désagrégation statistique de deux réanalyses atmosphériques longues (ERA20C et NOAA 20CR) sont contraints par des observations longues de précipitation et température homogénéisées sur la France. Dans un premier temps, les précipitations et températures reconstruites sont évaluées. Dans un second temps, les reconstructions de débits sont comparées aux observations longues existantes. L'impact de l'utilisation de séries d'observations homogénéisées dans la méthode de reconstruction est discuté. Une analyse de ces reconstructions est ensuite réalisée, mettant en évidence l'existence d'une variabilité multi-décennale pour des variables du cycle hydrologique autres que les débits et les précipitations (neige, humidité des sols, évapotranspiration). Les mécanismes hydrologiques à l'œuvre dans les variations des débits en été sont finalement étudiés.

Mots-Clés: cycle hydrologique, variabilité multi-décennale

Géoarchéologie de l'urbain : éléments de réflexion, de méthode et résultats récents

Quentin Borderie*[1,2], Bruno Desachy[1], Stéphane Gaillot[3], Hervé Tronchère

[1] Archéologies et Sciences de l'Antiquité (ArScAn) – Univ. Paris I - Panthéon-Sorbonne, CNRS : UMR7041, Univ. Paris X - Paris Ouest Nanterre La Défense – Maison René Ginouvès Boîte 3 21, allée de l'université 92023 Nanterre Cedex, France
[2] Service de d'archéologie d'Eure-et-Loir – Conseil départemental – Allée M. Valin 28000 Chartres, France
[3] Service archéologique de la ville de Lyon – Mairie de Lyon - 69205 Lyon Cedex 01, France
@ : bruno.desachy@univ-paris1.fr

Le fait urbain résulte des interactions denses entre les sociétés et la matérialité des espaces vécus et construits, sur le temps long. Les sédiments et sols qui le composent sont, de fait, une co-construction complexe de processus liés aux milieux et aux pratiques sociales. De par l'historicité de ces archives pédo-sédimentaires, leur étude nécessite une approche combinant géosciences et archéologie. Au centre de cette approche, la géoarchéologie joue un rôle primordial. Cette communication s'attache à exposer i) le cadre pratique de la géoarchéologie de l'urbain, ii) ses méthodes et iii) des résultats récents acquis dans différentes villes de France (Lyon, Metz, Noyon, Beauvais, Evreux). Sont abordés notamment les méthodes d'enregistrement des processus étudiés, leur temporalité et leur spatialité, dans l'objectif d'interpréter la fonction des espaces. Les espaces traités s'échelonnent depuis le bassin versant jusqu'aux micro-constituants des couches archéologiques. L'accent est mis notamment sur le dépassement de la notion strictement sédimentaire et discontinue, mais néanmoins nécessaire, d'unité stratigraphique (US) utilisée par les archéologues depuis une quarantaine d'années ; en particulier par la prise en compte des altérations et transformations sur place (percolations, tassements, etc.), des phénomènes continus et progressifs (pollutions diffuses, distribution de constituants grossiers) et des gradients de concentration à différentes échelles (degrés de fréquentation des espaces, passage urbain - péri-urbain - rural).

Mots-Clés: archéologie, micromorphologie, unité stratigraphique, France, terres noires, ville

Interactions between diagenesis and fracture network: Control on transport properties of fractured sandstones

Claire Bossennec*[1], Yves Geraud[1], Luca Mattioni[2], Isabelle Moretti[2]

[1] UMR 7359 GeoRessources – Univ. Lorraine, ENSG – Campus Brabois - Bâtiment F - 2 rue du Doyen Marcel Roubault - 54518 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex, France
[2] ENGIE – Tour T1 – 1 place Samuel de Champlain, Faubourg de l'Arche, 92930 Paris La Défense Cedex, France
@ : claire.bossennec@univ-lorraine.fr

Understanding flowing properties in fractured sandstones and the impacts of both fluid/rock interactions and fractures is essential for modeling transport properties of these reservoirs.
The studied outcrop of Cleebourg (Buntsandstein Fm) includes three fractured corridors, 2 to 5 meters thick, perpendicular to bedding and parallel to the fault related to the Rhine Graben extensional system. The analyzed samples belong to two layers with similar macroscopic lithologies. On these samples were performed permeability measurements, porosity and pore space parameters determination using mercury intrusion porosimetry (MIP) and X-ray micro-tomography, and petrography (optical and SEM) including micro-structural and diagenetic features descriptions.
Based on MIP and microscopy results, in entire damage zone, two facies are present.
The first facies (Fa1) has an average porosity of 12 %, with a first family of pores (P1) showing an access threshold pore diameter of 10 to 40 μm and a second family of pores (P2) with a smaller access threshold pore diameter of 0.2 to 4 μm. In thin sections, (Fa1) presents clay content up to 15%. (P1) family represents the threshold access of intergranular voids, as observed in thin sections.
The second facies (Fa2), with an average porosity above 15%, presents a major family of pores (P1) and less represented (P2) family. In thin sections, (Fa2) is a clay poor sandstone, presenting higher feldspar and quartz cementations around grains.
Permeability values, on both laboratories and field measurements, are higher in fractured samples, for all the facies (Fa1: permeability from 80 mD for non-fractured samples up to 200 mD when fractured, Fa2: from 120 mD up to 1200 mD when fractured).
Two different behaviors are observed for Fa1 and Fa2. Fa1 (P2) family increases in terms of porous volume, related to the increase of cracks and fracture density in detrital grains, as observed in SEM and optical microscopy. Volume of Fa2 (P2) family is similar for non-fractured and fractured samples, but (P1) family shows a larger diameter for fractured samples. In thin sections, it is linked to a dissolution of quartz and feldspar cements. These samples have the highest permabilities of the entire dataset, for similar porosities with non-fractured Fa2.
Results from X-Ray tomography detail that a major part of effective porosity (more than 75%) consist on a connected volume with relative large access thresholds (larger than 5μm: family (P1)).
Fractures and cracks create transgranular spaces, increase connectivity of the total porosity. It explains higher ranges of permeability for constant porosities. Fluid flow is constrained in fractured zones of higher permeability, causing cement dissolution, increasing again permeability. By impacting a large volume of porosity, interactions between diagenetic processes and fracture corridors are impacting transport properties of sandstones.

Mots-Clés: fractured sandstones, fracture diagenesis, porous network characterization

Stability and spectroscopy of complex Na-Mg sulfates on the surface of Mars

Nina Bothamy*[1], Razvan Caracas[2], Ema Bobocioiu[2]

[1] Centre de recherches petrographiques et géochimiques (CRPG) – CNRS : UPR2300, INSU, Univ. Lorraine – 15 Rue Notre Dame des Pauvres - BP 20 54501 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex, France
[2] Lab. de Géologie de Lyon : Terre, Planètes, Environnement (LGLTPE) – CNRS : UMR5276, École Normale Supérieure - Lyon, Univ. Claude Bernard - Lyon I – France
@ : nbothamy@crpg.cnrs-nancy.fr

Raman and infrared spectrometers, components of the SuperCam instrument built by CNES that collaborates with NASA, will be sent on Mars's surface for the first time for the Mars 2020 mission (1). They will be used to determine the actual mineral phases using vibrational spectroscopy. However, the spectra of the potential minerals on Mars are far from being fully studied. Among the potential minerals on Mars, salts are of particular interest as they can offer clues about the past wet environment. In this context, the Raman spectra of Na-Mg sulfates, sulfites, and thiosulfates were calculated using first-principles (*ab initio*) calculations based on the density-functional theory as implemented in the ABINIT code (2). Results are already available on the WURM database website (http://www.wurm.info, (3)). The calculations are performed at ambient pressure conditions and low temperature (0 K). The calculations show that Raman spectra can be used as identification tool at several levels. They allow determining the type of minerals (sulfate mineral; acid or non acid sulfate; hydrated or anhydrous phases), and also their hydration state. In addition, the vibrational analysis reveals dynamical instabilities that may induce phase transitions at low temperature: e.g. Na2SO4 with the space group P-3m1 is unstable at low temperature, while Na2SO4 Pbnm is stable. We also compute the heat of formation and heat of hydration of the Na-Mg sulfates at 0 GPa. Mirabilite Na2SO4(H2O)10, sulfuric acid octahydrate H_2SO4(H2O)8, matteuccite NaHSO4(H2O) and Na2Mg(SO4)2(H2O)16 are the most stable hydrated phases in their respective chemical systems. Moreover, the calculated heat of hydration suggests that Mg-sulfates (4) should play a greater role in the martian water cycle than Na-Mg sulfates, and that Na-sulfates should have a minor role.
References:
(1): http://mars.jpl.nasa.gov/mars2020
(2): X. Gonze et al. (2009), Comput. Phys. Comm. 180, p. 2582-2615, doi: 10.1016/j.cpc.2009.07.007
(3): R. Caracas and E. Bobocioiu (2011), Amer. Mineral. 96, p. 437-444, doi: 10.2138/am.2011.3532
(4): E. Bobocioiu and R. Caracas (2014), Amer. Mineral. 99, p. 1216-1220, doi: 10.2138/am.2014.4632

Mots-Clés: Mars's surface, Raman spectroscopy, sulfate, ab initio calculations

Étude des brèches Méso-Cénozoïques du Nord-Est des Pyrénées (Latour-de-France), origines et implication sur l'évolution géologique des Pyrénées

Milton Boucard*[1], Thierry Nalpas[1], Michel de Saint Blanquat[2]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1 – UMR 6118 CNRS, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France., France
[2] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563, 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France

Les brèches de la zone nord pyrénéenne sont un des témoins de l'histoire géodynamique des Pyrénées. Les affleurements de brèches sont nombreux dans cette zone et il existe une variété importante en termes de faciès et de géométries. Les différents types d'associations faciès-géométries sont dépendant du processus de formation (tels que des processus sédimentaires, tectoniques ou encore de fracturation hydraulique) et constituent ainsi des indices du contexte géodynamique local. Ainsi, il convient de définir quels sont les critères discriminants dans la caractérisation des différents faciès de brèches afin de déterminer quelles sont les origines de la formation des brèches pyrénéennes. Cette étude porte sur un des faciès de brèches présent dans la région de Latour-de-France : les brèches dite Éocène (eBr). Ces brèches (eBr) se retrouvent sur les bordures des synclinaux du Bas Agly et Saint Paul de Fenouillet, ainsi que coincées dans le Massif de l'Agly. Cette étude focalisée sur la carrière de Roc Pointu sur le flanc sud du synclinal du Bas Agly entre Cases de Pène et Estagel a permis de confirmer que les brèches de type eBr, considérées comme sédimentaires et Eocènes donc syn-compression alpine (Mattauer et Proust, 1962 ; Berger et al., 1993), sont effectivement d'origine sédimentaire mais se sont mises en place antérieurement à l'Albo-Cénomanien. La forte représentativité des brèches de type eBr dans la zone d'étude indiquerait donc, qu'à l'Albo-Cénomanien, de fortes pentes jalonnaient les zones actuelles synclinales et que leur déstabilisation serait à l'origine de la mise en place des brèches sur les formations ante-albiennes. Dans la mesure où cette époque correspond à une phase d'extension (plus ou moins décrochante), l'origine de ces escarpements est à relier à des failles normales (plus ou moins décrochantes) qui formaient les bordures des bassins.

Mots-Clés: synclinal du Bas Agly, brèches Ebr, sédimentaire, Albo-Cénomanien

De la simulation de séries climatiques en zone sahélienne à la simulation hydrologique : le cas de la reconstitution des niveaux du lac Tchad sur la période 1851-2011

Camille Bouchez*[1], Pierre Brigode[2], Nathalie Folton[3], Pierre Deschamps[1], Julio Goncalves[1], Florence Sylvestre[1]

[1] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., INSU, IRD, CNRS : UMR7330 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[2] UMR 7329 Géoazur – Univ. Nice Sophia-Antipolis, CNRS : UMR7329, IRD : UR082, Observatoire de la Cote d'Azur – 250 rue Albert Einstein Sophia Antipolis 06560 Valbonne, France
[3] Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture (IRSTEA) – 3275, route de Cézanne CS 40061 13182 Aix en Provence Cedex 5, France

La réduction de 25 000 à 4 000 km^2 de la superficie du lac Tchad entre 1972 et 1987, en lien avec les sécheresses récurrentes des années 80 au Sahel, a eu des répercutions majeures sur le mode de vie des populations riveraines. Ces très bas niveaux lacustres ayant déjà été observés à plusieurs reprises au cours du 20e siècle, l'évaluation de la réponse hydrologique du bassin versant du lac Tchad à la variabilité de la mousson ouest africaine est donc un enjeu essentiel pour faire face à la vulnérabilité des populations sahéliennes.
Dans cette étude, les niveaux du lac Tchad sont reconstruits entre 1851 et 2011 par un modèle de lac dont le forçage principal est le débit du Chari-Logone (fleuve drainant 90% des apports au lac), lui-même simulé par un modèle pluie-débit contraint par des séries climatiques (précipitation (P) et température (T)). Le modèle de lac et le modèle pluie-débit ont été préalablement calés sur la période 1955-2011. Les séries climatiques utilisées (P, T) sont obtenues par la méthode des analogues. Cette méthode de reconstitution consiste notamment à faire une analogie entre des situations atmosphériques de la période de simulation (ici 1851-2011) et de la période d'observation (ici 1955-2011), afin de reconstruire les séries de P et T sur toute la période de simulation par ré-échantillonnage des séries observées. Les niveaux du lac ainsi simulés sont comparés aux observations sur la période 1955-2011 ainsi qu'aux archives historiques qui témoignent des niveaux de lac avant 1955.
A cette reconstitution des niveaux du lac est comparée une autre simulation obtenue cette fois à partir des précipitations et des températures simulées par des modèles climatiques globaux des expériences CMIP5. Confronter les méthodes de reconstitution de l'hydrologie en zone sahélienne semble pertinent tant les projections de précipitations sont divergentes dans cette région.

Mots-Clés: variabilité hydro-climatique, reconstitution hydrologique, analogie atmosphérique, lac Tchad, zone sahélienne

L'Observatoire Hydrométéorologique Méditerranéen Cévennes Vivarais

Brice Boudevillain*[1], Guy Delrieu[1]

[1] Lab. d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement (LTHE) – CNRS : UMR5564, IRD : UR12, Univ. Grenoble Alpes (UGA) – CS 40700 - 38058 Grenoble Cedex 9, France
@ : guy.delrieu@univ-grenoble-alpes.fr

L'OHMCV est une Service National d'Observation de l'INSU-CNRS et de l'OSU Grenoble qui s'interesse aux phénomènes hydrométéorologiques extrêmes affectant les zones méditerranéennes. Il s'intéresse en particulier à l'étude des pluies intenses et les crues-éclairs et cherche à répondre aux questions scientifiques suivantes :
• quel est le fonctionnement hydrologique des bassins versants soumis aux pluies intenses en région méditerranéenne ? ;
• comment améliorer la chaîne de prévision hydrométéorologique et réduire l'impact sociétal de ces événements extrêmes ;
• quelle est l'occurrence de ces événements et leurs impacts ? ; quelle sera l'évolution dans un contexte de changement climatique et de pression anthropique accrue ?
Pour ce faire, l'OHMCV fédère des compétences de chercheurs de disciplines variées (météorologie, hydrologie, géophysique, géographie, informatique et mathématiques appliquées, sociologie, ...) en lien avec des services opérationnels (Météo-France, EDF, Services de Prévision des Crues) et met en oeuvre des stratégies d'observation complémentaires :
• une observation hydro-météorologique détaillée et durable sur la région Cévennes-Vivarais ;
• la réalisation de retours d'expérience hydrologique et sociale sur les phénomènes extrêmes se produisant sur l'ensemble des régions méditerranéennes de l'Europe de l'Ouest ;
• des observations sociales.
Les variables physiques mesurées sur les sites d'observation "recherche" (c'est-à-dire à l'échelle des versants et petits bassins versants) sont : la pluie (pluviomètres, disdromètres), l'humidité des sols, l'infiltration, la résistivité des sols, les flux de sub-surface, les hauteurs d'eau et débits des rivières, la charge en matière en suspension des rivières. Des suivis géochimiques de l'eau de pluie et des écoulements lors des événements de pluie intense ont également été réalisés.
En complément, sur l'ensemble du site méso-échelle "Cévennes-Vivarais", sont collectées et valorisées des données opérationnelles de pluie (pluviomètres, radars), de hauteurs d'eau et de débits des rivières.
Les retours d'expérience hydrologiques et socio-économiques sont réalisés sous forme d'enquêtes visant à la fois à récupérer des observations physiques (plus hautes eaux, temps de montée) et sociales.
L'observation sociale vise à documenter les comportements en situation de crise, les trajectoires résidentielles en zones inondables, les processus d'alerte, les mobilités quotidiennes et l'exposition des automobilistes aux crues rapides.
L'OHM-CV est résolument impliqué dans le méta-programme MISTRALS (Mediterranean Integrated STudies at Regional And Local Scales) du Comité Inter-Organismes Environnement, et notamment du projet HyMeX. Ce projet est dédié à l'étude du cycle de l'eau en Méditerranée, avec un intérêt particulier pour l'évolution de la variabilité climatique et pour la genèse et la prévisibilité des événements intenses.
L'OHMCV est membre du SOERE Réseau des Bassins Versants.

Mots-Clés: pluies intenses, crues rapides, régions méditerranéennes

Relations entre événements isotopiques et lessivage continental au passage Pliensbachien/Toarcien : nouvelles données des bassins de Paris et de Cleveland (Yorkshire, GB)

Cédric Bougeault*[1], Pierre Pellenard[1], Nicolas Thibault[2], Stephen Hesselbo[3], Jean-François Deconinck[1], Ludovic Bruneau[1], Emilia Huret[4]

[1] Biogéosciences – Univ. Bourgogne, CNRS : UMR6282 – 6 Bvd Gabriel 21000 Dijon, France
[2] IGN, University of Copenhagen – Danemark
[3] Camborne School of Mines, University of Exeter – Royaume-Uni
[4] ANDRA – Parc de la Croix Blanche, rue Jean Monnet 92298 Chatenay Malabry, France
@ : cedricbou@orange.fr

Le passage Pliensbachien-Toarcien est connu par ses crises climatique et biologique importantes. L'évolution du climat se marque par un réchauffement associé à des perturbations du cycle du carbone et des périodes de stockage de matière organique. Deux excursions négatives majeures du d13C sont répertoriées : (1) au passage Pliensbachien/Toarcien (*Pliensbachian/Toarcian Boundary Event* ou PTBE), (2) au Toarcien inférieur (passage des biozones Tenuicostatum/Serpentinum) avec l'excursion majeure du T-OAE, suivie d'une excursion mineure (CIE 2; biozone à Serpentinum). En parallèle, les isotopes du strontium, de l'osmium et du calcium suggèrent une intensification du lessivage continental. Une compilation des données de la minéralogie des argiles à moyenne et haute résolution a montré par ailleurs un enrichissement en kaolinite, indiquant des modifications du ruissellement sur les continents au cours du T-OAE (Dera *et al.*, 2009; Hermoso et Pellenard, 2014). En revanche, la fin du Pliensbachien, est marquée par un refroidissement associé à une diminution significative de la kaolinite interprétée comme une baisse de l'altération continentale (Dera *et al.*, 2009).
Cette étude présente des nouvelles données de la minéralogie des argiles au passage Pliensbachien-Toarcien sur des coupes du Yorkshire (Bassin de Cleveland; 1ech/17 cm en moyenne, 311 mesures) et (2) du forage de Montcornet (nord Bassin de Paris; 1ech/70 cm en moyenne, 100 mesures). Les résultats sont confrontés aux données géochimiques disponibles pour les deux bassins.
Dans le bassin de Cleveland, trois périodes d'enrichissement en kaolinite ont été identifiées: (1) lors du PTBE ; (2) durant le T-OAE ; (3) à la fin de la zone à Serpentinum. L'enrichissement en kaolinite synchrone du PTBE reflète probablement une intensification de l'hydrolyse. Dans le Toarcien inférieur, l'augmentation de la kaolinite précède le début du T-OAE, suggérant une augmentation des conditions d'hydrolyse antérieure à l'événement. Cette augmentation de kaolinite est interrompue par un bref apport d'interstratifiés illite-smectite au sein du T-OAE, pendant une phase d'enrichissement maximale en matière organique.
Dans le bassin de Paris, après une chute des proportions de kaolinite observée à la fin du Pliensbachien (Zone à Spinatum), une légère augmentation de kaolinite est associée au T-OAE. Les changements associés au PTBE ne sont pas enregistrés dans ce bassin car cet intervalle correspond à un hiatus majeur lié à la chute du niveau marin à la limite Pliensbachien/Toarcien.
Cette étude minéralogique montre ainsi un fort couplage entre cycle du carbone, paléotempératures et lessivage, suggéré notamment par des variations caractéristiques d'apports en kaolinite. Les particularités de chaque bassin, tributaire de la physiographie de ses bordures et des sources érodées, reste toutefois à prendre en considération.

Dera et al., 2009. *Palaeo3*, 271, 39-51.
Hermoso & Pellenard, 2014. *Palaeo3,* 399, 385-393.

Mots-Clés: Toarcien, minéraux argileux, lessivage continental, Yorkshire, bassin de Paris

Les événements isotopiques du Lias (Sinémurien-Toarcien). Apports du forage Andra A901 (nord du Bassin de Paris)

Cédric Bougeault*[1], Igor Girault[1], Pierre Pellenard[1], Jean-Louis Dommergues[1], Jean-François Deconinck[1], François Baudin[2], Christophe Durlet[1], Théophile Coquerez[1], Emilia Huret[3]

[1] Biogéosciences – Univ. Bourgogne, CNRS : UMR6282 – 6 Bvd Gabriel 21000 Dijon, France
[2] Institut des sciences de la Terre de Paris (UMR 7193) – Univ. Pierre et Marie Curie Paris 6 – France
[3] Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) – Parc de la Croix Blanche, rue Jean Monnet 92298 Chatenay Malabry, France
@ : cedricbou@orange.fr

L'intervalle Sinémurien supérieur - Toarcien inférieur est marqué par plusieurs perturbations majeures du cycle du carbone (Korte & Hesselbo 2011). Trois excursions négatives sont identifiées : 1) à la limite Sinémurien-Pliensbachien (SPBE : *Sinemurian/Plienbachian Boundary Event*) ; 2) à la limite Pliensbachien-Toarcien (PTBE : *Pliensbachian/Toarcian Boundary Event*) ; 3) au sein du Toarcien inférieur. Cette dernière excursion négative marque le T-OAE (*Toarcian Oceanic Anoxic Event*) qui correspond à un événement anoxique majeur. Une anomalie positive est parfois identifiée au sein du Pliensbachien supérieur (*Late Pliensbachian Event*). Ces changements majeurs d'ordre climatique, environnemental et biologique, ont été principalement décrits dans les coupes du Yorkshire (U.K.) et du Bassin Lusitanien (Portugal).
Le forage A901 réalisé par l'Andra en 1989, dans l'Aisne à proximité de Montcornet, (nord du Bassin de Paris), traverse les séries du Turonien au Dévonien (Debrabant *et al.*, 1992). Quelques études sur l'intervalle Sinémurien-Toarcien ont permis de préciser la biostratigraphie, la magnétostratigraphie (Yang *et al.*, 1996; Moreau *et al.*, 2002) et la minéralogie des argiles à basse résolution (Debrabant *et al.*, 1992). Notre étude, focalisée sur l'intervalle Sinémurien supérieur - Toarcien inférieur (720 à 990 m de profondeur), porte sur les isotopes du carbone et de l'oxygène, mesurés avec un pas d'échantillonnage compris entre 0,5 et 1 mètre, sur la roche totale, la matière organique et les bélemnites. Ces données sont comparées aux cortèges argileux et à la teneur en matière organique exprimé par le Carbone Organique Total (COT). Le SPBE, bien calé par la biozonation des ammonites, est caractérisé avec une longue excursion négative du δ13C de -2 ‰ couvrant les biozones Raricostatum et Jamesoni, soit une durée d'environ 3 Ma. Une excursion positive du δ13C de 1 ‰ est par la suite enregistrée à la fin de la biozone à Ibex. Elle est suivie par une augmentation nette des proportions de kaolinite, qui suggère une modification importante du lessivage continental. Enfin, une excursion négative du δ13C de -5 ‰, associée à des teneurs relativement importantes en COT (5 %) et une diminution du δ18O des bélemnites caractérise le T-OAE. Les conditions de diagenèse/circulation de fluides du forage sont toutefois responsables d'une altération du signal du δ13C au Pliensbachien supérieur. La sédimentation discontinue au passage Pliensbachien/Toarcien, associée à un maximum régressif, ne permet pas l'enregistrement du PTBE.

Debrabantet al., 1992. *Scientific Drilling* 3, 138-152.
Korte & Hesselbo, S.P., 2011. *Paleoceanography*, *26*(4).
Moreauet al., 2002. *Earth and Planetary Science Letters* 203, 755-767.
Yang et al., 1996. Journal of Geophysical Research 101, 8025-8042.

Mots-Clés: Pliensbachien, Toarcien, isotope du carbone, bélemnites

Using of magnetic susceptibility to estimate soil erosion, North of Morocco

Naima Bouhsane*[1], Saidati Bouhlassa[1], Ahmed El Yahyaoui El Idrissi[1], Siham Lhimr[1]

[1] Laboratory of Radiochemistry, Department of Chemistry, Faculty of science Rabat – Maroc
@ : naimabouhsane@gmail.com

Land degradation caused by soil erosion is now a serious threat. It is difficult to link soil erosion and redistribution on a long term scale using classical field plot monitoring or the costly 137Cs technique. However, magnetic susceptibility in soil is a fast and non destructive technique that can be used to estimate soil erosion. The purposes of this study were to assess the variation of magnetic susceptibility along the slope in a Moroccan subcatchment under different land uses to examine the effects of slope positions on the variability in magnetic susceptibility, and to compare the effect of land use at each slope position on this parameter to highlight magnetic response of soil under different land uses. Soil cores were collected along three typical transects, magnetic susceptibility was measured at two different frequencies to assess its variation when the frequency of the applied magnetic field changed. The results demonstrate that it is possible to trace erosion and deposition along transects in cultivated or pasture lands using χlf and χfd to highlight erosion mechanism and to explore χlf for estimation of the relative magnitude of soil erosion and deposition at different slope positions.

Mots-Clés: magnetic susceptibility, soil, erosion, slope position

Structure profonde du bassin en pull-apart d'avant-pays de Ouarzazate: Apport de la gravimétrie et du magnétisme

Mustapha Boujamaoui*[1], Adnen Amiri[2], Ahmed Menar[3], Mohamed Hedi Inoubli[2]

[1] Univ. My Ismaïl, Dpt. de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques - Errachidia – BP. 509, Boutalamine, 52 000 Errachidia, Maroc
[2] URGAMM, Dpt. de Géologie, Faculté des Sceinces de Tunis – Tunisie
[3] Ministere d'Energie et de Mines, Rabat Maroc – Maroc

La connaissance de nouvelles structures géologiques au niveau des bassins sédimentaires marocains d'âge cénozoïque a été l'une des priorités de nombreux travaux géologiques et géophysiques. Parmi ces bassins, il y a le bassin de Ouarzazate qui est individualisé entre la zone mobile en surrection du Haut Atlas Central au nord, et le domaine stable de l'Anti-Atlas au sud. Ce bassin est caractérisé par un substratum d'âge précambrien à paléozoïque, et par une couverture cénozoïque difficile à interpréter, puisqu'elle est constituée de faciès silisiclastiques azoïques et de matériels de démantèlements de la chaîne atlasique. Les données gravimétriques et magnétiques dont les interprétations font l'objet de ce travail, ont subi des transformations telles que les gradients horizontaux et verticaux et leurs prolongements vers le haut, ainsi que la caractérisation des sources par leurs inclinaisons et leurs profondeurs. Ces traitements permettent d'apporter de nouveaux éléments à la connaissance de la structure profonde du bassin de Ouarzazate. En effet, les cartes gravimétriques et magnétiques font apparaitre des anomalies de taille et d'amplitude variées qui se rapportent à des structures de dimensions et de profondeurs variables. De plus, l'interprétation des anomalies montre que le bassin de Ouarzazate est constitué de trois dépressions qu'on nomme: la dépression de Tiflite, la dépression de Toundoute et la dépression de Boumalne. Ces dépressions sont séparées par des seuils attribués à des linéaments. Ainsi, les résultats ont permis de proposer un schéma structural du bassin d'avant-pays de Ouarzazate qui répond à la géométrie et à la dynamique du bassin atlasique central. Dans ce schéma, les accidents de directions atlasiques NE-SW, E-W et NW-SE; et les dépressions E-W et N-S, illustrent bien que le bassin d'avant-pays de Ouarzazate correspond à un bassin en pull-apart. En conséquence, cette géométrie a des effets sur l'orientation de l'exploration des ressources pétrolières et minières dans la zone d'étude.

Mots-Clés: bassin en pull-apart, avant-pays, Ouarzazate, gravimétrie, magnétisme

Comportement des terres rares dans les manteaux d'altération développés sur un socle métamorphique hétérogène. Cas : Tamazert et Hadj Ali (NE Algérie)

Mechati Boukoffa*[1]

[1] Algérie

Les manteaux d'altération développés sur un socle métamorphique hétérogène au Nord-Est Algérien sous forme de gisements de kaolin (Tamazert et Hadj Ali) offrent la possibilité de suivre le comportement de certains éléments en traces (éléments de transition) et REE de la roche mère jusqu'au produit d'altération. La roche mère et le produit d'altération des deux gisements ont été échantillonnés et analyser par diffraction des rayon-X (DRX) et (ICP-MS), les éléments terres rares sont inclus dans l'analyse chimique.
Les diffractogrammes des rayons-X montrent une composition minéralogique similaire dans les deux gisements dominée par la kaolinite (20% à 78%), associés à du quartz (5% à 23%), de l'illite/muscovite (8% à 61%). La chlorite, feldspaths et plagioclases sont aussi présent dans certains échantillons avec des faibles quantités.
Les analyses chimiques présentent un enrichissement pour la majorité des éléments en traces dans les produits d'altération Co, Ni, Ta, Sc, Rb, Cr, Nb et REE. Les rapports Co/Th, Zr/Nb, Cr/Th, La/Th, Nd/Sm, Lu/Hf et Th/U sont élevés dans les produits d'altération des deux profils à l'exception du rapport Co/Th qui est diminué dans le profil de Hadj. Le rapport Zr/Y présente des valeurs divergentes entre le sommet et le bas du profil, augmentation au sommet et au bas du profil de Tamazert et le contraire au profil de Hadj Ali une augmentation des valeurs au bas du profil et diminution au sommet.
Le rapport (La/Yb) permet d'identifier la nature des roches mères sur lesquelles les manteaux d'altération ont été développés. Le rapport (La/Yb) montre des valeurs variés $8 < (La/Yb)$

Cullers.R.L et al., (1991). Chemical and mineralogical comparaison of the Pennsylvanian Fountain Formation. Colorado. U.S.A. to sedimentary rocks from other tectonic environments. Lithos 27, 115-131.
Kent C et al., (1995). Behavior of rare earth elements in a paleoweathering profile on granodiorite in the Front Range, Colorado, USA. Geochim et Cosmochim Acta, Vol. 59. N°2, pp 279-294.
Mongelli G, (1993). REE and other trace elements in a granitic weathering profile from Serre, southern Italy. Chem. Geol. 103, 17-25.

Mots-Clés: Tamazert, Hadj Ali, altération, terres rares, kaolin

Volute® system for dewatering of sediments

Beatriz Boullosa Allariz*[1], Daniel Levacher[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France

The sludge-dryer VOLUTE®, a Japanese patented machine, looks like a continuous filter press, able to operate a continuous work system, it allows to dehydrate sludge and/or mud without stopping the machine. This machine has been conceived on the combination of physical actions: gravity, filtration, compression and shear forces. It allows the dehydration of sludge by a specific system and a characteristic drying design.

The VOLUTE® dewatering machine consists of a conical cylinder composed by a screw which rotates at a constant speed within a succession of fixed and moving rings and spacers. This conical cylinder is usually divided into two main parts. A first part concerns the thickening zone where the rings are gradually tightening from 0.5 – 0.3 mm. The second part corresponds to the dewatering zone where the rings are separated gradually between 0.3 and 0.15 mm.

The process used by this machine is simple: the sludge is introduced into a feed chamber. Flocculants/polymers are injected into the material to be dehydrated (sludge, muds...). This mixture is carried by the screw to the thickening and dewatering zones. In fact, dehydration of sludge begins in the first zone, solid-liquid mixes are separated by filtration process. In the second zone, the solid-liquid mixes are separated by applying compression and shear forces.

Furthermore, this machine offers several advantages: it allows highly efficient dewatering (the rate of throughput can vary from 0.5 to 780 kg - DMS /h and the sludge thickeners capacity can be selected from 1 - 90 m3/h). The protocol to be followed for the use of this machine is easy and do not require any specific formation for users. This work system can be installed in small and compact areas in comparison with other dewatering machines. It has a low operating cost. In the design of this machine, environmental aspects have been considered so as to reduce them. The power consumption required by a machine of 30 kg- DMS/h throughput is about 6 times smaller than of belt press. The principle of water-saving has been developed. The amount of water required is about 12 times lower than the conventional screw press. The self-cleaning mechanism and the clog-free do not need large amounts of water because the machine's filter mesh does not hamper by the solids.

As this machine is used only for sludge not for dehydration of sediments, the challenge is to demonstrate its ability for sediments: VOLUTE® process and first test results are presented

Note: DMS = dry matter of sediment

Mots-Clés: VOLUTE®, dehydration, sediment, continuous work system

Exhumation des migmatites et infiltration d'eaux météoriques : le domaine hercynien sud-armoricain

Philippe Boulvais*[1], Romain Tartèse, Marc Poujol[1], Marie-Christine Boiron[2], Gilles Ruffet[1], Yannick Branquet[3,1], Christophe Ballouard[1], Aude Gébelin, Camille Dusséaux

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] GeoRessources – Univ. Lorraine, CNRS, CREGU – Boulevard des Aiguillettes B.P. 239 F-54506, Vandoeuvre lès Nancy, France
[3] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR7327, INSU, Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie 45071 Orléans Cedex 2, France

Le domaine sud-armoricain est constitué d'un ensemble de roches typiques de la croûte inférieure, dont des migmatites, exhumées au Carbonifère supérieur sous l'action conjointe du Cisaillement Sud Armoricain et des zones de détachements majeures (e.g. Quiberon, Guérande). Des granites syn-tectoniques se mettent en place dans ce contexte. Régionalement, les granites syn-tectoniques et plus généralement les roches déformées ductilement portent la trace d'altérations hydrothermales, datées par des perturbations des systèmes géochronologiques K-Ar sur muscovite et U-Th-Pb sur monazite entre 320 et 300 Ma. La caractérisation des fluides impliqués (isotopes stables de l'oxygène, inclusions fluides sur veines de quartz géantes associées aux structures régionales) indique une contribution significative de fluides d'origine météorique, spécifiquement dans la région où les roches de la croûte inférieure ont été exhumées. Circulation de fluides, déformation régionale, exhumation des roches de la croûte inférieure et magmatisme granitique sont donc synchrones. La pénétration des fluides météoriques jusqu'à la transition fragile-ductile ainsi que le maintien de l'activité hydrothermale en profondeur sont entretenues par l'effet synchrone de l'advection de chaleur dans la croûte moyenne (mise en place des granites et exhumation des migmatites) et du fonctionnement de failles en extension dans la croûte supérieure qui augmentent la perméabilité et canalisent les fluides de la surface vers les zones profondes. L'interaction entre ces fluides et les granites syn-tectoniques s'est traduite par une altération de ces derniers, avec en particulier, pour les faciès pétrologiques les plus différenciés, la dissolution d'uraninite magmatique. L'uranium ainsi mobilisé s'est localement reconcentré, formant des minéralisations, comme par exemple dans la région de Piriac-sur-mer. Le domaine sud-armoricain permet ainsi de reconstituer un paysage métallogénique tardi-hercynien dont l'évolution des zones profondes (exhumation des migmatites, déformation, magmatisme) et l'infiltration d'eaux météoriques constituent les conditions aux limites. La pénétration des fluides de surface en profondeur reste à mieux comprendre. Des données à venir sur la topographie de la Chaine Varisque (via la composition isotopique en hydrogène des minéraux des zones de déformation ; thèse Camille Dusséaux, Plymouth University) apporteront des informations précieuses sur l'impact de la tête hydraulique dans les circulations de fluides en profondeur.

Mots-Clés: chaîne hercynienne, migmatites, fluides météoriques, Massif Armoricain

Apport des méthodes du potentiel à l'étude structurale de la région du Hodna (Algérie)

Amar Bourmatte*[1], Ahmed Ydri, Doria Aitadjedjou

[1] Lab. de géophysique - Univ.s sciences et de la technologie Houari-Boumédiène (USTHB) – BP32 Bab Ezzouar El Alia, Alger, Algérie

La zone étudiée est située au Sud-Est d'Alger dans la région du Hodna.
Elle est caractérisée par les monts et la fosse du même nom. Cette zone appartient au domaine préatlasique, située entre l'Atlas Tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud. Elle est limitée à l'Est par les Aurès et à l'Ouest par les Hauts Plateaux.
Les monts du Hodna culminent à 1890 m coupant les hautes plaines de Sétif et dominent, au Sud, le chott Hodna.
Les séries y sont puissantes et téctonisées de façon intense et jalonnées par des reliefs souvent imposants séparés par un seuil au Nord Ouest du chott. Sa zone méridionale montre des séries assez épaisses et des structures étendues.
La cuvette du Hodna est caractérisée par l'aire synclinale du Meharga, de M'Sila et de Barika. La bordure nord du bassin est assez rectiligne, d'orientation approximative E-W et présente une brusque inflexion vers le Sud où l'aire synclinale de M'Sila s'estompe. L'aire synclinale de Barika a une structure profonde très subsidente et tectonisée.
Les monts du Hodna représentent la partie orientale de la chaine préatlasique. Ces monts courent d'Ouest en Est, sur plus de 150 Km. Ils ne présentent aucune direction atlasique nette, en dehors des Ouled-Tebben et de l'ensemble Guetiane-Bou Taleb. Vers le Sud, la partie centrale de la chaine domine la dépression qui forme la plaine du Hodna, tandis qu'au Nord, elle est bordée d'un large avant pays qui forme une zone de passage au Plateau Sétifien.
Dans sa partie centrale, la chaine comporte un anticlinal assez complexe.
A l'Est, les monts du Hodna présentent sur leur frange septentrionale une suite d'ensembles formés de plis étroits et petites écailles d'orientation générale E-W et déversés vers le Sud.
L'objectif de notre travail est d'interpréter les données gravimétriques et magnétiques. Les différentes méthodes de traitements appliquées sur ces données et les cartes géologiques et tectoniques ont permis de faire ressortir les traits structuraux au niveau des monts et du bassin du Hodna. Les méthodes d'Euler appliquée à la carte de l'anomalie de Bouguer et du tilt angle à la carte magnétique réduite au pôle, nous ont donné des indications supplémentaires sur la profondeur des structures responsables de ces accidents.

Mots-Clés: gravimétrie, géomagnétisme, Hodna, Algérie

The copper history in the Anti Atlas belt, from Panafrican to Variscan orogeny, a persistence of tectonic controls: an overview of Bou Azzer-El Graara inlier

Hugo Bourque*[1], Luc Barbanson[1], Stanislas Sizaret[1], Yannick Branquet[1,2], Claire Ramboz[1], Aomar Ennaciri[3], Hsain Baoutoul[3], Amine Bajddi[3], Lakhlifi Badra[4]

[1] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR7327, Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie 45071 Orléans Cedex 2, France
[2] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[3] Managem – Marrakech, Maroc
[4] Univ. Moulay Ismail – BP 11201 Zitoune, Meknès, Maroc

The Anti-Atlas belt is well known for its numerous copper deposits. It displays also a complex geological, metallogenic and tectonic history which is challenging for mining companies in order to better understand and prospect these Cu-deposits. In the Bou Azzer-El Graara inlier, these deposits are hosted as well within the Precambrian basement as within the Neoproterozoic to Paleozoic cover. This study based on mapping, structural, mineralogy, textures and micro-textures observations present a synthesis of Cu-deposits at this inlier scale In this Neoproterozoic to Paleozoic sedimentary cover, two types of mineralizations are distinguished: one is related to local folds and faults and another one associated with a deformation localized in specific stratigraphic levels at the base of the cover. Geological and mineralogical studies showed that both Cu-ores types are controlled by the same hydrothermal event associated to the Variscan orogeny. In the Precambrian basement, massive copper sulfides lenses are present at the intersection between regional pyritic beds or black shales and brittle faults potentially associated with the late Panafrican deformation. Another kind of Cu-deposits is spatially associated with Panafrican shear zones, which showed ductile and brittle deformations. These mineralizations seem to be linked to the late brittle deformation that re-used the ductile shear zones inherited from the Panafrican orogeny. During the Variscan compression, the reactivation, of basement-inherited Panafrican structures controlled the deformation responsible of mineralization in the cover. In summary, copper mineralizations are closely associated with a brittle deformation, posterior to the ductile Panafrican deformation in the basement and synchronous with the Variscan orogeny in the cover. The metallogenic history of copper in the Bou Azer-El Graara inlier can be depicted through, at least, two models: (i) a two-stage model, with a first late Panafrican hydrothermal event, responsible for the basement-hosted Cu-bodies and a second Variscan event, yielding Cu-deposits hosted in the cover. (ii) A single metallogenic phase, during Variscan deformation, that mineralized both the basement and the cover. Works in progress try to assess the relevance of these models at the Anti-Atlas scale.

Mots-Clés: Anti-Atlas, copper deposits, tectonic controls, Variscan, Panafrican, mineralogy, textures

La transition Permien-Trias en domaine continental dans le domaine ouest téthysien : cartes paléogéographiques et implications géodynamiques

Sylvie Bourquin*[1], Naima Benaouiss[2]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu, CS 74205, 35042 Rennes Cedex - France
[2] Dpt. de géologie, Faculté des Sciences Semlalia – BP 2390, Marrakech, Maroc

La transition entre la sédimentation Paléozoïque-Mésozoïque en domaine continental est un problème majeur actuel tant dans la compréhension du début de l'histoire des futurs bassins mésozoïques que dans la contrainte des modèles de reconstructions paléotopographiques et climatiques. En effet, la sédimentation continentale est caractérisée par des sédiments rouges attribués indifféremment au Permo-Trias, où seules les séries du Permien supérieur et du Trias moyen (Anisien) sont datées par leurs contenus floristiques.
L'étude détaillée des sédiments attribués au Trias inférieur a permis de mettre en évidence que dans le domaine NW téthysien (1) la transition entre le Permien et la Trias est marquée par une discordance angulaire, (3) des changements de paléocourants des réseaux fluviatiles entre le Permien et la Trias, (4) une période de transit dans les zones continentales au Trias inférieur, et (5) le début de préservation de la sédimentation Mésozoïque ne s'effectue qu'au sommet du Trias inférieur, impliquant un hiatus de sédimentation de durée variable, et se fait en contexte très aride. L'absence de marqueurs biostratigraphiques à la base du Trias dans la majorité de ces bassins est donc soit liée à une lacune de préservation (Induen) soit au contexte climatique peu propice à la vie (Smithien). Cet épisode aride aurait une cause plus globale comme le montre les résultats sur des faunes d'ammonoïdes du Trias inférieur.
Les travaux menés en Afrique du Nord avaient permis de proposer un modèle où la sédimentation continentale au Trias inférieur est absente du continent Nord Gondwanien, les bassins continentaux étant principalement caractérisés par une période de transit. Seuls des sédiments côtiers sont préservés en bordure de la mer Téthys (Tunisie, Lybie actuelle). Or, les données obtenues récemment, dans les bassins marocains ont permis dater des séries d'âge Olénékien, attestant ainsi pour la première fois la présence de sédiments d'âge Trias inférieur dans le domaine Nord gondwanien, de cartographier la limite Permien-Trias et l'ampleur du hiatus permo-triasique, de caractériser l'épisode hyper aride du Trias inférieur ainsi que le début de la sédimentation mésozoïque à l'échelle du Haut Atlas.
La comparaison entre le domaine Nord Gondwana avec le domaine Européen permettra de préciser l'histoire géodynamique complexe de ce domaine Ouest-téthysien du Permien au Trias, sous influence finissante de la chaîne hercynienne.

Mots-Clés: Permien, Trias, domaine continental ouest-téthysien, paléogéographie

Thermal evolution of early passive margins formation and consequences on their geophysical signature

Romain Bousquet*[1], Erik Duesterhoeft, Thierry Nalpas

[1] Institut für Geowissenschaften – Ludewig-Meyn-Str. 10, D-24118 Kiel, Allemagne
@ : ed@min.uni-kiel.de

Many large-scale dynamic processes, from continental rifting to plate subduction, are intimately linked to metamorphic reactions. This close relation between geodynamic processes and metamorphic reactions is, in spite of appearances, yet poorly understood. For example, during extension processes, rocks will be exposed to important temperature, pressures and stress changes. Meanwhile less attention has been paid to other important aspects of the metamorphic processes. When reacting rocks expand and contract, density and volume changes will set up in the surrounding material.
While several tectonic models are proposed to explain the formation of extensive basins and passive margins (simple shear detachment mantle exhumation ....) a single thermal model (McKenzie, 1978), as a kind of dogma, is used to understanding and modeling the formation and evolution of sedimentary basins. The study of the thermal evolution, coupled with other tectonic models, and its consequences have never been studied in detail, although the differences may be significant. And it is clear that the petrological changes associated with changes in temperature conditions, influence changes reliefs.
Constrained by the new field data of north Pyrenean basins on thermal evolution of pre-rift and syn-rift sediments, we explore the petrological changes associated to different thermal evolution and the consequences on the subsidence of the basins. We will also present numerical models quantifying mineralogical and physical changes inside the whole lithosphere during rifting processes. In the light of these models, we discuss the consequences of different thermal evolution on the subsidence processes as well as on gravimetry and seismic velocities signature of passive margins.

Mots-Clés: basin formation, metamorphism, geophysics, tectonics

La formation du gisement de talc-chlorite de Trimouns : nouvelles contraintes pétrologiques, thermométriques et structurales

Alexandre Boutin[1,2], Michel de Saint Blanquat*[1], Philippe de Parseval[1], Jean-François Robert[2], Abdeltif Lahfid[3], Michel Cathelineau[4], Philippe Boulvais[5], Marc Poujol[5]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563, 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France
[2] Imerys-Talc – Imerys – 2 Place Edouard Bouillières, 31100 Toulouse, France
[3] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3, avenue Claude Guilemin 45060, Orléans, France
[4] GeoRessources (GR) – CREGU, UMR 7359, Univ. Lorraine – Campus Sciences-Aiguillettes BP 70239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy., France
[5] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France

Situé dans le massif nord-pyrénéen du Saint Barthélémy, le gisement de talc de Trimouns est exceptionnel tant par sa qualité que par son volume. Des travaux récents ont fortement remis en question le modèle chevauchant varisque traditionel et proposent une formation du talc beaucoup plus récente, au Crétacé (vers 100 Ma), en liaison avec des processus géologiques complètements différents liés à une extension et à des décrochements ainsi qu'à une exhumation du manteau sous-continental de type marge passive hyper-étirée (St Blanquat et al., 1986; Schärer et al., 1999; Boulvais et al., 2006; Lagabrielle et al., 2010; Fallourd et al., 2014; Boutin et al., 2015). C'est donc tout le contexte géodynamique associé à la formation du talc qui est remis en question. Il est fondamental de le préciser pour le suivi et l'avenir de l'exploitation à Trimouns, mais aussi pour l'étude d'autres gisements de talc ailleurs dans le monde. Nous présentons des nouvelles données structurales, thermométriques et pétrologiques obtenues sur le gisement et ses alentours qui nous permettent de reconstruire les chemins pression - température – déformation – temps des différentes unités, et donc du gisement de talc, et de voir les contraintes qu'ils nous apportent pour préciser le contexte tectonique régional au Crétacé. Nous montrons en particulier que la formation du talc scelle une déformation probablement varisque, que le talc lui-même se forme en contexte dynamique, et qu'il est lui-même ensuite déformé. Ceci montre que les déformations alpines au sens large ont eu un impact important dans la structure du massif du St Barthélémy. Les massifs nord-pyrénéens, réputés pour être des "noyaux durs" varisques non déformés pendant le cycle alpin, ne sont peut-être pas si "durs" que ça, et ont pu être fortement impactés et par la tectonique extensive crétacée et par l'inversion qui lui succède à partir du Crétacé supérieur.

Mots-Clés: Pyrénées, talc, chlorite, Crétacé, métasomatisme, hyper extension

Les variations de diversité et d'abondance des microbialites dans le registre fossile sont-elles nécessairement le reflet de l'activité microbienne ?

Anthony Bouton*[1], Emmanuelle Vennin[1], Aurélie Pace[2], Raphaël Bourillot[2], Christophe Thomazo[1], Arnaud Brayard[1], Guy Desaubliaux[3], Pieter Visscher[4]

[1] Lab. Biogéosciences – CNRS : UMR6282, Univ. Bourgogne – Univ. Bourgogne, 6 boulevard Gabriel, 21000 Dijon, France
[2] EA 4592 Géoressources et Environnement – ENSEGID – 1 allée F. Daguin 33607 Pessac Cedex, France
[3] ENGIE – 1 Place Samuel de Champlain, 92930 Paris La Defense Cedex, France
[4] Department of Marine Sciences, Center for Integrative Geosciences, University of Connecticut – 1080 Shennecossett Road, Groton, CT 06340, États-Unis

Les microbialites sont des structures organosédimentaires dont les premières occurrences ont été documentées il y a plus de 3.5 milliards d'années. Des équivalents actuels de ces écosystèmes se développent encore de nos jours et fournissent une archive continue de l'évolution de notre planète. Cependant, leur abondance ainsi que leur diversité ont fortement varié dans le registre fossile. Une des problématiques est d'appréhender si ces variations sont réelles ou reflètent davantage un biais lié aux modalités de préservation de ces structures.
L'étude de systèmes microbiens actuels, telles que les lagunes de Cayo Coco, situées au niveau de la plate-forme Nord-Cubaine, permet d'aborder cette question. Ces lagunes s'organisent selon un réseau complexe s'étendant sur plus de 40 km^2. Malgré une alimentation marine, les conditions chimiques sont majoritairement hypersalines (entre 50 et 75‰) et légèrement alcalines (pH fluctuant entre 8.0 et 9.0). Les conditions de restriction de certaines de ces lagunes sont favorables au développement des tapis microbiens qui en constituent la biomasse benthique prédominante. Bien que leur potentiel de minéralisation soit important comme le montre la formation quasi-annuelle de laminations et croûtes carbonatées (essentiellement en calcite magnésienne ou HMC) millimétrique dans la partie supérieure des tapis microbiens, peu de structures microbialitiques fossiles ont été observées dans ce secteur. Plusieurs facteurs (e.g. dessiccation engendrée par les variations du niveau d'eau et le faible espace d'accommodation, hydrodynamisme, dissolution, âge du système) semblent responsables de la faible préservation des produits de minéralisation, conduisant à un faible potentiel de préservation des structures microbiennes. La question de la préservation ou non des structures microbiennes se pose donc dans les lagunes actuelles mais aussi dans le registre fossile où l'absence de microbialites ne reflète pas nécessairement l'absence de communauté microbienne ayant un potentiel de minéralisation.
Pour pallier en partie à ce problème, une perspective de travail se base sur l'étude de la matière organique présente dans les sédiments carbonatés. Dans le cas des lagunes de Cayo Coco, une trace isotopique en 13C et 15N de l'activité microbienne passée semble avoir été conservée et pourrait être utilisée comme indice de cette activité antérieure.

Mots-Clés: microbialites, tapis microbiens, préservation, registre fossile, Cuba, lagunes

Fractionnement isotopique du calcium au cours des phénomènes d'adsorption sur des minéraux communs des sols

Jean-Michel Brazier*[1], Anne-Désirée Schmitt[1], Sophie Gangloff[1], Emmanuel Tertre[2]

[1] Lab. d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg (LHyGeS) – INSU, université de Strasbourg, CNRS : UMR7517, ENGEES – 1 rue Blessig, F-67084 Strasbourg Cedex, France
[2] Institut de Chimie des Milieux et Matériaux de Poitiers – Univ. Poitiers – CNRS UMR 7285 IC2MP, équipe HydrASA, Bat. B8 rue Albert TURPAIN, TSA 51106 - 86073 Poitiers Cedex 9, France

La gestion durable des écosystèmes naturels passe par une meilleure connaissance de la dynamique des éléments nutritifs dans les sols. Le calcium (Ca) étant un des macronutriments essentiel à la croissance végétale, la question de sa réserve nutritive dans les sols et donc de sa biodisponibilité pour la végétation se pose notamment pour des sols pauvres (substratums acides) ou appauvris par des pluies acides.
Les substances organo-minérales des sols (matière organique, complexe argilo-humique, minéraux argileux, oxy-hydroxydes Fe/Mn...) jouent un rôle important dans le stockage/libération de nutriments de par leur capacité d'adsorption/désorption des cations. Les travaux antérieurs ont mis en évidence le potentiel des isotopes du Ca pour identifier des processus secondaires (e.g. précipitation, recyclage par la végétation...) se produisant dans les sols. En revanche, les mécanismes de fractionnement isotopique (amplitude, nature) associés aux phénomènes d'adsorption/désorption du Ca sur différentes phases du sol restent mal compris. Cette étape est aujourd'hui fondamentale afin d'améliorer notre compréhension du cycle biogéochimique du Ca à l'interface eau-sol-plante.
Par conséquent, les processus d'adsorption du Ca ont été appréhendés expérimentalement sur des substrats " modèles " représentatifs des minéraux fréquemment rencontrés dans les sols (minéraux argileux, oxydes/hydroxydes de Fe et de Mn) afin d'identifier et de quantifier les mécanismes à l'origine d'un fractionnement isotopique. Les expériences ont été réalisées en conditions abiotiques dans des systèmes " batch eau-argile/oxy-hydroxyde " en contrôlant très précisément les conditions physico-chimiques : pH, rapport solide/solution, concentration en Ca dissous initiale, force ionique granulométrie des particules utilisées.
Les premiers résultats de cette étude ne montrent aucun fractionnement isotopique significatif du Ca associé à l'adsorption sur la kaolinite (KGa-2) ni sur la muscovite de Tuftane, quels que soient les paramètres considérés (cinétique de réaction, pH, concentrations en Ca, force ionique, compétition cationique). En revanche, lors des expérimentations sur la Montmorillonite (Swy-2), l'isotope léger du Ca (40Ca) semble montrer une sélectivité plus importante que l'isotope lourd (44Ca) à l'adsorption et un fractionnement isotopique de 0.25‰ est observé. Ceci suggère que le fractionnement isotopique du Ca est lié à son adsorption dans l'espace interfoliaire et non sur les sites de surfaces ou de bord (complexe aluminol et silanol) des minéraux argileux. L'amplitude du fractionnement est donc fonction de la cristallochimie de la particule argileuse utilisée.

Mots-Clés: adsorption, minéraux argileux, oxy-hydroxyde, isotopie, calcium

Intégration des concentrations métalliques dissoutes lors d'un évènement hydrologique transitoire sur le Rhône : cas des opérations de gestion sédimentaires

Marie Bretier*[1], Aymeric Dabrin[1], Josselin Panay[1], Chloé Le Bescond[1], Ghislaine Grisot[1], Lysiane Dherret[1], Frédérique Bessueille-Barbier[2], Marina Coquery[1]

[1] Milieux aquatiques, écologie et pollutions (UR MALY) – Irstea – 5 rue de la Doua CS70077, F-69626 Villeurbanne Cedex, France
[2] Institut des Sciences Analytiques (ISA) – CNRS : UMR5280, PRES Univ. Lyon, École Normale Supérieure (ENS) - Lyon, Univ. Claude Bernard - Lyon I (UCBL) – 5 rue de la Doua, 69100 Villeurbanne, France
@ : marie.bretier@irstea.fr

Le Rhône est un des plus grands fleuves français dont il est primordial d'assurer la gestion. C'est une ressource en eau de grande envergure équipée de multiples aménagements permettant la navigation et la production d'électricité. L'Arve est un affluent torrentiel à l'amont du Rhône qui transporte chaque année de 1 à 3 millions de m3 de sédiments. Annuellement, environ 0,5 millions de m3 de sédiments est piégé en amont des barrages suisses de Verbois et Chancy-Pougny. Cette accumulation au cours du temps justifie de conduire régulièrement des opérations de gestion sédimentaire afin de limiter la sédimentation en amont des réservoirs suisses et de prévenir l'aggravation des risques d'inondations de la ville de Genève dus à l'exhaussement du lit. Lors des précédentes opérations, en 2012, le suivi de la qualité des matières en suspension (MES) avait montré que les teneurs en mercure (Hg) n'étaient pas modifiées, alors qu'une légère augmentation en arsenic (As) avait été notée. Cependant, aucun suivi n'avait été effectué dans la fraction dissoute, bien que la remobilisation des stocks sédimentaires en amont des barrages représente un relargage potentiel de contaminants vers la phase dissoute. Dans ce contexte, et dans le cadre de l'Observatoire des Sédiments du Rhône, nous avons mis en place une méthodologie spécifique pour échantillonner les contaminants inorganiques des fractions dissoute et particulaire lors de cet évènement transitoire (20-31 mai 2016). Pour cela, nous avons déployé 3 types d'échantillonneurs intégratifs passifs de type DGT (Diffusive Gradient in Thin films) dans le but de mesurer des concentrations labiles moyennées dans le temps pour les métaux cationiques (Cd, Ni, Pb, Zn, Ni), As et Hg. Le déploiement des DGT a été effectué avant, pendant et après l'évènement afin d'établir un état initial et d'identifier un retour aux conditions naturelles. Grâce à trois stations positionnées le long du continuum fluvial (Pougny, Seyssel et Jons), les flux d'eau et de particules ont été suivis depuis l'aval du barrage de Chancy-Pougny jusqu'à l'amont de Lyon, ce qui a permis d'identifier des phénomènes d'atténuation durant cet évènement hydrologique extrême. De plus, afin d'évaluer la réactivité des contaminants, un suivi régulier a été effectué de façon ponctuelle et intégrée (piège à particules) pour mesurer les teneurs en contaminants inorganiques, éléments majeurs et carbone organique dans les fractions particulaire et dissoute. Nous avons mesuré des teneurs en MES de l'ordre de 4 g/L à l'amont (Pougny et Seyssel) et de 0,5 g/L à l'aval à Jons. Cette forte augmentation des teneurs en MES a été accompagnée d'une hausse des concentrations en ions ammonium, forme réduite de l'azote indiquant donc un changement des conditions redox. Ces modifications sont possiblement à l'origine d'un relargage des contaminants inorganiques vers la fraction labile, mis en évidence par les mesures par DGT.

Mots-Clés: Rhône, gestion sédimentaire, chasse, echantillonnage passif, metaux, DGT, contaminants inorganiques, eau, MES

Géométrie des bassins cénozoïques métropolitains : premier aperçu fourni par la carte des épaisseurs de leur remplissage sédimentaire (projet METROCENE)

Justine Briais*[1], Renaud Couëffé[1], Bruno Tourlière[1], Eric Lasseur[1], Hugues Bauer[1], Laurent Beccaletto[1], Anne Bialkowski[1], Laure Capar[1], Fabien Paquet[1], Olivier Serrano[1], Isabelle Thinon[1]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – France
@ : r.coueffe@brgm.fr

Depuis les années 2000, le BRGM a mené de nombreux travaux sur les bassins tertiaires métropolitains, travaux dont l'harmonisation et la synthèse sont engagées au travers du projet BRGM pluriannuel intitulé " METROCENE ".
Intégrer les nombreuses données de projets réalisés antérieurement pour des besoins variés exige la constitution d'un système d'information géographique et la délimitation du territoire métropolitain en domaines / bassins / sous-bassins sédimentaires qui ont pu fonctionner indépendamment et enregistrer une histoire géologique particulière. L'un des prérequis au travail d'harmonisation et de synthèse des études consiste donc à délimiter l"' enveloppe " des terrains cénozoïques à échelle nationale, en reconstituant leur épaisseur à partir des données disponibles.
Si l'emprise géographique est relativement aisée à définir à partir des cartes géologiques, l'emprise en profondeur ne peut être déterminée qu'à partir des informations de subsurface (forages hydrogéologiques, sondages miniers, puits pétroliers, données sismiques). Techniquement, le travail a donc consisté à interpoler et harmoniser des données variées (profondeurs issues d'un forage, d'une coupe ou d'une carte isovaleur) en s'assurant de la cohérence géométrique à échelle régionale. Les épaisseurs représentées résultent d'une harmonisation (i) de grilles isovaleurs calculées dans le cadre d'une dizaine de projets BRGM sur les différents domaines sédimentaires métropolitains, (ii) de grilles interpolées à partir de la digitalisation d'isopaques publiées et (iii) de données mises à disposition par les services géologiques nationaux voisins (SwissTopo).
Compte-tenu de la nature, de la qualité et de la couverture des données disponibles, cette cartographie à échelle nationale a en premier lieu concerné les dépôts sédimentaires cénozoïques dans leur intégralité, sans distinction des différentes séquences / unités les composant. La carte présentée figure ainsi l'épaisseur totale (en mètres) des dépôts tertiaires non différenciés à échelle métropolitaine et intègre les données disponibles sur les plateaux continentaux périphériques. Elle est restituée sous forme d'une grille à la maille de 200 mètres. Dans l'objectif de pouvoir figurer, sur un même support, les dépôts peu épais des bassins septentrionaux et les sédiments beaucoup plus puissants des bassins méridionaux, le mode de représentation utilisé s'organise en intervalles d'épaisseurs variables (classes de 25 à 250m).
Ce document préliminaire offre un aperçu de la géométrie des terrains cénozoïques à échelle nationale, plateaux continentaux inclus, lui conférant un caractère assez inédit. Ce premier document de synthèse sera progressivement précisé par l'intégration d'études complémentaires gommant les incertitudes et comblant les lacunes de la carte présentée.

Mots-Clés: enregistrement sédimentaire, Cénozoïque, bassin sédimentaire, France

Le projet METROCENE : vers une synthèse nationale actualisée des bassins sédimentaires tertiaires sur la base des travaux récents du BRGM à terre et en mer

Justine Briais[1], Renaud Couëffé[1], Eric Lasseur*[1], Hugues Bauer[1], Laurent Beccaletto[1], Anne Bialkowski[1], Laure Capar[1], Fabien Paquet[1], Olivier Serrano[1], Isabelle Thinon[1], Bruno Tourlière[1]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – France
@ : e.lasseur@brgm.fr

Après une décennie de travaux sur les bassins tertiaires de la France métropolitaine (domaine terrestre et plateau continental), le BRGM a engagé depuis 2015 une synthèse géologique sur ces objets. Le projet METROCENE a pour objectif premier d'harmoniser les résultats des différentes études réalisées par le BRGM et de les valoriser afin de répondre aux besoins des utilisateurs, nombreux sur ces domaines qui concentrent d'importants enjeux.
La synthèse actualisée des connaissances concernant les bassins tertiaires repose sur un concept commun au programme du Référentiel Géologique de la France : identifier les évènements géodynamiques affectant l'ensemble du territoire et détailler leur répercussion dans un bassin sédimentaire donné. A la différence du RGF qui vise à analyser l'ensemble des données disponibles sur un domaine géologique (notion de " chantier "), le projet METROCENE traite lui de la géologie du territoire national pour un intervalle stratigraphique donné, en intégrant toutes les connaissances acquises sur les bassins sédimentaires, y compris sur les plateaux continentaux.
Les premiers travaux ont intéressé le système d'information qui permet de délimiter et hiérarchiser les bassins sédimentaires de France métropolitaine. Comparer et corréler le remplissage sédimentaire d'objets répartis partout sur le territoire métropolitain nécessite en effet la délimitation des différents bassins / sous-bassins dont l'emprise évolue dans le contexte géodynamique polyphasé cénozoïque.
La carte toponymique des bassins cénozoïques prend la forme d'un produit cartographique multicouche qui délimite les emprises (en x,y) des différentes générations de bassins / sous-bassins. Cette première version s'appuie sur les contours de la carte géologique de la France à 1/1 000 000, complétés et précisés au besoin avec les données de subsurface, et intègre les éléments structuraux majeurs contraignant l'extension des dépôts sédimentaires cénozoïques. La carte des épaisseurs des dépôts sédimentaires cénozoïques permet quant à elle de délimiter en profondeur, l"' enveloppe " des terrains cénozoïques à échelle nationale.
Sur ces bases, la synthèse des connaissances par domaine / bassin / sous-bassin a pu débuter afin de définir en premier lieu les limites et la nature des unités du remplissage sédimentaire à rattacher aux différents contextes géodynamiques (compressions pyrénéennes et alpines, extension synrift, ...). A terme, la corrélation des principales unités à l'échelle du territoire doit permettre de reconstituer la géométrie et le cadre paléogéographique des principales séquences de dépôt.
Reste que les connaissances sur certains bassins / sous-bassins sont lacunaires (et c'est aussi là l'objectif du projet METROCENE que d'identifier les secteurs à retravailler). Des travaux complémentaires devront y être engagés à l'avenir, avec la collaboration de la communauté scientifique et des partenaires industriels.

Mots-Clés: enregistrement sédimentaire, Cénozoïque, bassin sédimentaire, France

Enregistrement sédimentaire et analyse structurale de la dynamique de l'ouverture du système de rift ouest européen (ECRIS), exemple du fossé rhénan

Justine Briais*[1], Eric Lasseur[1], Catherine Homberg[2], Laurent Beccaletto[1], Renaud Couëffé[1], Nicolas Bellahsen[2], Jean-Jacques Chateauneuf

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – France
[2] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – 4, place Jussieu BP CC129 75252 Paris Cedex 05, France
@ : e.lasseur@brgm.fr

Le système de l'ECRIS correspond à une phase de *rifting* intracontinental attribuée à l'Eocène supérieur-Oligocène, et couramment rapporté à une extension oligocène. La dynamique de l'ouverture de ces bassins dans le contexte compressif lié à la convergence Afrique-Eurasie restent cependant controversée. Plusieurs hypothèses sont évoquées concernant les mécanismes, dont (1) une activité mantellique, (2) une extension sur la plaque européenne liée à la subduction alpine (slab pull ou slab roll-back), et (3) une transtension liée à un mouvement décrochant entrainé par les contraintes N-S pyrénéennes et la convergence Apulie-Eurasie.
La dynamique de l'ouverture de ces fossés est ici étudiée par une analyse du remplissage sédimentaire couplée à une étude structurale des bordures. Nous présenterons ici, les résultats acquis sur le fossé rhénan (partie française). Cette étude nous a permis d'identifier quatre grandes étapes :
(1) Lutétien-Bartonien : un premier stade d'ouverture s'enregistre par la mise en place de bassins à sédimentation lacustre d'extension spatiale limitée. Ces bassins, limités par des failles de direction N060° et N010-020° héritées de l'orogenèse varisque, s'ouvrent en décrochement (senestre ?) dans un contexte compressif N-S.
(2) Priabonien: la subsidence est plus homogène avec l'apparition d'un seul bassin dont l'extension géographique est plus large que les limites actuelles du bassin. La structuration de ce bassin est essentiellement contrôlée par les failles normales de direction N010-020°, plus nombreuses à l'inverse des failles de direction N060°. Cette période enregistre un changement progressif des contraintes compressives N-S à des contraintes extensives E-W.
(3) Rupélien inférieur : la subsidence semble se généraliser à l'échelle du bassin. Trois grands compartiments structuraux du nord au sud sont identifiés et limités par des failles de transfert reprenant les directions initiées au premier stade (1). Chacun présente une asymétrie E-W avec, dans les zones Nord et Sud, un jeu plus important le long de la bordure Est, alors que dans la zone médiane, un jeu plus important est identifié sur la bordure Ouest. La tectonique cassante, moins active est essentiellement caractérisée par les failles normales de direction N010-020° suggérant des contraintes extensives E-W.
(4) A partir de l'Oligocène supérieur et du Miocène, le contrôle structural s'intensifie et s'enregistre par de grands décrochements contemporains de la collision continentale de l'orogène alpin.
Pendant la période dite " syn-rift ", il est montré que le contrôle structural et l'amplitude des mouvements verticaux restent faibles en comparaison à la période dite " post-rift ".

Mots-Clés: rift intracontinentaux, structurale, enregistrement sédimentaire, Cénozoïque, ECRIS

A first look at coupling C and N to mercury isotope composition and speciation to document the origins of mercury in the coastal environment. Preliminary results from the Trococo project

Nicolas Briant*[1], Joël Knoery[1], Jean-François Chiffoleau[1], Christophe Brach-Papa[1], Tiphaine Chouvelon[1], Nicolas Savoye[2], Jeroen Sonke[3]

[1] Lab. Biogéochimie des Contaminants Métalliques (LBCM) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), Centre atlantique, Nantes – Rue de l'Ile d'Yeu, 44311 Nantes, France
[2] Environnements et Paléoenvironnements OCéaniques (EPOC) – INSU, CNRS : UMR5805, EPHE, Univ. Bordeaux I, Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers – Avenue des Facultés - 33405 TALENCE Cedex, France
[3] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, CNRS : UMR5563 – Obs. Midi-Pyrénées 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France

Mercury (Hg) is a natural element toxic to all living organisms. Its biogeochemical cycle is dominated by its flux to the atmosphere, which human activities contribute to disrupt significantly (Amos et al., 2015). While some of the global Hg enters the coastal ocean through riverine discharge, most of the Hg enters the global ocean by atmospheric deposition. Marine organisms bioaccumulate and bioamplify this element throughout their food webs. As concentrations in some coastal species of high trophic level approaching health thresholds, understanding of biogeochemical processes and mechanisms leading to Hg concentrations found in coastal species is important.
Since the 1970's, the ROCCH, a French Mussel Watch-like program, tracks contaminants on the metropolitan coastline using of bivalves as quantitative indicators of coastal chemical contamination. One of the purposes of this network is to track the sources of contamination. Advent of MC-ICP-MS analyses provide access to information embedded at the isotopic level. The stable isotopic geochemistry of metal is indeed a very promising way to trace processes and transfers from one biogeochemical reservoir to another (Sonke and Blum, 2013). The seven stable isotopes of Hg undergo fractionation that can be dependent and independent of their mass (MDF and MIF, respectively), thereby potentially enabling to track biological processes (MDF) and transfer between geochemical reservoirs (MIF). It was proposed by Day et al. (2014) to apply these methods to environmental samples to trace the sources of contamination and refine the understanding of biogeochemical cycling of Hg. The coupling of these measurements with those of stable isotopes of carbon (C) and nitrogen (N) in biota, essential parameters for the study of the structure and functioning of trophic networks, will further clarify the contaminant bioaccumulation processes such as Hg (e.g., Cresson et al., 2014).
In this context and through the Trococo project (funding Ifremer, Région Pays de la Loire (Pollusols), and INSU/EC2CO/Dril), we wish to map for the first time on a national scale temporal and spatial isotopic variations of Hg, C and N on samples from a monitoring network. Our intention is to better discriminate the sources and trace the origin of Hg from bivalves (e.g., is Hg from the global ocean, associated with fluvial OM, or atmospheric local deposition...). This investigation is the first world wide systematic study at a national scale of Hg, C and N isotopic composition in intertidal bivalves.

Mots-Clés: mercury isotopes, speciation, bivalves, ROCCH, Trococo

Les tapissages argileux dans les dépôts silicoclastiques des milieux marins peu profonds : implication pour une meilleure prédiction des qualités réservoirs

Benjamin Brigaud*[1], Maxime Virolle[1], Raphaël Bourillot, Hugues Feniès, Patricia Patrier[2], Daniel Beaufort[3], Jessica Saiag, Maurice Pagel[1], Eric Portier[4]

[1] Géosciences Paris-Sud (GEOPS) – Univ. Paris-Sud – CNRS : UMR 8148 – Rue du Bellvedère, 91405 Orsay, France
[2] Univ. Poitiers – CNRS : UMR7285, INSU, Univ. Limoges, Univ. Poitiers, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse – France
[3] Hydrasa, IC2MP UMR 7285 – Univ. Poitiers – 6 Rue Michel Brunet TSA 51106 86073 POITIERS Cedex 9, France [4] GDF-Suez, Direction E&P – GDF-Suez – 1 place Samuel de Champlain, 92930 Paris la Défense Cedex, France

Les réservoirs localisés dans des formations estuariennes (ex. Bassin Petrel, Australie) incluent d'abondants faciès à tapissages argileux de chlorite qui forment d'excellents réservoirs d'hydrocarbures. Dans ces formations détritiques, même si le lien entre présence de tapissage argileux et bonne porosité-perméabilité est maintenant bien admis, il existe beaucoup d'incertitudes sur la mise en place du précurseur argileux, le timing de la chloritisation ou encore leur variabilité spatiale, ce qui limite la prédiction des qualités réservoir. Les conditions de dépôt des précurseurs argileux: position dans l'estuaire, chimie de l'eau, timing de mise en place, rôle des tapis microbiens et des micro-organismes sont très peu connues. Afin d'améliorer la productivité des réservoirs à hydrocarbures ou d'assurer la disponibilité de la ressource géothermique de manière durable, ce projet CLAYCOAT " *CLAY COATing in shallow marine clastic deposits to improve reservoir quality prediction* " vise à mieux définir l'origine, la nature et la localisation spatio-temporelle des précurseurs argileux dans un cadre sédimentologique et stratigraphique bien défini ainsi que de mieux contraindre leur évolution diagénétique. L'approche adoptée est de comparer des réservoirs anciens (Permien du Bassin Petrel, Néocommien du Bassin de Paris) avec un analogue actuel (estuaire de la Gironde). Les premiers résultats menés sur la formation Cape Hay du Permien (3500 m de profondeur) du Bassin Petrel montrent que des argiles sont précocement infiltrées dans les barres tidales à la fin des cycles transgressifs de 3ème ordre. Ces précurseurs argileux sont probablement riches en fer et forment des agrégats autour des grains détritiques. La transformation de ces agrégats en chlorite ferreuse et le développement des tapissages interviennent dans un deuxième temps, après la compaction mécanique ou au début de la compaction chimique (entre 100-500 m de profondeur). Les premiers résultats sur les sables de l'estuaire de la Gironde montrent la présence d'argile détritiques (smectite, illite, chlorite, kaolinite) formant des agrégats plus ou moins continus et collés aux grains détritiques dans la partie centrale de l'estuaire (barres tidales de St Louis, Bouchaud nord et Plassac) et dans les chenaux estuariens (barres d'accrétion latérales de Branne, de Bordeaux et de Cauderot). Ces agrégats sont très rares dans la partie externe de l'estuaire (barre tidale de Richard) et à l'extrémité ouest de la partie centrale de l'estuaire (barre tidale de St-Estèphe). L'observation de diatomées dans les agrégats montre qu'elles pourraient jouer un rôle sur l'adhésion des argiles aux grains détritiques au travers de biofilms . Ce type d'étude semble être un prérequis pour toute amélioration dans la prédiction de la qualité des réservoirs, et pourrait donc augmenter considérablement la fiabilité de la modélisation 3D de ces réservoirs.

Mots-Clés: silicoclastiques, chlorites, réservoirs, diagenèse, estuaires

Peut-on reconstituer de longues séries de crues par modélisation pluie-débit à partir d'une réanalyse atmosphérique globale ? Application au Rhône amont et à l'Arve

Pierre Brigode*[1], Bruno Wilhelm[2], Benoit Hingray[2], Anne-Catherine Favre[2], Thibault Mathevet[3], Joël Gailhard[3], Rémy Garçon[3], Nicolas Le Moine[4]

[1] UMR 7329 Géoazur – Univ. Nice Sophia-Antipolis, CNRS : UMR7329, IRD : UR082, Observatoire de la Cote d'Azur – 250 rue Albert Einstein Sophia Antipolis 06560 Valbonne, France
[2] Lab. d'étude des transferts en hydrologie et environnement (LTHE) – Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG), Univ. Joseph Fourier - Grenoble I, INSU, OSUG, CNRS : UMR5564, IRD : UR012 – ENSHMG - Domaine Universitaire 1023-1025 Rue de la piscine - BP 53 38041 GRENOBLE Cedex 9, France
[3] EDF-DTG – EDF – 1, Avenue de l'Europe, 38000 Grenoble, France
[4] UMR METIS (UPMC) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI – Tour 46/56, 3eme étage. 4 place Jussieu - 75252 Paris Cedex 05, France

Une modification de la fréquence et de l'intensité des évènements hydrométéorologiques extrêmes est attendue pour les prochaines décennies induite par les changements climatiques globaux. Cependant, la quantification de cette évolution potentielle est localement difficile, du fait de la variabilité naturelle du climat. Par conséquent, une meilleure compréhension de cette variabilité est nécessaire. L'étude de la variabilité naturelle du climat consiste généralement en l'analyse de longues séries de données, malheureusement très rares à l'échelle du globe. Les hydrologues ont donc, depuis plusieurs décennies, développé et appliqué différentes méthodes pour étendre les séries hydrologiques observées, en utilisant notamment d'autres sources de données, telles que les cernes d'arbres ou les carottes sédimentaires. Ainsi, plusieurs séries de carottes sédimentaires ont été étudiées dans le bassin versant du Rhône amont et de l'Arve afin de reconstituer la fréquence et l'intensité des crues au cours des derniers siècles. Récemment, de longues réanalyses atmosphériques ont été produites afin d'étudier la variabilité du climat global sur les 150 dernières années. Ces réanalyses ont également été utilisées pour reconstituer des longues séries de débits, par exemple en France (bassin de la Durance) et au Québec (bassin de La Grande Rivière). La méthode de reconstitution s'articule alors généralement autour de deux étapes, la première consistant à reconstituer des séries continues de pluies et de températures par analogie de situations atmosphériques et la deuxième à transformer ces séries climatiques en série continue de débits grâce à un modèle hydrologique. Les séries ainsi reconstituées permettent de discuter de la variabilité hydroclimatique des bassins versants étudiés à l'échelle multi-décennale.
Cette communication vise à présenter les résultats de reconstitutions hydrologiques du Rhône amont et de l'Arve s'appuyant sur une réanalyse atmosphérique disponible sur la période 1851-2012 (*20th Century Reanalysis* de la NOAA), avec l'objectif spécifique de tester sa capacité à reconstituer les crues des bassins versants étudiés. Après avoir évalué les performances de la méthode de reconstitution sur la période observée, les séries de crues obtenues seront comparées aux données historiques ainsi qu'aux reconstitutions sédimentaires réalisées sur ces mêmes bassins versants.

Mots-Clés: hydrologie, variabilité hydro-climatique long terme, reconstitution hydrologique, analogie atmosphérique

Les systèmes turbiditiques du Cap-Ferret et de Capbreton : des forçages communs qui conduisent à des dynamiques sédimentaires opposées

Sandra Brocheray*[1], Michel Cremer[2], Sébastien Zaragosi[3]

[1] Bassins Réservoirs Ressources (B2R) – Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – 19 rue Pierre Waguet 60000 Beauvais, France
[2] Environnements et Paléoenvironnements OCéaniques (EPOC) – INSU, CNRS : UMR5805, EPHE, Univ. Bordeaux I, Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers – Avenue des Facultés - 33405 TALENCE Cedex, France
[3] Univ. Bordeaux, UMR CNRS 5805 EPOC (EPOC) – Univ. Bordeaux (Bordeaux, France) – Allée Geoffroy St Hilaire, PESSAC, France

Deux canyons sous-marins dominent la marge sud du Golfe de Gascogne : les canyons du Cap-Ferret et de Capbreton. Individusalisés dans leur partie canyon et chenal-levée, ils partagent une zone de dépôts distaux commune. Le canyon du Cap-Ferret, situé à plus de 60km au large du bassin d'Arcachon, est prolongé par un complexe chenal-levée dont la levée droite est très développée, créant un relief de près de 400 m dominant la plaine absyssale du Golfe de Gascogne (Cremer, 1983). Du fait du haut niveau marin holocène, le cayon du Cap-Ferret est actuellement déconnecté de tout apport détritique en provenance du continent et est donc considéré quiescent. A l'inverse, le dernier bas niveau marin (-18 ka, environ -120 m d'eau) favorisait les apports en ce même matériel, ce qui se traduit par une accélération des taux de sédimentation et de nombreux écoulement turbiditiques à cette période.
Le canyon de Capbreton, situé à quelques centaines de mètres des côtes au large d'Hossegor, et long de 270 km, a, quant à lui, une activité sédimentaire favorisée par le haut niveau marin holocène (Brocheray et al., 2014). La proximité de la tête du canyon au littoral permet un apport intense de matériel détritique à la faveur de processus gravitaires. A partir de 3 sites de prélèvements de carottes sédimentaires, l'un situé dans le canyon de Capbreton, le deuxième sur la levée droite du canyon du Cap-Ferret et le troisième dans leur zone de dépôts communes, ainsi qu'à partir de données de géophysique de sub-surface, il est proposé de mettre en évidence les variations de dynamiques sédimentaires de chacun de ces deux systèmes turbuditiques en fonctions du forçage glacio-eustatique. Il sera ainsi illustré les différences dans la réaction de chacun de ces deux sytèmes turbiditiques mitoyens à ce forçage commun. De plus les intéractions entre ces deux systèmes, tour à tour dominant ou subordonné, sont déterminantes dans la compréhension du modelé actuel et de l'architecture sédimentaire de la zone de dépôts commune, dirigés également par un héritage structural fort qui détermine la position et la morphologie globale des deux canyons.

Mots-Clés: système turbiditique, Golfe de Gascogne, dynamique sédimentaire

Compréhension du mode d'évolution du paysage des collines argileuse de l'interfluve Aube-Voire et découverte de dépôts attribuables au stade isotopique 11

Jacques Brulhet*[1], Valérie Andrieu-Ponel[2], Frédéric Ego[1]

[1] ANDRA – 1-7 Rue Jean Monnet, 92298 Châtenay-Malabry, France
[2] Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie (IMBE), CNRS, IRD, Avignon Univ. – Aix-Marseille Univ. – BP 80, 13545 Aix en Provence Cedex 04, France
@ : valerie.andrieu-ponel@imbe.fr

Les travaux réalisés par l'Andra pour évaluer la faisabilité d'un nouveau stockage de déchets radioactifs dans l'Aube, ont permis une reconstitution du mode d'évolution du paysage et de la dynamique de l'érosion à l'échelle des dernières centaines de milliers d'années sur la zone de collines argileuses du Crétacé inférieur de l'interfluve Aube-Voire.
L'existence de sables fluviatiles découverts en forage sur des points hauts du paysage, ainsi que l'absence de formations superficielles à l'emplacement des forages localisés sur des abaissements des lignes de reliefs, a conduit à émettre l'hypothèse que les alignements de points hauts topographiques marquent les traces de paléo-vallées étagées. Les dépôts de sable quartzeux signent le passage d'affluents de la Voire, ou de l'Aube, ayant érodés plus en amont les sables aptiens ; terrasses alluviales en inversion de relief. C'est notamment le cas à Epothémont où les sables connus à l'affleurement ont été datés de 245 000 ans (Voinchet et al., 2015). C'est le cas aussi sur le point le plus haut du paysage où les restes d'une haute terrasse, composée d'une unité argileuse laminée recouverte de sables fluviatiles, sous les limons qui tapissent la surface, a été découverte en forage (AUB121).
La disposition altimétrique de cette haute terrasse par rapport à celle du système des terrasses de l'Aube datées par méthode ESR (Voinchet et al., 2015), conduit à lui attribuer un âge de l'ordre de 400 000 ans ; estimation confortée par la détermination des pollens extraits des carottes de ce forage. Le diagnostic pollinique indique en effet un dépôt mis en place en période interglaciaire à climat chaud, dans un contexte boisé, peuplé d'espèces présentes de nos jours dans le monde méditerranéen. Parmi les types polliniques identifiés, les plus significatifs sont l'olivier (*Olea*), associé à *Pinus halepensis* t. (qui inclut des pins méditerranéens comme les pins d'Alep, *P. maritima* et *P. pinea) et l*e type *Quercus ilex* (qui rassemble le chêne vert et le chêne kermès). On disposerait ainsi dans l'Aube, d'un nouveau témoin de cet interglaciaire chaud, différent par son contexte de celui du site bien caractérisé du tuf de La Celle sur Seine.
En conclusion, il apparait que, sur le secteur des collines argileuses de l'interfluve Aube-Voire, l'évolution géomorphologique au cours des derniers 400 à 500 000 ans a été caractérisée par une profonde évolution du paysage du fait du déplacement des vallées majeures et de leurs affluents, ainsi que du développement de nouvelles vallées ; évolution qui se traduit par une forte variabilité spatiale et temporelle des taux d'érosion avec l'existence de zones épargnées par l'érosion sur de longues durées.
Voinchet et al. (2015) - *Quaternaire*, **26**, (3), p 185-192.

Mots-Clés: érosion, OIS11, Aube

Mise en évidence dans l'Aube d'une séquence holocène enregistrant l'impact de l'anthropisation du paysage au cours des derniers 8 000 ans

Jacques Brulhet*[1], Valérie Andrieu-Ponel[2], Frédéric Ego[1]

[1] ANDRA – 1-7 Rue Jean Monnet, 92298 Châtenay-Malabry, France
[2] Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie (IMBE), CNRS, IRD, Avignon Univ. – Aix-Marseille Univ. – BP 80, 13545 Aix en Provence Cedex 04, France
@ : valerie.andrieu-ponel@imbe.fr

Les études géologiques menées par l'Andra pour évaluer la faisabilité d'un stockage de déchets radioactifs dans l'Aube,, intègrent la prise en compte de l'évolution géodynamique future du site, notamment pour estimer l'aléa érosion. Les investigations portant sur les formations superficielles réalisées dans cet objectif ont permis de mettre en évidence l'existence d'une séquence sédimentaire holocène qui surmonte directement la nappe alluviale de la terrasse Fyb de l'Aube, datée de 160 000 ans (Voinchet et al., 2015).
Ces dépôts fluvio-palustres se localisent paradoxalement sur la partie amont de la plaine de Brienne-le-Château, entaillée par la vallée actuelle de l'Aube. Ils témoigneraient d'un débordement de l'aquifère de la terrasse, en relation probable avec la pluviométrie. Les données biologiques associées aux datations par le 14C ont montré que la partie inférieure de la séquence, épaisse de 1,5 m, constituée par des dépôts silto-organiques encadrant un horizon de tuf à gastéropodes, a enregistré en continu l'évolution locale entre 7640 ans BP et 6590 ans BP. Les données biologiques montrent la dominance, sur les collines d'argiles du Crétacé qui bordent la plaine, d'un paysage forestier mixte dominé par une chênaie caducifoliée mixte comportant un cortège floristique varié (noisetier, tilleul, orme, érable). La pinède est aussi présente tout le long de l'enregistrement, mais plus particulièrement avant 6590 +/- 30 BP ; situation classiquement observée dans les régions françaises où le pin a joué un rôle au cours de la dernière glaciation. L'installation de forêts riveraines à aulnes et saules est bien enregistrée, ainsi que la présence de roselières dans la plaine.
Les données biologiques montrent aussi, dès la base de la séquence datée de 7 640 ans BP, l'existence d'une activité humaine pastorale, signée par des taux élevés de spores de champignons coprophiles, et de plantes nitrophiles et rudérales. Cette activité d'élevage d'animaux herbivores se place initialement dans un paysage essentiellement forestier et se développe dans les millénaires suivant, avec des traces d'épisode de déforestation par incendies pendant lesquels le paysage s'ouvre, libérant des zones de pelouses comportant de nombreuses herbacées. Cette séquence constitue ainsi un jalon majeur pour la connaissance de l'évolution environnementale et de l'occupation humaine en Champagne humide, et s'ajoute aux données apportées par les travaux d'archéologie préventives menés par ailleurs par l'INRAP dans la plaine de Troyes.
Les données sédimentologiques sur ces dépôts complètent les observations géomorphologiques sur les versants argileux qui bordent directement la plaine de Brienne le Château, et permettent une estimation de l'impact érosif que les activités agricoles ont eu à l'échelle des derniers millénaires dans ce contexte géomorphologique.

Voinchet et al. (2015) - *Quaternaire*, **26**, (3), p 185-192.

Mots-Clés: Holocène, anthropisation, Aube, érosion

Transferts gravitaires sur les pentes carbonatées : caractérisation des faciès et processus au Quaternaire sur le Grand et Petit Banc des Bahamas

Jean Busson*[1,2,3], Thierry Mulder[1], Vanessa Teles[2], Philippe Joseph[2], Elsa Tournadour[1], Mélanie Principaud[1], Ludivine Chabaud[1], Kelly Fauquembergue[1], Jean Borgomano[4], Emmanuelle Poli[3], Youri Hamon[2]

[1] Environnements et Paléoenvironnements OCéaniques (EPOC) – INSU, CNRS : UMR5805, EPHE, Univ. Bordeaux I, Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers – allée Geoffroy-St Hilaire – CS 50023, - 33615 Pessac Cedex, France
[2] IFP Energies Nouvelles (IFPEN) – 1 et 4 avenue du Bois Préau, 92852 Rueil-Malmaison Cedex, France
[3] R&D Carbonates, TOTAL S.A. – CSTJF, Avenue Larribau, 64000 Pau, France
[4] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., INSU, IRD, CNRS : UMR7330 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France

L'archipel des Bahamas est constitué de larges plates-formes de très faible bathymétrie ($<$ 6 m) dominées par la production de boue aragonitique au cours des rares périodes du Quaternaire durant lesquelles elles ont été submergées. Ces plates-formes sont reliées aux bassins profonds ($>$ 900 m) par des pentes explorées lors de missions océanographiques, notamment des expéditions ODP (leg 101 et 166) et plus récemment par les missions Carambar 1 (2010) et 1.5 (2014) ciblant les pentes N.-E. du Petit Banc de Bahamas et O. du Grand Banc des Bahamas (Mulder et al., 2012 ; Tournadour, 2015 ; Principaud, 2015 ; Chabaud, 2016).
A partir des données acoustiques et des prélèvements issus de ces différentes campagnes, cette étude vise à caractériser les processus gravitaires sur ces pentes carbonatées au cours du Quaternaire, en associant faciès de dépôt, zones sources et architectures sédimentaires.
Les dépôts récents sur ces pentes sont dominés par la boue de périplate-forme, combinant des apports issus de la plate-forme interne et la décantation pélagique. Les processus de re-sédimentation gravitaire s'expriment quant à eux par des dépôts distincts de turbidites ou débrites, d'épaisseurs et de faciès variables (1 cm à 10m). Ces évènements gravitaires, regroupés en plusieurs classes, semblent contrôlés par les variations eustatiques du Quaternaire qui agissent directement sur la production carbonatée, et indirectement sur la cimentation plus ou moins précoce des dépôts.
Les phases d'inondation de la plate-forme durant les interglaciaires (haut niveau marin) sont caractérisées par des turbidites boueuses indiquant l'export de grains produits sur la plate-forme inondée. Les périodes glaciaires (bas-niveau) sont marquées par des dépôts de débrites et turbidites plus épais et plus grossiers, riches en lithoclastes qui témoignent de l'érosion ou de la déstabilisation de la marge de la plate-forme émergée. Ces dépôts gravitaires apparaissent plus développés sur la pente sous le vent (leeward) que sur la pente au vent (windward).
La pente submergée constitue non seulement une zone de dépôt mais aussi une zone source où se développent des instabilités gravitaires. La succession verticale des différents faciès sédimentaires, combinée à la diagénèse précoce, y détermine des configurations mécaniques plus ou moins stables qui sont en cours de caractérisation dans la perspective d'une modélisation numérique pour valider des mécanismes de déclenchement et de transport sur la pente.

Mots-Clés: carbonate, Bahamas, Quaternaire, sédimentation gravitaire, pente, turbidite, débrite, diagénèse

Etude des transferts d'éléments traces métalliques dans un réservoir aquifère de stockage de gaz naturel

Maxime Cachia*[1], Hervé Carrier[2], Laetitia Mahenc, Guilhem Caumette, Isabelle Le Hécho[1]

[1] Lab. de Chimie Analytique Bio-Inorganique et Environnement (LCABIE) – CNRS : UMR5254 – Univ. Pau Pays de l'Adour – HELIOPARC - 2 Avenue du Président Angot, 64000 Pau, France
[2] Lab. des Fluides Complexes et leurs Réservoirs (LFC-R) – Univ. Pau Pays de l'Adour, CNRS : UMR 5150 – TOTAL – BP 1155, 64013 Pau, France

Le gaz naturel est une énergie fossile largement consommée en France (15 % de la consommation énergétique). La France ne possède pas de réserves de gaz naturel et doit par conséquent l'importé des pays producteurs. Afin de diminuer sa dépendance au marché, et de fluidiser les besoins sur le territoire (plus importants l'hiver que l'été), des réservoirs de stockage de gaz naturel sont disséminés sur tout le territoire. Ils sont généralement souterrains et en contact avec l'environnement (roche, eau...). Les deux stockages étudiés dans ce travail appartiennent à l'entreprise TIGF et sont deux stockages souterrains en aquifère. Ce dernier étant utilisé pour les besoins en eau (potable, agricole) de la région. Le gaz naturel est injecté une partie de l'année dans chacun des deux réservoirs.
Le gaz naturel, principalement constitué de méthane ($>$ 90 %), peut contenir des éléments métalliques à l'état de trace ($<$ 0,01%) qui peuvent s'avérer toxique pour l'environnement, même à très faible concentration. Il est donc nécessaire de comprendre le fonctionnement du réservoir et les transferts de ces éléments entre le gaz stocké, l'eau et la roche du réservoir.
Les éléments traces métalliques ont été analysés dans les trois matrices (gaz naturel, eau et roche) à différentes périodes de l'année afin de connaître la composition chimique du milieu et de visualiser des changements de concentrations. Le gaz a été échantillonné par barbotage, pour la phase dissoute, puis analysé par spectrométrie de masse couplé à une torche à plasma induit (ICP-MS). La phase particulaire du gaz a été échantillonnée sur filtre puis analysé par microscopie électronique à balayage (MEB). L'eau est prélevée au niveau des puits des réservoirs de stockage pour le suivi de la nappe et est analysée par ICP-MS. La roche a été analysée par ICP-MS après digestion acide au micro-onde. Du biogaz et du biométhane sont également analysés (même protocole que pour le gaz naturel) compte tenu de leur présence dans le réseau de transport.
A l'heure actuelle, la composition chimique métallique des différentes phases (gaz, eau et roche) est connue et les concentrations en métaux restent très faibles, de l'ordre du dixième de nanogrammes par litre. Les valeurs ainsi retrouvées dans l'aquifère sont inférieures aux limites de potabilité réglementaires. De plus pour chaque phase, les valeurs retrouvées sont comparées aux concentrations dans les matrices de référence. Les résultats concluent sur l'absence de transferts de métaux des points de vue spatial et temporel et donc l'absence d'impact de l'activité de stockage du gaz sur l'aquifère.

Mots-Clés: gaz naturel, stockage, réservoir aquifère, métaux, chimie

Nitrogen isotope systematics of the Lake Dziani Dzaha: a modern analog for some ancient environments

Pierre Cadeau*[1], Magali Ader, Didier Jézéquel, Gérard Sarazin, Carine Chaduteau, Cécile Bernard, Helene Agogué, Eric Fouilland, Marc Bouvy, Patrice Got, Emilie Le Floc'h, Christophe Leboulanger

[1] Institut de Physique du Globe de Paris – Univ. Paris Diderot - Paris 7 – France

Nitrogen isotope ratios in sedimentary rocks are increasingly used as tracers of metabolic nitrogen pathways and nitrogen biogeochemical cycle over geological times. This use, however, strongly relies on the observation that in modern lacustrine and continental platform systems, the nitrogen isotopic signature of sediments faithfully records that of primary producers. Yet, it is possible that these systems do not behave as good analogs for all types of ancient environments. Additional studies on a variety of systems presenting "primitive" aspects are thus warranted. We focus here on the Dziani Dzaha, a tropical volcanic crater lake located on Mayotte (France). It is saline and alkaline and preliminary results reveal a unique combination of analogies with some marine Precambrian and lacustrine source rocks environments: it is sulfate poor, permanently anoxic below 1.5 m depth in spite of seasonal mixing, its biomass is overwhelmingly dominated by prokaryotes and its sediments are carbonate rich.
In this lake the nitrogen isotopic compositions of suspended particles (d15NSP) show an average value of 6±1‰ and are constant with depth during the dry season when the lake is homogeneous. During the rainy season, when the lake is stratified, the upper part of the water column presents an average d15NSP value of 6±1‰ but unexpectedly d15NSP values gradually increase up to 11‰ below the chemocline. Most importantly, surface sediments seem to record the isotopic signatures of suspended particles below the chemocline when the lake is stratified (d15Nsed = 11±1‰), rather than that of primary producers (d15N = 6±1‰), which are restricted to above the chemocline. These results may have major implications for the interpretation of d15Nsed in ancient rocks if the reason for the d15Nsed change below the chemocline is directly related to one of the lake analogies with ancient environments.
Three main types of drivers can be envisaged N-isotope behavior:
- A biological driver, biomass being dominated by cyanobacteria above the chemocline and bacteria and archaea below it.
- A chemical driver since in alkaline (pH $\approx$ 9) and anoxic bottom waters, both NH4 and NH3 are stable and in isotope equilibrium, NH4 being enriched in 15N compared to NH3. If bacteria and archea only assimilate NH4, they may record its more positive isotope signature.
- An external source of fluids to the lake bottom waters supplying dissolved inorganic nitrogen enriched in 15N.
It is not possible yet to decide which one is active in the Dziani Dzaha but their implications for the interpretation of ancient d15Nsed and hence for our understanding of the evolution of the biogeochemical nitrogen over time will be discussed.

Relations entre sédimentation de la matière organique et cortèges de dépôt en domaine marin profond (Formation des Marnes Bleues du bassin Vocontien, S-E de la France) : le niveau marin n'est pas le facteur prépondérant

Alexis Caillaud*[1], Melesio Quijada[1], Jean-Yves Reynaud[1], Armelle Riboulleau[1], Viviane Bout-Roumazeilles[1], Jean-Noël Ferry[2], Nicolas Tribovillard[1]

[1] UMR LOG – Univ. Lille I, CNRS : UMR8187 – UFR des Sciences de la Terre, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France
[2] Total E&P Research & Development – CSTJF, Avenue Larribau, 64000 Pau, France

La Formation des Marnes Bleues (Aptien-Albien) est composée principalement de marnes grises avec de nombreuses occurrences de slumps, turbidites et grès massifs sur une épaisseur d'environ 600 m. Cette formation affleure dans le bassin Vocontien et s'est déposée en domaine hémipélagique le long d'une ancienne marge téthysienne. Une des caractéristiques de cette formation, notamment pour sa partie aptienne, est de contenir de nombreux niveaux noirs riches en matière organique (MO) : 1 à 8 % de carbone organique total ou COT. Ces niveaux apparaissent dans plusieurs séquences stratigraphiques de 3è ordre de l'Aptien, mais surtout, dans différents contextes de dépôt. En effet, il est observé que : 1) le faisceau Goguel (voir également Caillaud et al., 2016, ce volume) et le niveau Jacob se sont déposés dans un cortège sédimentaire de bas niveau ; 2) le niveau Kilian s'est probablement déposé dans un cortège sédimentaire transgressif ; 3) le niveau Paquier et le niveau Noir correspondent à une surface d'inondation maximale ; et 4) le faisceau Fallot est situé dans un cortège sédimentaire de haut niveau.
Au sein de ces niveaux, il est documenté différents types de kérogènes (diagramme de Van Krevelen modifié). En effet, ces niveaux peuvent être composés de kérogènes de type III (MO d'origine terrestre, niveaux Jacob, Kilian et Noir), de type II (MO d'origine marine, niveau Goguel) ou mixte (type II-III, niveaux Paquier et Fallot). Afin de mieux caractériser le contenu organique (MO continentale *versus* marine, état de préservation) et les conditions de dépôt (oxygénation, hydrodynamisme) de ces intervalles riches en MO, les données suivantes ont été acquises sur de nombreuses coupes du bassin : paramètres Rock Eval, minéralogie des argiles, calcimétrie, granulométrie, palynofaciès, éléments traces et biomarqueurs moléculaires.
A partir des résultats obtenus, il est possible de comparer les niveaux enrichis en MO déposés en différents contextes. Ainsi, cela permet de discuter des possibles relations entre les séquences stratigraphiques de 3è ordre et la sédimentation de la matière organique en domaine marin profond.

Mots-Clés: stratigraphie séquentielle, matière organique, Vocontien

Environnement de dépôt du faisceau Goguel du bassin vocontien (sud-est de la France) durant l'OAE 1a : était-ce vraiment si anoxique ?

Alexis Caillaud*[1], Melesio Quijada[1], Armelle Riboulleau[1], Jean-Yves Reynaud[1], Viviane Bout-Roumazeilles[1], Jean-Noël Ferry[2], Nicolas Tribovillard[1]

[1] UMR LOG – Univ. Lille I, CNRS : UMR8187 – UFR des Sciences de la Terre, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France
[2] Total E&P Research & Development – CSTJF, Avenue Larribau, 64000 Pau, France

Le début de l'Aptien est marqué un événement associé à de nombreux dépôts de sédiments enrichis en matière organique (MO) : l'Oceanic Anoxic Event (OAE) 1a. Une des spécificités de cet événement est la faible oxygénation des eaux océaniques, favorisant de ce fait la préservation de la MO. Dans le bassin vocontien (apophyse de la Téthys), cet épisode anoxique est connu sous le nom de faisceau Goguel au sein de la Formation des Marnes Bleues. Ce dernier se traduit sur les affleurements par des marnes hémipélagiques, argileuses, noires, laminées, riches en MO (2 à 4 % de carbone organique total ou COT) et fréquemment interlitées avec des bancs turbiditiques. Cependant, les mécanismes de dépôt de ces sédiments sur l'ancienne marge vocontienne durant l'OAE1a restent encore sujets à débat. En effet, certaines études proposent une importante période de condensation sédimentaire couplée à des conditions anoxiques alors que d'autres auteurs attribuent à la productivité primaire un rôle primordial, avec une colonne d'eau dysoxique à oxique. D'autre part, les changements climatiques dans cette région durant l'OAE1a ne sont pas totalement cernés. Le climat aurait été en effet plus chaud et humide que pendant l'Aptien, mais d'autres études n'observent aucun changement climatique sensible durant cet événement.
Afin de mieux caractériser l'environnement de dépôt des Marnes Bleues durant l'OAE1a, trois coupes du bassin vocontien ont été étudiées (Notre-Dame-de-Rosans, commune de Saint-André-de-Rosans, Saint-Jaume, commune de Verclause, et Glaise, commune de Veynes). Sur ces coupes, les données suivantes ont été acquises : paramètres Rock Eval, minéralogie des argiles, calcimétrie, granulométrie, palynofaciès, éléments traces et de biomarqueurs moléculaires. Les premiers résultats indiquent que ces marnes argileuses présentent un COT moyen de 2 % et des valeurs d'Index Hydrogène (HI, mg HC/g COT) et d'Index Oxygène (OI, mg CO_2/g COT) correspondant à une typologie II-III des kérogènes (diagramme de Van Krevelen modifié). De plus, les biomarqueurs montrent une origine autochtone (algo-bactérienne) de la MO. Concernant les conditions redox de dépôt de la MO, les éléments traces (e.g. Mo, U) et les rapports de biomarqueurs (pristane/phytane) reflètent des conditions de dépôt oxygénées.
A partir de ces résultats, nous discutons : 1) de l'origine (marine *versus* continentale) et des conditions de préservation de la MO ; 2) de l'environnement de dépôt de l'ancienne marge vocontienne durant l'OAE1a ; et 3) des implications paléogéographiques à l'échelle de cette partie de la Téthys.

Mots-Clés: OAE, anoxie, Vocontien

Downscaling and hydrological uncertainties in 20th century hydrometeorological reconstructions over France

Laurie Caillouet*[1], Gildas Dayon[2], Jean-Philippe Vidal[1], Julien Boé[2], Eric Sauquet[1], Guillaume Thirel[3], Benjamin Graff[4]

[1] Irstea, Unité de Recherche Hydrologie-Hydraulique (HHLY) – 5 rue de la Doua, BP 32108 69616 Villeurbanne Cedex, France
[2] Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique (CERFACS) – France
[3] Irstea, Unité de Recherche Hydrosystèmes et bioprocédés (HBAN) – 1 rue Pierre-Gilles de Gennes 92761 Antony Cedex, France
[4] Compagnie Nationale du Rhône (CNR) – 2 Rue André Bonin, 69004 Lyon, France
@ : dayon@cerfacs.fr

This work proposes a comparison of different hydrometeorological reconstruction datasets built on the downscaling of the NOAA 20th century global extended reanalysis (20CR, Compo *et al.*, 2011). It aims at assessing the quality of these reconstructions and improving our knowledge of the multi-decadal hydrometeorological variability over the 20th century.
The historical depth of hydrological observations is generally limited to the last 50 years, which is not enough to properly explore the natural hydrometeorological variability, a key to better understand the effects of anthropogenic climate change. In order to overcome this limit, downscaling methods are used to bridge the scale gap between extended large scale reanalyses that are available from the late 19th century onwards, such as 20CR, and local meteorological variables relevant for catchment-scale hydrology. A continuous hydrological modelling using the high-resolution meteorological reconstructions as forcings allows then to reconstruct 20th century streamflow time series.
The results from two downscaling methods and two hydrological models are here compared for a reference network of stations in France over the whole 1900-2012 period. The statistical downscaling methods provide either probabilistic or deterministic meteorological fields used as forcings in a conceptual lumped or a physically-based distributed hydrological model. Comparing the different hydrometeorological time series allows (1) quantifying the uncertainties related to the downscaling and the hydrological modelling, and (2) assessing their relative contributions across catchments and across time periods.
Compo, G. P. et al. (2011). The Twentieth Century Reanalysis Project. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 137:1–28. doi: 10.1002/qj.776

Mots-Clés: statistical downscaling, hydrological modelling, downscaling and hydrological uncertainties, hydrometeorological variability

Toward a new facies model for temperate carbonate ramps: the Normandy-Brittany Gulf in the English Channel

Bruno Caline*[1], Mickaël Pariente[2], Jérôme Fournier[3], Patrick Le Mao[4], Jean Borgomano[2], Julien Michel, Claire Rollet[4], Emmanuelle Poli[1], Chantal Bonnot, Bernadette Tessier[5], Isabelle Billeaud[1]

[1] TOTAL-Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – 64018 Pau, France
[2] CEREGE – Aix Marseille Univ., IRD, CNRS : UMR7330 – 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[3] Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (BOREA) – MNHN, UPMC - Paris VI, IRD, CNRS : UMR7208 – Station de Biologie Marine, 29182 Concarneau, France
[4] Lab. Environnement Ressources de Bretagne Nord – IFREMER – 35801 Dinard, France
[5] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
@ : bruno.caline@total.com

What are the key parameters, which control the origin, accumulation and distribution of modern non-tropical carbonate "nurseries" and what lesson can be learnt from the carbonate production and accumulations in the English Channel? These are the two questions addressed in this contribution.
The English Channel is a shallow epicontinental sea characterised by tidal-dominated hydrodynamic processes of meso-, macro- and megatidal regime. This shallow sea can be considered as a large seaway linking the North Sea to the Atlantic Ocean. Extensive reworking of a relatively thin sediment cover, limited terrestrial sources, and local deposition of carbonate-rich sediments are the main features of this seaway.
Within the English Channel system, the Normandy-Brittany Gulf is somewhat unique due to its richness of the carbonate fraction. The carbonate content is variable but ranges from less than 5% to 100%. The carbonate fraction of the surficial sediments is mainly derived from prolific bivalve communities and living red algal accumulation. The volume of bioclasts produced in the Normandy-Brittany Gulf is estimated to 350 000 m3/a (Walker, 2001). In addition to these autochthonous carbonate producers (including natural and farmed species), an alien gastropod (Crepidula fornicata) also contributes to the carbonate fraction of the sediment in the Bay of Mont-Saint-Michel and in the Bay of Saint-Brieuc.
A large number of subtidal skeletal shoals occur in the shallow water ($<$ 30 m depth) ramp system that develops in the "corner" shape coastline formed by the Cotentin Peninsula. This coastline configuration contributes to enhance the amplitude of the tidal wave circulating through the English Channel. Therefore, strong megatidal currents with associated gyres around the Channel Islands result in high hydrodynamic regime. Permanent agitation of the water column and associated mechanical breakage of shells contribute to the transport and local accumulation of gravel to coarse-grained skeletal sands.
The carbonate-rich depositional system of the Normandy -Brittany Gulf cannot be properly described by the facies models currently used for temperate carbonate ramps (1) high-nutrient and high-energy, filter feeder-dominated carbonate producers, (2) low-nutrient and low-energy, red algal-dominated carbonate producers (James & Jones, 2016).
The Normandy-Brittany Gulf system represents a new modern depositional model where both heterotroph bivalves and phototroph red algae carbonate producers control the nature of the carbonate-rich shallow water sediments. A fully integrated approach combining sedimentology, biology and oceanography and based on qualitative and quantitative data interpretation has been recently launched (Pariente *et al.*, 2016).

Mots-Clés: modern environment, carbonate, sediment, coastal deposition, tidal regime, biological habitat

The Sivas Basin: an integrated salt story

Jean-Paul Callot*[1], Jean-Claude Ringenbach[2], Charlotte Ribes[2,1], Charlie Kergaravat[2,1], Etienne Legeay[2,1], Alexandre Pichat[2,1], Cédric Bonnel[1], Geoffroy Mohn[3,4], Michel Lopez[5], Charles Aubourg[3], Haluk Temiz[6], Kaan Kavak[6]

[1] Lab. des Fluides Complexes et leurs Réservoirs (LFC-R) – Univ. Pau Pays de l'Adour, CNRS : UMR5150, TOTAL – BP 1155 - 64013 Pau, France
[2] TOTAL - Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF), Avenue Larribau 64018 Pau Cedex, France
[3] Institut de physique du globe de Strasbourg (IPGS) – université de Strasbourg, INSU, CNRS : UMR7516 – 1 rue Blessig, 67084, Strasbourg Cedex, France
[4] Lab. Géosciences et Environnement Cergy (GEC) – Univ. Cergy Pontoise : EA4506 – France
[5] Géosciences Montpellier (GM) – Univ. Montpellier II – Place E. Bataillon - CC 60 34095 Montpellier Cedex 5, France
[6] Department of Geology - Cumhuriyet University – Cumhuriyet University 58140 Sivas, Turquie

Located in the center of the Anatolian Plateau in Turkey, the Tertiary Sivas Basin was built after the closure of the northern Neotethys oceanic domain from Upper Cretaceous to Pliocene times. It developed over an ophiolitic basement obducted from the north during the Late Cretaceous, initially separating the Kirshehir continental block from the Taurus microplate.
During the Paleogene, the onset of the Tauride compression resulted in the development of a foreland basin within the Sivas domain, affected by north-verging thrusts reworking the foreland sequence and ophiolitic sheets.
The flexural deepening of the basin resulted in the accumulation of a thick marine turbiditic succession in the foredeep area, followed by a rapid shallowing and the deposition of a thick evaporitic sequence during the late Eocene. This very special episode allowed for a second youth of the basin.
Although studied for a quite long time the Sivas Basin, was indeed recently revisited as being likely the world's finest open-air museum of salt tectonic structures. Despite huge difference with respect to known salt provinces, the Sivas basin provides outstanding outcrops of the classic geometries associated to the development of diapirs, i.e. halokinetic sequences along diapir walls, and associated stratal deformations, and more exotic structures such as bubble shaped minibasins, megaflaps and evaporites allochtonous glaciers and canopy.
We will here review some of the results obtained thanks to a 5 year long project, during which the basin was dissected at the metric scale by 4 PhDs to handle (1) the detailed mapping of a 50x25km domain, (2) the coupled tectono-sedimentary analysis of the central, salt-controlled area, (3) decipher the complex and recurrent story of evaporite reworking and redeposition, (4) incorporate some matrix scale observations, and eventually (5) integrate the Sivas story within the Tethyan domain. More generally, this adventure was also an opportunity to critically review the processes of geologic knowledge acquisition, basically here the trial and error game of building a coherent story, even with fantastic outcrops.

Mots-Clés: Sivas, salt tectonic, canopy, diapir, obduction, Tethys, foreland

Micromorpholoy as a tool to decipher the record of past human activities in urban soils and sediments: the case study of the Place François Mitterrand in the city of Vienne (medieval period, south of France)

Cécilia Cammas*[1,2], Carole Vissac, Eymeric Morin

[1] Archéologie des Sociétés Méditerranéennes – CNRS – France
[2] Institut National de Recherches Archéologiques Préventives – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, Ministère de la Culture et de la Communication – France
@ : cecilia.cammas@inrap.fr

In soil science, urban soils are often considered as a whole, and they are characterized by their actual properties and functioning. Few studies focus on these sediments as a record of past human activities. However, results of integrated soil science and archaeological investigations highlighted the high potential of these studies. Micromorphological analysis of thin sections of undisturbed samples of urban stratifications dating of the protohistoric, Roman and early medieval periods in France showed their high potential for (i) the characterisation of the components and the formation processes of urban sediments, (ii) the knowledge of past human activities, town plan and dynamic. To our knowledge, in France, very few micromorphological studies deal with more recent deposits (10-17 cAD). Our objective is to better understand urban soils and sediment diversity as cultural heritage for these recent periods. An excavation conducted in 2015 on the Place François Mitterrand in the city of Vienne (France) (Director of the excavation: Tommy Vicard) showed an archaeological stratification of more than 4 meters thick composed of dark brown layers (2-3 cm to 30 cm thick) (DBL), and some very fine laminated black and red layers (FLL) ranging from the 10th to 16th cAD. A systematic stratigraphic study was performed on the four faces of the excavation, and the micromorphological analysis focused on 2 sections in order to characterise components and formation processes of the layers. The main results of micromorphological studies are that each DBL thin layer identified in the field corresponds to a single input, as the limits are characterized by sedimentary and pedological processes such as erosion by runoff, gravity deposits, trampling or bioturbation. In these layers, there are abundant and finely mixed anthropogenic components resulting from various domestic and craft activities. The heterogeneity and the mixing of the components, together with the few biological features strongly suggest that the waste were stored and evolved in another place before their deposit. For the same period, the analysis of floors (FLL) and the identification of micro components permitted to distinguish between domestic and craft area, inside and outside the medieval houses, and confirm the mixing of components in the dark deposits. A specific thick layer composed of fine silt sorted by water, very abundant fineley mixed plant remains, some coprolithic material as well as phosphatic features could be interpreted as a sewage deposit (13th cAD). These results show the relationship between the diversity of urban sediments and the management and use of space, as well as the waste disposal.

Mots-Clés: human activities, urban sediments, medieval period, micromorphology, waste disposal

La faille nord-iberique, nouvel element structural de la chaine pyreneo-cantabrique

Joseph Canérot*[1]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France

Dans les Pyrénées, la notion de "Faille Nord-Pyrénéenne" comme faille transformante établie à la limite des plaques Europe et Ibérie ne s'accorde pas avec la réalité du terrain. Les paléogéographies, notamment jurassiques ne rendent pas compte des nécessaires décalages imposés par cet accident "mythique".
Il existe en revanche une zone de déformation que l'on suit d'est en ouest, de la Méditerranée jusqu'à l'Atlantique à travers l'ensemble de la chaîne et que l'on retrouve même au sein de la chaîne cantabrique.
Dans les Pyrénées, cette zone est caractérisée par:
- sa localisation au droit de l'ancien rift mésocrétacé autrement dit à l'articulation des marges continentales à croûte ibérique au sud et européenne au nord;
- la verticalité et la grande complexité des structures qu'elle englobe dans l'axe de divergence de l'éventail pyrénéen: unités septentrionales à croûte européenne déversées au Nord et méridionales à croûte ibérique déversées au sud;
- une opposition entre les unités septentrionales superficielles aggrégées au "butoir" européen et les unités méridionales plus profondes, empilées les unes sur les autres, réparties au sein de l'actuelle Haute Chaîne et sous-charriées vers le nord sous l'effet de la poussée africaine;
- une racine crustale avec "saut" du Moho illustrant la subduction continentale des unités à croûte ibérique sous leurs homologues composées, elles, de croûte européenne;
- la variation spatiale du style structural allant d'un écaillage intense à l'est où les serrages sont précoces et intenses à une déformation plus souple à l'ouest où la compression plus tardive demeure moindre.
Dans la chaîne cantabrique une zone de déformation très comparable, aux caractéristiques structurales et géométriques similaires a été récemment mise en évidence dans le prolongement occidental de son homologue pyrénéenne.
Par sa localisation au nord du domaine ibérique directement impacté par la poussée de la plaque africaine et par sa large extension entre Méditerranée et Atlantique, cette étroite zone de déformation accompagnant l'élaboration présente et à venir du bourrelet montagneux pyrénéo-cantabrique justifie le nom de "Faille Nord-Ibérique" nouvellement proposé.

Mots-Clés: Pyrénées, Chaîne Cantabrique, croûte ibérique, croûte européenne, faille nord-ibérique, subduction continentale

Le mercure dans les sediments des grands lacs aquitains

Axel Canrédon*[1], Pierre Anschutz[1], Damien Buquet[1], Céline Charbonnier[1], David Amouroux[2], Emmanuel Tessier[2], Jörg Schäfer[1], Régine Maury-Brachet[1]

[1] Univ. Bordeaux (UMR EPOC) – Univ. Bordeaux-CNRS – Allee Geoffroy St Hilaire CS 50023 33615 Pessac Cedex, France
[2] Institut Pluridisciplinaire de Recherche sur l'Environnement et les Matériaux (IPREM) – CNRS : UMR5254, Univ. Pau Pays de l'Adour – Hélioparc Pau Pyrénées 2 av. P. Angot 64053 PAU Cedex 9, France

Des études préliminaires menées par ANSES ont révélé la présence de concentrations anormalement élevées en mercure (Hg) dans les muscles des poissons carnassiers des lacs aquitains. Ce travail consistait à étudier la distribution et le comportement du Hg dans les sédiments des quatre grands lacs. L'objectif était de déterminer le ou les paramètres responsables de méthylation du Hg en comparant les propriétés de ces quatre systèmes. Pour cela, nous avons cartographié et identifié pour la première fois les sédiments des quatre grands lacs aquitains en réalisant des campagnes de prélèvements de bennes sédimentaires et des carottages. Le Hg particulaire, le méthylmercure (MMHg), les paramètres sédimentologiques et biogéochimiques ont été mesurés. Nous avons identifié deux grands types de sédiments : des dépôts vaseux organiques dans les zones profondes et des sédiments sableux à faible profondeur. Les profils des eaux interstitielles montrent que les sédiments sont anoxiques dès les premiers cm sous l'interface eau-sédiment. En moyenne, les concentrations en Hg total des sédiments organiques sont de 200 μg.kg-1. Les sédiments sableux, pauvres en matière organique, présentent des concentrations moyennes en Hg total de 4 μg.kg-1. Les teneurs similaires dans les 4 lacs et la valeur mesurée dans les sols du bassin versant suggèrent que la source de Hg est diffuse, d'origine atmosphérique. Le Hg est essentiellement associé au soufre. Les teneurs en MMHg les plus importantes sont retrouvées dans les dix premiers centimètres des sédiments organiques dans la zone où se déroule l'oxydation de la matière organique par sulfato-réduction et réduction des oxydes de fer et manganèse. Les concentrations en MMHg varient en fonction des lacs; elles sont de 4,30 μg.kg-1 pour le lac de Carcans-Hourtin, 3,75 μg.kg-1 pour Lacanau, 1,25 μg.kg-1 pour Cazaux-Sanguinet, et 1 μg.kg-1 pour Parentis Biscarrosse. Les concentrations en sulfates des lacs suivent ce gradient de MMHg. Ceci suggère que le taux de sulfato-réduction et donc celui de la méthylation du Hg, sont directement reliés aux apports en sulfate. Les concentrations en sulfates dans les tributaires des lacs montrent que la source principale de sulfate provient du bassin versant. Ces concentrations sont corrélées à celles des nitrates, ce qui suggère que la source est agricole. Nous mettons donc en évidence pour la première fois un lien indirect entre la méthylation du Hg et des pratiques agricoles.

Mots-Clés: dépôts organiques, sédiments sableux, mercure, méthylmercure, sulfato-réduction, lacs aquitains

Approche ethnoarchéométrique céramique : premiers résultats à partir des traditions et techniques potières chez les groupes Woloyta et Oromo en Ethiopie

Nadia Cantin*[1], Victoria Borgen[1], Ayed Ben Amara[1], Anne Bocquet-Liénard[2], Xavier Savary, Jessie Cauliez[3], Claire Manen[3], Vincent Ard[3], Joséphine Caro[3]

[1] Institut de Recherches sur les Archéomatériaux (IRAMAT) – CNRS : UMR5060, Univ. Michel de Montaigne - Bordeaux III – Maison de l'Archéologie, 33607 Pessac Cedex, France
[2] Centre Michel de Boüard - Centre de recherches archéologiques et historiques médiévales (CRAHM) – Normandie Univ, UNICAEN, CNRS : FRE3119 – Esplanade de la paix, 14000 Caen, France
[3] Travaux et Recherches Archéologiques sur les Cultures, les Espaces et les Sociétés (TRACES) – CNRS : UMR5608, Univ. Toulouse le Mirail - Toulouse II – MAISON DE LA RECHERCHE 5 Allée Antonio Machado 31058 TOULOUSE Cedex 9, France

Les poteries archéologiques sont le témoin direct d'un artisanat passé et des communautés qui les ont produites. L'archéomètre n'accède le plus souvent qu'au produit céramique fini et tente alors, à l'aide d'approches (ou méthodes) pluridisciplinaires, de reconstituer la chaîne opératoire en identifiant les ressources géologiques employées et leur mise en œuvre. Les réseaux d'approvisionnement en matières premières, l'organisation de la production ainsi que les circuits de diffusion des objets peuvent alors être mis en évidence.
Ici, nous avons pour objectif d'étudier chacune des étapes de fabrication de poteries, dans une zone géographique où l'artisanat traditionnel est encore fortement pratiqué. Nous bénéficions pour cela d'une étude ethnographique très détaillée et documentée au sein de deux communautés potières, les Woloyta et les Oromo (en Éthiopie), avec l'enregistrement de leurs traditions et techniques potières qui se différencient à plusieurs niveaux.
Par conséquent, un échantillonnage ciblé de chaque étape de la chaîne opératoire de différentes productions céramiques a été réalisé depuis l'extraction des matières premières jusqu'au produit fini en sélectionnant : les matières premières brutes, préparées (pilonnées, tamisées), mélangées, maturées, les objets finis avant et après cuisson, puis avant et après décor. Les outils analytiques de la minéralogie (XRD, pétrographie, cathodoluminescence, granulométrie) et de la géochimie (MEB-EDS, ICP-AES) ont été utilisés, dans une première étude, pour caractériser les matières premières, les mélanges et des produits finis. Les réponses enregistrées pour chacune des étapes de fabrication sont ensuite confrontées. Ainsi la signature minéralogique et géochimique du produit fini est-elle réellement le reflet des différentes étapes de fabrication ?
Au-delà de cette approche, les analyses effectuées permettent de mieux comprendre les matériaux employés et leurs propriétés et de mettre à l'épreuve des modèles interprétatifs archéométriques, notamment en terme culturel.

Mots-Clés: ethnoarchéométrie, poteries, chaîne opératoire, minéralogie, géochimie, argiles, Éthiopie

Utilisation des données d'imagerie hyperspectrale appliquée à la cartographie de la contamination potentielle par l'amiante dans la province du Northern Cape en Afrique du Sud

Laure Capar*[1], Stéphane Chevrel[1], Henk Coetzee[2]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 3, av. Claude Guillemin 45060 Orléans Cedex, France
[2] Council for Geoscience - South Africa – Afrique du Sud

L'Afrique du Sud, en tant que troisième producteur d'amiante au 20ième siècle, en a produit en grande quantité. La plupart de l'amiante a été produite dans les provinces de Northern Cape et de Limpopo, ou respectivement crocidolite et l'amosite sont présentes. Des quantités moindres ont été produites dans les provinces de Mpumalanga Gauteng et Kwazulu Natal (chrysolite, trémolite).
Un levé aéroporté hyperspectrale a été effectué à la demande du Council for Geoscience (Commission géologique de l'Afrique du Sud) dans les zones de Prieska et Koegas dans la province de Northern Cape afin de venir en appui à la gestion de l'héritage des mines en Afrique du Sud. Une campagne de terrain a été menée de façon simultanée pour acquérir les spectres de terrain représentatifs des minéraux présents dans les roches et affleurements divers des deux zones d'étude.
Les objectifs de l'étude sont i) d'évaluer les levés de données hyperspectrales dans les zones affectées par les mines d'amiante comme un outil pour la détection des zones contaminées et ii) si possible, d'évaluer l'étendue aérienne de la contamination dans la zone d'étude.
Différentes méthodes de traitement d'images pour déterminer les zones potentiellement contaminées ont été testées. Le procédé de classification par Spectral Angle Mapper (SAM) a donné des résultats permettant de délimiter en première approximation ces zones.
Les zones potentiellement contaminées ont été cartographiées, par cette méthode, principalement à proximité des zones anciennement exploitées, le long des réseaux de transport et au niveau des zones de transformation. Néanmoins certaines zones cartographiées et relativement étendues ne semblent pas être reliées à ces 3 facteurs. Les levés de données hyperspectrales, traitées par la classification SAM, permettent de cartographier de grandes zones d'études de façon rapide, avec une certaine fiabilité et de fournir une première localisation des zones potentiellement contaminées par l'amiante. Une vérification sur le terrain des zones reconnues comme potentiellement contaminées situées en dehors de la contamination due par l'exploitation, le transport ou la transformation de l'amiante permettait de valider entièrement la méthode.

Mots-Clés: amiante, hyperspectrale, Afrique du Sud

Les amas coquilliers de Vendée : de l'archéologie au paléoenvironnement - Etude intégrée préliminaire

Elsa Cariou*[1], Christèle Guivel[1], Vincent Barbin[2], Donatienne Leparoux[3], Carole La[1], Agnès Baltzer[4], Mary Elliot[1]

[1] Lab. de Planétologie et Géodynamique de Nantes (LPGN) – CNRS : UMR6112, INSU, Univ. Nantes – 2 Rue de la Houssinière - BP 92208 44322 Nantes Cedex 3, France
[2] Groupe d'Etude sur les Géomatériaux et Environnements Naturels Anthropiques et Archéologiques (GEGENA[2]) – Univ. Reims - Champagne Ardenne : EA3695 – France
[3] Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, des Aménagements et des Résaux (IFSTTAR) – France
[4] Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géolittomer) – Univ. Nantes, CNRS : UMR6554 – BP 81227 44312 NANTES Cédex 3, France

Les amas coquilliers de Saint-Michel-en-l'Herm et Beauvoir-sur-Mer (Vendée) sont de vastes accumulations coquillières, formées de milliards de coquilles d'huître plate *Ostrea edulis*. Datés du 9e au 13e siècle, ces amas coquilliers constituent de précieux indices de l'activité sur les côtes vendéennes à l'époque médiévale. Ils témoignent de la gestion des ressources maritimes, de l'espace et des déchets par ces sociétés littorales.
Afin de déterminer la géométrie interne des dépôts, des mesures géophysiques (sismique réflexion et Ground Penetrating Radar) ont été effectuées et confrontées aux observations à l'affleurement et en tarière. Des coquilles ont été prélevées dans les amas, à partir desquelles ont été réalisées des datations radiocarbone, des analyses isotopiques (δ18O et δ13C) et des analyses élémentaires, caractérisant l'incorporation des métaux dans les coquilles.
Les tests géophysiques réalisés, montrent que le GPR est un outil particulièrement performant pour caractériser la géométrie des dépôts coquilliers très dispersifs, et reconstituer les modalités de leur mise en place. Les comparaisons (en microscopie optique, en cathodoluminescence et chimiques) des coquilles médiévales avec des coquilles actuelles provenant de sites monitorés montrent que la diagenèse commence déjà à altérer les coquilles dans les amas, mais que les crochets, restent généralement intacts, permettant les investigations géochimiques. D'après les datations radiocarbone réalisées, les amas des deux sites sont contemporains, mais l'estimation de l'âge réservoir reste un obstacle à contourner pour proposer des datations précises. Le δ18O des coquilles montre que les conditions paléoclimatiques à la fin de l'époque médiévale étaient très proches des conditions actuelles sur le littoral vendéen, mais des différences entre les unités stratigraphiques successives suggèrent des changements de zone de pêche, ou l'enregistrement de modifications climatiques à haute fréquence. La comparaison des signaux élémentaires dans les coquilles médiévales et actuelles permet de déterminer les concentrations métalliques préindustrielles, de discriminer les signaux métaboliques des signaux environnementaux et d'interpréter ces derniers dans les coquilles médiévales. Les résultats obtenus illustrent la capacité de l'espèce *Ostrea edulis* à apporter des informations paléoenvironnementales plurielles et son potentiel en tant qu'outil de monitoring environnemental.

Mots-Clés: amas coquilliers, Moyen-Âge, *Ostrea edulis*, géochimie, géophysique

Palaeoenvironmental study of the miocene formation of Taverna, Corsica: micropalaeontological and mineralogical approaches

Christopher Castellani*[1], Brahimsamba Bomou[1], Michelle Ferrandini[2], Jean Ferrandini[2], Thierry Adatte[3], Emilie Garel[1], Frédéric Huneau[1]

[1] Univ. Corse (Lab. d'Hydrogéologie) – CNRS : UMR6134 – Faculté des Sciences et Techniques Campus Grimaldi BP52 F-20250 Corte, France
[2] F-20250 Casanova de Venaco – Univ. Corse – France
[3] Insitut des Sciences de la Terre, Univ. Lausanne (UNIL) – Géopolis, 1015 Lausanne, Suisse

Corsica is mainly dominated by granitoid and acid volcanic rocks related to the Hercynian orogeny in its western part, and by Mesozoic metamorphic rocks related to the Alpine orogeny in its northeastern part. Despite their scarcity, some sedimentary basins are also present.
Sedimentary rocks of great interest are the Miocene rock successions but they are present in very restricted and small areas. From North to South, four major sedimentary basins are recognised: Saint-Florent, Francardo, the Aleria plain and Bonifacio. The sedimentary deposits are relatively thin and cover almost the same time span from the Burdigalien to the Pliocene time. Although these sedimentary basins have been investigated over the last decades by several authors, information on their lithology, their formation and development through time, as well as their associated fauna and flora that inhabited these environments, are relatively scarce and far too many questions remain unanswered.
The basin of Francardo-Ponte Leccia (Corsica) extends over a distance of 7 km according to a N-S direction along the contact zone between the "Hercynian" and the "Alpine" zones. In overall, the sedimentary succession is silicoclastic, scattered occasionally with few carbonate rocks and relatively poor in fossils. The succession is divided in three distinct rock formations: the continental series of Ortone and Francardo Fms and the marine neretic series of the Taverna Fm. The latter has been recently re-investigated at the quarry of Piedigriggio-Taverna.
Using previously-collected data by FERRANDINI M. and J. and newly sampled data, micropalaeontological, mineralogical and geochemical analyses of the sedimentary series have been performed to better constrain the palaeoenvironnemental evolution. A total of 17 levels were sampled throughout the outcrop for granulometric, mineralogical and phosphorus content analyses. Data on species composition and abundance were used to characterise fauna evolution.
The lithological analysis shows that the series is composed of relatively well-ordered alternating sequences of conglomerates, sandstones, marls and clays. Analysis of various macro-remains of fossils reveals the presence of bivalves, gastropods, crabs, barnacles, fish remains, and sea urchin fragments, with locally diversified plant remains.
Most samples yielded numerous foraminifera tests, in total ten taxa or so have been recognised so far, including benthic and planktonic foraminifera. The latter are scarce and of relatively small size. Ostracod remains are not very abundant. Abundance and species composition in foraminifera seems to be constrained by climatic and palaeoenvironmental conditions.
In overall, lithologic and palaeontological data point to an evolution of the environment from an alluvial plain, through a mangrove and beach stage to a lagoon with a very limited marine episode.

Mots-Clés: Corsica, basin, Miocene, palaeoenvironment, micropalaeontology, geochemistry, mineralogy

Quantification of carbon dioxide (CO_2) and methane (CH_4) fluxes at the sediment-water-atmosphere interfaces in Terminos lagoon – Campeche

Maria de los Angeles Cauich Garcia*[1], Maria De La Luz Espinosa Fuentes[2], Maria Amparo Martinez Arroyo[2], Lionel Denis[3]

[1] Universidad Nacional Autonoma de Mexico – Instituto de Ciencias del Mar y Limnologia – Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria 04510 México D.F. MEXICO, Mexique
[2] Universidad Nacional Autonoma de Mexico – Centro de Ciencias de la Atmosfera – Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria 04510 México, Mexique
[3] Lab. d'Océanologie et de Géosciences - Station Marine de Wimereux (LOG) – Univ. Lille I – CNRS : UMR8187 – 28, Avenue Foch, 62930 Wimereux, France
@ : lionel.denis@univ-lille1.fr

The increase in concentrations of greenhouse gases (GHG) in the atmosphere results in an intensification of the carbon fluxes to the ocean surface, since it constitutes the main sink of carbon dioxide (CO_2). However the role of the coastal and neritic areas in the global carbon cycle is not well understood, reflecting the need for such studies in marine areas, which potentially significantly contribute to CH_4 and CO_2 cycles.
Along the Gulf of Mexico exist 23 lagoons, among which Terminos, with a mean depth around 6m, and a surface area reaching more than 70 km^2, is one of the largest tropical lagoons. A large part of the lagoon is a protected area since the 80's, and is characterized by a large number of habitats, revealing a high dynamic among its compartments. Information about whether this body of water is capturer or GHG emitter is scarce, but the analysis of carbon dioxide (CO_2) and methane (CH_4) in different interfaces (sediment/water/air) allow to determine such behavior and its importance in climate change.
Therefore the main objective of this study was to determine the dynamics of Terminos Lagoon regarding the GHG emissions through the characterization of CO_2 and CH_4 fluxes at the sediment/water/atmosphere interfaces at contrasted seasons. Two samplings were carried out, in August-September (rainy season) and in February-March (windy season), and budgets were established at 4 stations located in areas influenced by mangrove (E1), seagrass (E2), river discharge (E3) and the center of the lagoon (E4). Water and gas samples for measuring CO_2 and CH_4 interfacial exchanges (sediment/water/air) were obtained by means of benthic/floating chambers, and further analyzed by gas chromatography. Several additional environmental variables were also measured.
While temperature values were always close to 30 ° C, salinity widely fluctuated among stations and water was permanently well oxygenated. Lower pH values were associated to areas with rivers discharge and mangroves. Preliminary analyzes of gas emissions indicate large differences CO_2 and CH_4 fluxes and budgets between stations. The areas influenced by riverine discharges are likely to be emitters sites due to the discharge of pollutants from human activities and those areas influenced by mangrove swamps and seagrass would act as sources or sinks, depending on the physical, chemical, biological variations in different climatic periods.

Mots-Clés: greenhouse gas, tropical lagoon, benthic chambers, floating chambers, carbon cycle

Dynamique sédimentaire récente et eutrophisation de la lagune de Biguglia : nature, origine et distribution des apports sédimentaires

Amélie Cavelan*, Anaëlle Simonneau[1], Jérémy Jacob[1], Claude Le Milbeau[1], Angélina Belli[1], Christian Di Giovanni[1], Charles Gumiaux[1], Pascale Gautret[1], Emilie Garel[2], Frédéric Huneau[2], Mikael Motelica-Heino[1], Vanina Pasqualini

[1] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR7327, INSU, BRGM – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie 45071 Orléans Cedex 2, France
[2] Lab. d'Hydrogéologie – CNRS : UMR6134, Univ. Corse Pascal Paoli – Campus Grimaldi, BP 52, 20250 Corte, France
@ : amelie.cavelan@etu.univ-orleans.fr

Les milieux littoraux, et notamment le littoral méditerranéen français, sont des interfaces terre-mer particulièrement sensibles, tant aux facteurs de forçage naturels qu'anthropiques. Derniers filtres des influx venant des versants avant qu'ils ne rejoignent le milieu maritime, ces espaces tampons sont particulièrement fragiles. La lagune de Biguglia (Haute Corse) illustre parfaitement ces zones sensibles, soumises à des pressions humaines croissantes qui doivent être prises en compte dans la gestion de cet espace naturel protégé. Dans le cadre de l'OHM Littoral-Méditerranée, le projet ASTIRIA a pour ambition de comprendre la dynamique de sédimentation récente de la lagune de Biguglia, via la caractérisation des propriétés physico-chimiques des sédiments, l'étude de leur distribution spatiale et la détermination des vitesses de sédimentation . Une estimation de la puissance sédimentaire accumulée dans la lagune depuis sa formation et un suivi des dynamiques de sédimentation récente par cartographie numérique SIG ont été réalisés. 6 carottages gravitaires ont été effectués et indépendamment datés par radiocarbone. Par ailleurs, les sédiments de la lagune et les alluvions des principaux affluents du bassin, ont été analysés par pyrolyse Rock Eval, palynofaciès quantitatif et ICPMS-laser et leur contenu lipidique par chromatographie gazeuse couplée à un spectromètre de masse (GC/MS), ce qui permet de discuter les sources organiques et minérales du sédiment.
Sur la base des données topographiques, la puissance sédimentaire totale maximale a été estimée à plus de 7 mètres. Les datations 14C indiquent un âge de 1084 A.D. à 38,5 cm, soit un taux de sédimentation moyen de 0,03 cm/an. Par extrapolation de ce taux de sédimentation, la base du remplissage serait datée de 20 000 ans. Ce taux semble avoir été multiplié par 10 depuis 1950 (0,3 cm/an). La partie sud du sous-bassin nord et le bassin sud semblent particulièrement touchés. Cette accélération récente s'illustre aussi par une large variabilité des faciès sédimentaires, avec notamment un faciès de delta très épais au nord au débouché du Bevinco, l'affluent principal de la lagune. Les analyses organiques ont permis d'identifier deux pôles : la production algale autochtone, et les apports allochtones du BV qui dominent actuellement. Les contributions respectives de ces deux pôles ont connu des variations significatives au cours du temps, sous l'effet conjugué des changements climatiques et des activités humaines affectant le bassin versant. L'anthropisation de la plaine de la Marana est illustrée par la présence d'hydrocarbures aromatiques polycycliques et autres produits de combustion, de marqueurs fécaux reflétant les activités pastorales autour de la lagune, et de biomarqueurs d'astéracées et de graminées dont les évolutions permettent de discuter l'évolution de la végétation.

Mots-Clés: sédimentation lagunaire, anthropisation, géomatique, géochimie organique

Développement et déploiement d'un système permettant l'échantillonnage passif en eaux souterraines

Bryan Chague[1], Philippe Negrel*[1], Frédérick Gal[1]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 3 Avenue Claude Guillemin, B.P. 36009, 45060 Orléans, France

Dans le cadre du projet CRITEX, nous avons mis au point un système de prélèvement intégratif en forage afin de concentrer des éléments chimiques pour avoir accès aux mesures des concentrations et des rapports isotopiques. Pour cela nous avons développé et testé un système permettant de créer un flux d'eau dans un support à échantillonneurs passifs de type *Diffusive Gradient in Thin film (DGT)*. Ce système est constitué d'une pompe avec un variateur de débit, d'un support à DGT, d'un débitmètre avec afficheur. Le DGT accumule les éléments traces sur une résine après qu'ils aient été captés par diffusion dans un gel spécifique. Plusieurs simulations numériques en dynamique des fluides nous ont permis d'optimiser le flux dans le support afin de limiter les effets de couche limite de diffusion et ainsi pré-concentrer correctement ces éléments. Nous avons réalisé des premiers essais en laboratoire afin de déterminer les caractéristiques physiques et chimiques du système (débit, consommation d'énergie, contaminations éventuelles). Les résultats des tests des blancs de l'appareillage nous ont permis de réduire les contaminations en adaptant le matériel. Puis nous avons réalisé des premières expérimentations sur un des piézomètres situés sur le site du BRGM afin d'être à proximité du laboratoire et ainsi évaluer le système en conditions réelles. Afin de tester le système dans une configuration de routine, nous avons réalisé des tests sur des forages sur le site de Naizin (Morbihan) début 2016. Les résultats des éléments chimiques concentrés par le système de prélèvement intégratif sont en cours de traitement afin d'orienter les systèmes isotopiques qui seront mis en œuvre. Concernant le système de prélèvement intégratif, nos voies actuelles d'amélioration concernent l'électricité d'origine photovoltaïque et l'utilisation un obturateur gonflable afin d'optimiser le système.

Mots-Clés: DGT, échantillonnage passif, eaux souterraines

Distinct *Aeromonas* populations in water column and associated with copepods from estuarine environment (Seine, France)

Gautier Chaix*[1], Frédéric Roger[1], Thierry Berthe[1], Brigitte Lamy[2,3], Estelle Jumas-Bilak, Robert Lafite[1], Joëlle Forget-Leray[5], Fabienne Petit[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[2] HydroSciences Montpellier, CNRS : UMR 5569 HSM, Univ. Montpellier, Montpellier, France
[3] Laboratoire de Bactériologie, CHU de Nice, France
[4] Dpt. d'Hygiène Hospitalière, CHRU de Montpellier, Montpellier, France
[5] Normandie Univ, UNILEHAVRE, UMR I-02 SEBIO, 76600, Le Havre, France

Aeromonas spp. are ubiquitous bacteria mainly recovered from aquatic ecosystems. They are found in fresh and brackish waters (estuarine) and in association with aquatic organisms, but also in wastewater treatment plants (WWTP), in drinking water, well water and bottle water. While, *Aeromonads* are considered as opportunistic pathogens for humans and others warm- and cold-blooded animals, little is known about the distribution of *Aeromonas* spp. in estuarine waters. The present study aims to compare the abundance and the diversity of *Aeromonas* population isolated in water column – water and fluid mud - and in association with copepods sampled in the mouth of the Seine estuary. During two years of monitoring (8 campaigns from February 2013 to November 2015) the occurrence of *Aeromonas* was investigated within the water column (water and fluid mud) and in association with copepods. The genetic diversity of *Aeromonas* populations was assessed by analysis of *gyrB* and *radA* sequences, and the resistance to antibiotics was investigated. In Seine estuary, *Aeromonas* (*gyrB+ radA+*) is present in water (1.1 102 to 1.2 $\pm$ 0.3 103 CFU.100 mL-1), fluid mud (2.6 $\pm$ 2.6 102 to 9.8 $\pm$ 0.9 103 CFU.g-1) and associated with living copepods (1.9 $\pm$ 0.7 102 to $>$ 1.1 104 cfu.g-1). The diversity of *Aeromonas* populations in water column (46 isolates from water and fluid mud) is different of those present associated with copepods (37 isolates). *A. salmonicida* is the main specie associated with *E. affinis* (n=35; 76.1%) and their resistance to TCC is higher than others species. In contrast in water column, there is a co existence of autochthonous *Aeromonas* of estuarine environment *A. salmonicida*, *A. bestiarum*, *A. encheleia* and *Aeromonas* species from human and animals origins discharged by the effluent of WWTP: *A. media*, *A. rivipollensis*. In oligohaline zone of highly anthropized estuary (oceanic climate), distinct populations of *Aeromonas* (*gyrB+ radA+*) is present in water column (water and fluid mud) and associated to copepods. However, for the fisrt time we show that *Aeromonas* population associated with *E. affinis* was composed of 3 species described today as non human-pathogens and was dominated by *A. salmonicida*. None of these species (*A. rivipollensis*, *A. salmonicida* and *A. bestiarum*) have been previously described as being associated with copepods.

Mots-Clés: *Aeromonas*, diversity, copepods, estuary

Associer l'étude des phénomènes volcaniques à l'éducation aux risques : quels "risques" pour la construction des savoirs scientifiques?

Hanaà Chalak*[1]

[1] Centre de Recherche en Education de Nantes (CREN) – Univ. Nantes : EA2661 – Chemin de la Censive du Tertre BP 81227 44312 Nantes Cedex 3, France

Le volcanisme peut être étudié selon 3 pôles d'approche défini par Laperrière-Tacussel (1995) et correspondant à des domaines notionnels déterminés : le pôle descriptif, le pôle explicatif et le pôle humain. La centration sur le pôle humain tend à se développer avec les nouveaux programmes des cycles 3 et 4 qui associent explicitement l'étude des phénomènes volcaniques à celle des risques pour les populations et des mesures de prévention et de protection (M.E.N. 2015). L'éducation aux risques volcaniques occupe une place toute aussi importante que l'étude du fonctionnement de ces phénomènes et le point de vue anthropocentrique est mis en valeur. Cela n'est pas sans conséquences sur les apprentissages des élèves et la construction des savoirs scientifiques dans ce domaine sachant qu'il ne s'agit pas des mêmes types de problèmes dans les deux cas. En effet, les questions traitées dans l'éducation aux risques relèvent - comme celles des "Educations à" - des "problèmes complexes flous" (Fabre, 2013) alors que l'étude du volcanisme relève des "problèmes explicatifs" (Orange, 2012 ; Orange Ravachol, 2012) clairement identifiés dont le but est d'expliquer le fonctionnement des volcans sans se limiter à la description des phénomènes qui y sont liés. Après avoir approfondi les caractéristiques de ces problèmes, nous étudions, dans cette communication, plusieurs exemples qui mettent en évidence les difficultés des élèves de quatrième dans l'étude du fonctionnement des volcans. Nous montrerons comment une centration sur l'éducation aux risques volcaniques peut renforcer ces difficultés et les conduire à se centrer sur les pôles descriptifs et humains au détriment du pôle explicatif. Ce dernier est nécessaire et primordial dans l'accès des élèves aux explications scientifiques dans le domaine du volcanisme. De plus, nous montrerons comment certains obstacles à l'apprentissage des élèves peuvent être consolidés si la focalisation sur le pôle humain devient la porte d'entrée favorisée de l'étude des phénomènes volcaniques.

Mots-Clés: volcanisme, risques volcaniques, problèmes complexes flous, problèmes explicatifs, anthropocentrisme

Impact de la tectonique sur le partitionnement sédimentaire et minéralogique dans un bassin d'avant pays (Cas du bassin de Graus-Tremp pendant l'Eocène inférieur)

Emmanuelle Chanvry[1,2,3], Philippe Joseph*[3], Rémy Deschamps[3], Daniel Garcia[2], Jean-François Deconinck[4], Anaïs Chargros[4], Jean-Loup Rubino[1], Stéphane Teinturier[1]

[1] TOTAL - Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau 64018 Pau Cedex, France
[2] Centre Sciences des Processus Industriels et Naturels (SPIN-ENSMSE) – École Nationale Supérieure des Mines - Saint-Étienne – 158, cours Fauriel F-42023 Saint-Étienne Cedex 2, France
[3] IFP Energies Nouvelles (IFPEN) – France
[4] Biogéosciences, Univ. Bourgogne – CNRS : UMR6282 – 6 Bvd Gabriel 21000 Dijon, France
@ : emmanuelle.chanvry@hotmail.fr

Le remplissage sédimentaire des bassins d'avant-pays peut être influencé par l'eustatisme, le climat ou encore les processus hydrodynamiques, mais il est surtout contrôlé par la déformation tectonique qui controle la distribution des taux de sédimentation et de subsidence, et donc l'architecture stratigraphique du bassin. La quantification de l'impact de la tectonique sur l'évolution du remplissage sédimentaire d'un bassin correspond au challenge actuel des structuralistes, sédimentologues, géomorphologues et géologues pétroliers.
Le cas d'étude choisi concerne le bassin sud-pyrénéen de Graus-Tremp-Ainsa pendant l'Eocène inférieur. Entre le Crétacé supérieur et l'Oligocène, cette zone est marquée par la présence de grands chevauchements, s'activant en séquence de type piggy-back. L'Eocène inférieur correspond à une phase tectonique majeure marquée par la propagation du bassin de Graus-Tremp-Ainsa vers le Sud, via le chevauchement de Montsec. A cette période, le bassin sédimentaire est une gouttière étroite limitée vers le Sud par ce chevauchement : il présente une sédimentation d'abord carbonatée, puis de type fluvio-deltaïque au niveau du bassin de Graus-Tremp, passant à l'Ouest à une sédimentation turbiditique au niveau du bassin d'Ainsa. Ainsi ce bassin présente tout l'éventail des environnements de dépôt depuis les systèmes continentaux amont aux systèmes turbiditiques, et permet ainsi d'appréhender les budgets sédimentaires. Le travail repose sur une étude sédimentologique permettant de proposer une corrélation haute résolution des dépôts sédimentaires. Ainsi, 16 séquences dites à hautes fréquence sont reconnues, corrélées à travers le bassin, puis hiérarchisées en 8 séquences de dépôt. Nous proposons ici de quantifier les relations entre les variations d'accommodation et le partitionnement amont-aval des faciès sédimentaires, des granulométries et des minéralogies.
- Pour chaque section de terrain, les principales granulométries et les minéralogies constitutives des faciès sont quantifiées par environnement de dépôt et pour chaque séquence de dépôt.
- Le système de transit des sédiments au sein de chacune de ces séquences est contraint afin de quantifier le partitionnement amont-aval des principaux environnements de dépôt et des granulométries et minéralogies associées. La distribution spatiale des minéralogies permet d'identifier le calendrier d'activation de sources différenciées.
- Ce partitionnement est mis au regard de l'évolution des profils de dépôt afin d'observer les relations entre subsidence, profil de dépôt des environnements et distributions des granulométries et minéralogies pour chaque séquence de dépôt.
Les applications de ce travail sont multiples, puisqu'il consiste en la construction d'un cadre quantitatif de partitionnement (environnement de dépôt et granulométrie) à travers le temps, permettant d'y intégrer de la minéralogie, et qui peut être mis en relation avec le calendrier de la déformation.

Le temps des collections : Henri Fayol et le Muséum national d'Histoire naturelle

Sylvain Charbonnier*[1]

[1] Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), CNRS : UMR7207, Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI – 57, rue Cuvier - 75231 Paris Cedex 05, France

L'année 1877 est le début d'une aventure paléontologique initiée par H. Fayol. Cette année-là, Fayol envoie à Grand'Eury une belle empreinte d'insecte provenant de Commentry. Grand'Eury confie rapidement le spécimen à Ch. Brongniart qui commence l'étude des insectes fossiles dès 1878. Le premier insecte fossile de Commentry est publié en 1879 sous le nom de *Prophasma dumasii*. Au fur et à mesure des envois de fossiles par Fayol, Brongniart réalise le caractère exceptionnel des spécimens dont le gigantisme est insoupçonné à cette époque. En 1884, la publication de la plus grande libellule ayant vécu sur Terre (*Meganeura monyi*, 70 cm d'envergure) est une révélation pour les scientifiques du monde entier. Brongniart enchaîne les publications jusqu'à sa célèbre monographie de 1893. Fayol a été largement cité et remercié dans les publications de Brongniart et de ses successeurs qui lui ont notamment dédié plusieurs espèces d'arthropodes de Commentry comme par exemple les insectes *Titanophasma fayoli* Brongniart, 1882, *Etoblattina fayoli* Meunier, 1921 ou encore le " mille-pattes " géant *Arthropleura fayoli* Boule, 1893. La très grande majorité des fossiles d'insectes récoltés par Fayol est aujourd'hui conservée dans les collections paléontologiques du Muséum national d'Histoire naturelle à Paris. Étrangement, le nom d'Henri Fayol est resté assez discret dans les archives du Muséum alors que tous les spécialistes de l'époque (Brongniart, Milne Edwards, Grand'Eury, Gaudry) s'accordaient pour louer les initiatives de Fayol qui, très tôt, avait compris l'importance de ses découvertes et sensibilisé son personnel (ingénieurs et mineurs). Officiellement, les catalogues nationaux recensent trois entrées de spécimens de Commentry envoyés par Fayol : l'une du 30 novembre 1883 (4 échantillons de vertébrés et d'arthropodes), l'une le 20 avril 1895 (125 échantillons d'insectes) et une dernière très conséquente, le 10 avril 1902 (1500 échantillons d'insectes). L'héritage scientifique de Fayol est inestimable : 275 nouvelles espèces ont été décrites à partir des spécimens de Commentry, ce qui correspond à 400 types et figurés. Plus de 100 publications sont recensées entre 1879 et 2016 et les recherches continuent encore aujourd'hui.

Mots-Clés: collections patrimoniales, Commentry, insectes fossiles, Henri Fayol, Carbonifère, Stéphanien

3D reconstruction of plagioclase crystals in a synthetic basalt and results comparisons

Claire Charles*[1], Elsa Ottavi-Pupier[1,2], Clément Delcourt[1], Julien Duquennoy[1], Michihiko Nakamura[2], Kentaro Uesugi[3], Olivier Ammoun[4]

[1] Institut LaSalle Beauvais (GEOS) – 19 rue Pierre Waguet, 60000 Beauvais, France
[2] Department of Earth Science Tohoku University – Graduate School of Science, Tohoku University, 6-3, Aramaki Aza Aoba, Aoba, Sendai, Miyagi 980-8578 JAPAN, Japon
[3] SPring-8/JASRI – Japon
[4] Dassault Systèmes – 10, Rue Marcel Dassault 78140 Vélizy-Villacoublay, France
@ : elsa.ottavi-pupier@lasalle-beauvais.fr

Experimental samples of basaltic composition at different temperatures have been created in laboratory. Moreover, *in-situ* observations of plagioclase crystals in these synthetic basalts have been made by using micro-tomography beam lines at SPring-8.
It is proposed here to calculate the 3D Cristal Size Distribution (CSD) of these experiments. The crystal size distribution laws express the number of crystals per interval size per unit volume. This physical law is meant to correlate connectivity, size distribution and abundance of crystals of a rock with its thermal history. Three-dimensional plagioclase crystals (resulting from the experimental samples) are digitally modeled. The 3D reconstruction is realized by using the numerical platform 3DEXPERIENCE © developed by Dassault Systèmes. The modeling is performed manually by working on successive images of the samples in order to observe all the crystals and to consider how they are spatially organized. These images are used to circumvent plagioclase crystals. As a result, sections of plagioclase are designed and linked together to build the crystal shape in 3D.
The aim of this study is to perform size measurements on the minor and the major axis of each modeled crystal, and also volume measurements. The data of interest are the total volume of the sample and the total volume of modeled plagioclase crystals. These modeling and calculation works are done for each sample of synthetic basalt. Then, the CSD are determined for the different temperatures with the major and the minor axis data.
Generally, the results show a decrease of the CSD slope as a function of the temperature. These results are compared with data collected from previous CSD studies conducted on the same experimental samples but which used other methods such as CSD calculations based on crystals size measurements in 2D and then converted in CSD 3D using mathematical formulas (Pupier *et al.,* 2008) or even 3D modeling with other software using automatic axis determinations (Duchêne *et al.,* 2008). These comparisons aim to assess the relevance and accuracy of these different techniques.

Mots-Clés: 3DEXPERIENCE, CSD, crystals, plagioclase, axes, synthetic basalt, 3D reconstruction

Chemical evolution of waters in the Jura Mountains related to global changes

Jean-Baptiste Charlier*[1], Yvan Caballero[1], Julie Lions[2], Bernard Ladouche[1]

[1] BBureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 1039 rue de Pinville F-34000 Montpellier, France
[2] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – UMR 7327, 3 Avenue Claude Guillemin, BP 6009, 45060 Orléans Cedex 2, France
@ : j.charlier@brgm.fr

The aim of this study is to explore the long term decadal response of the chemical composition of surface and groundwater to the global environmental changes. Focusing on karstic basins, we ask how global (climate and anthropogenic) changes could influence trends and/or large-scale oscillations of the physico-chemistry of springs and rivers.
In this setting, we present in this study an analysis of more than 45 yrs of hydrological and physico-chemical data recorded in springs and rivers of the north of the French Jura Mountains (Doubs and Loue basins, i.e. about 5000 km^2). We used climate data (air temperature, rainfall, snowfall) from METEO FRANCE, hydrological data (discharge) from Banque Hydro. Water quality data (temperature, electrical conductivity, major ions) were collected from public agencies (ADES, EauFrance) at a monthly or a quarterly time step since 50's depending on sites and on parameters.
To characterize trends and large-scale oscillations on the climatic, hydrological and physico-chemical parameters, wavelet analysis was applied on the longest continuous time series (Loue riv.). Results showed that large variations of electrical conductivity are visible at a pluri-annual scale, being not correlated to NO3 evolution. Notably, a strong mineralization increase (+65 μS/cm/10 yr) is observed between 1980 and 2007. During this period, it is possible to identify a rainfall (-10mm /10 yr) and discharge decrease (-5.2 m3/s/10 yr) as well as an increase of air temperature (+0.15°C / 10 yr). Because similar trends are also identified on about 20 sites (springs and rivers) over the study area, we showed that the physico-chemical variations observed in the Loue riv. are generalized at the regional scale.
To help in supporting hypotheses about the specific role of climate evolution, a geochemical modelling (PRHEEQC code) was done using the physico-chemical parameter data from a main spring (Arcier spr.). The model assumes thermodynamic equilibrium, to characterize the processes and parameters that control water composition for simplified geochemical systems (no kinetics were taken into account). Modelling results are used to discuss on the effective role of climate on the water quality evolution of the Jura Mountains.

Mots-Clés: climate change, chemical reponse, karst, water quality

Mesures couplées par drone et sondeur interférométrique pour révéler les évolutions morphologiques à haute fréquence d'une embouchure tidale

Eric Chaumillon*[1], Léo Chaumillon[2], Bastien Millescamps[1], Xavier Bertin[1], Nathalie Long[1]

[1] LIttoral ENvironnement et Sociétés (LIENSs) – CNRS : UMR7266, Univ. La Rochelle – rue Olympe de Gouges 17 000 La Rochelle, France
[2] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ., UNIROUEN, UNICAEN, CNRS : UMR6143, Normandie Univ – 76000 Rouen, France
@ : echaumil@univ-lr.fr

Les embouchures tidales sont extrêmement dynamiques et très importantes d'un point de vue écologique et sociétal. Dans le contexte des changements globaux actuels il est nécessaire d'anticiper leurs évolutions futures, mais des verrous scientifiques demeurent en raison du grand nombre et de la complexité des processus mis en jeux. Les mesures de terrain, les plus fréquentes et précises possibles, sont nécessaires pour mieux comprendre leur dynamique et sont un pré requis aux simulations numériques de leurs évolutions. C'est dans ce cadre que nous présentons des mesures bathymétriques et topographiques à très haute résolution et fréquence, obtenues dans l'embouchure tidale de la baie de Bonne Anse (embouchure de la Gironde) que nous étudions dans l'ANR DYNAMO.
A marée haute, deux séries de levés bathymétriques successifs ont été réalisés en mai 2014 (sondeur mono faisceau, navire de l'Univ. La Rochelle) et en mai 2015 (sondeur interférométrique, V/O Haliotis). A marée basse, deux levés topographiques (juin et septembre 2015) ont été réalisés par photogrammétrie à partir de photographies acquises par drone.
Ces levés permettent d'obtenir une restitution extrêmement précise des structures sédimentaires à différentes échelles spatiales. Ils montrent la présence de très nombreuses dunes sous-marines, petites (longueurs d'onde, L $<$ 5 m), moyennes (5 $<$ L $<$ 10 m) et grandes (10 $<$ L $<$ 100 m). Dans l'embouchure de la Gironde, on observe une superposition de rides de courants, moyennes et grandes (L=10 à 15 m et 50 m), ainsi que des rides d'oscillation (L = 5 à 7 m) localisées au pied du delta de jusant de la Baie de Bonne Anse. Dans les chenaux principaux de l'embouchure et dans la baie on observe des rides de jusant (L = 7 à 13 m), alors que sur les estrans de la baie on observe principalement des rides de flot (L = 1 à 10 m). Les asymétries des rides dans la baie et les chenaux sont cohérentes avec le transport sédimentaire induit par la distorsion tidale dans une baie ou les estrans sont larges et peu profonds (Dronkers, 1986).
Les différences entre les levés sur une période d'un an permettent de montrer la migration latérale (80 à 90 m) des méandres du chenal principal dans la baie et l'embouchure ainsi qu'une progradation vers le large (100 à 130 m) du delta de jusant. Les différences entre les levés pendant l'été 2015 montrent un élargissement de l'embouchure et une progradation de 100 m de la flèche sableuse qui limite le sud de la baie. Ces évolutions valident l'importance du forçage tidal dans les évolutions de cette embouchure (Chaumillon et al., 2014) ainsi que l'importance des variations saisonnières du climat des vagues dans la croissance de la flèche sableuse (Long et al., 2016).

Chaumillon et al. 2014. Journal of Coastal Research Sp. Issue, 70, 109-114.
Dronkers, J., 1986. Netherlands Journal of Sea Research, 20, 117-131.
Long et al., 2016. Remote Sens. 2016, 8, 387.

Mots-Clés: embouchures tidales, lagune tidale, vagues, marée, bathymétrie, drone, évolutions morphologiques

Upper Cretaceous paleoenvironmental evolution of the Tarfaya Atlantic coastal Basin, SW Morocco

El Hassane Chellai*[1]

[1] Univ. Cadi Ayyad – Univ. Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Dpt. de Géologie, BP 2390, Marrakech, Maroc

Lithological evidence, benthic foraminiferal census counts, and X-ray fluorescence (XRF) scanner-derived elemental data were integrated with planktonic foraminiferal biostratigraphy and bulk carbonate stable isotopes to retrace the Cenomanian to early Campanian paleoenvironmental evolution and sea-level history of the Tarfaya Atlantic coastal basin (SW Morocco). The lower Turonian is characterized by laminated organic-rich deposits, which contain impoverished benthic foraminiferal assemblages, reflecting impingement of the oxygen minimum zone on the shelf during a sea-level highstand. This highstand level is correlated to the global transgressive pulse above the sequence boundary Tu1. The appearance of low-oxygen tolerant benthic foraminiferal assemblages dominated by Gavelinella sp. in the middle to upper Turonian indicates an improvement in bottom water oxygenation, probably linked to offshore retraction of the oxygen minimum zone during a regressive phase. This interval is marked by major regressive events expressed by a series of erosional truncations associated with the prominent sequence boundaries Tu3 and/or Tu4. Dysoxiceanoxic conditions recorded in the upper Santonian of the Tarfaya Basin coincide with the eustatic sea-level rise prior to Sa3 sequence boundary. The lower Campanian transgression, only recorded in the southern part of the Tarfaya Basin, coincided with substantial deepening, enhanced accumulation of fine-grained clay-rich hemipelagic sediments and improved oxygenation at the seafloor (highest diversity and abundance of benthic foraminiferal assemblages). Stable isotope data from bulk carbonates are tentatively correlated to the English Chalk carbon isotope reference curve, in particular the Hitch Wood Event in the upper Turonian, the Navigation Event in the lower Coniacian, the Horseshoe Bay Event in the Santonian and the Santonian/Campanian Boundary Event.

Mots-Clés: upper Cretaceous, Tarfaya bassin, Morocco

Evolution du courant circumglobal téthysien pendant le Crétacé Supérieur: nouvelles données des isotopes du néodyme sur les carbonates et les oxydes authigènes d'Iran (bassin du Zagros)

Elise Chenot[1], Nicolas Freslon[1], Emmanuelle Pucéat*[1], Mohammad Razmjooei[2], Nicolas Thibault[3], Jean-François Deconinck[1], Pierre Pellenard[1]

[1] Biogéosciences (UMR CNRS 6282) – UBFC – 6 Bd. Gabriel 21000 Dijon, France
[2] Shahid Beheshti University – Department of Geology, Faculty of Earth Science, Tehran, Iran
[3] University of Copenhagen – Department of Geosciences and Natural Resource Management, Oster Voldgade 10, DK-1350, Copenhagen, Danemark
@ : elise.chenot@u-bourgogne.fr

La période du Crétacé Supérieur est marquée par un refroidissement à long terme et par des changements géodynamiques majeurs, notamment l'ouverture de l'Atlantique Sud et Central. D'autre part, l'initiation de la rotation antihoraire du continent Africain pendant le " Sénonien " est associée au début de la fermeture de l'Océan Téthysien. La réduction progressive de cet océan a pu modifier l'intensité du courant circumglobal téthysien et engendrer le développement d'intenses " upwellings " dans la marge sud téthysienne comme le suggère la présence de dépôts de phosphorites d'âge Campanien-Maastrichtien à large échelle sur cette marge (Lucas et Prévôt-Lucas, 1995).
Dans cette étude, nous avons tenté de mieux contraindre l'évolution du courant circumglobal téthysien pendant ces changements géodynamiques du Crétacé supérieur. Nous nous sommes focalisés sur la coupe de Shahneshin, dans le bassin du Zagros (Iran). La série sédimentaire, datée du Turonien au Maastrichtien, correspond à une succession d'alternances marnes-calcaires déposée à des profondeurs équivalentes à la zone bathyale supérieure, dans le centre du passage Téthysien (Razmjooei et al., 2014). Les concentrations en terres rares et la composition isotopique du néodyme (ϵNd) de la fraction carbonatée et des oxydes extraits des sédiments à partir de leachs séquentiels ont été analysés, ainsi que celles de la fraction insoluble inférieure à 2 μm. Les premiers résultats montrent un ϵNd significativement plus radiogénique, d'environ 2 unités-ϵ, de la fraction carbonatée et des oxydes que de la fraction insoluble résiduelle. Cette différence suggère que la fraction leachée analysée reflète bien au moins en partie la composition isotopique du néodyme des eaux de fond locales de la région étudiée. Les valeurs relativement radiogéniques de cette fraction, entre -5 et -6 unités-ϵ, se situent entre la signature des eaux profondes du Pacifique et celle des eaux profondes de l'Océan Indien au Crétacé supérieur. Elles pourraient ainsi refléter un mélange entre ces deux sources potentielles, avec un impact respectif variant au cours du temps (Murphy et Thomas, 2013).

Lucas & Prévôt-Lucas (1995) In : The Ocean Basins and Margins, The Tethyan Ocean, vol. 8, Plenum Press, New York, pp. 367–391.
Murphy & Thomas (2013) Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 14(12), 5323-5340.
Razmjooei et al. (2014). *Newsletters on Stratigraphy*, *47*(2), 183-209.

Mots-Clés: Cretaceous, paleoceanography, neodymium isotopes

Mécanismes de transport et de déformation des " Mass Transport Deposits " de Boltaña et Castellazo, bassin Eocène d'Ainsa (Pyrénées espagnoles)

Damien Chicon*[1], Victoria Chevrot[1], Francis Odonne[1], Patrice Imbert[2]

[1] GET (Géosciences et Environnement Toulouse) – CNRS : UMR5563 – France
[2] TOTAL – TOTAL FINA ELF – France

Le bassin d'Ainsa (Espagne) mis en place au Lutetien est un cadre privilégié pour l'étude du transport en masse des sédiments (Mutti et al., 1985). Les affleurements de Boltaña et Castellazo présentent des complexes sédimentaires associant MTD et turbidites. Le processus de transport classique (Bryn, 2005) montre une désorganisation progressive de la masse sédimentaire passant par les debris-flow, les slumps et aboutissant à un courant de turbidité. La superposition désordonnée et la répétition de plusieurs corps sédimentaires dans ces deux affleurements conduit à remettre en cause ce schéma séduisant mais probablement trop élémentaire.

L'affleurement de Boltaña est situé à l'aval du dispositif dans une zone de chenaux et de lobes (Mutti et al., 1985, Pickering, 2014). Il montre plusieurs niveaux slumpés dont les bases sont déformées. Dans tous les cas les MTD incisent des niveaux turbiditiques granoclassés dont les éléments fins ne sont observés que sous formes de rares galets mous à la base des éléments resédimentés. Les couches déplacées présentent des déformations souples sur une épaisseur plurimétrique, des bancs de grès turbiditiques désagrégés, des figures de charges et de nombreux galets décimétriques dans la matrice. L'interface de glissement peut présenter des mélanges sédimentaires avec la base du slump, elle peut aussi montrer un décollement localisé sur un niveau riche en débris végétaux, la déformation du MTD étant alors très limitée. Tout cela témoigne de déformations souples dans des sédiments non consolidés lors du glissement.

L'affleurement de Castellazo est situé dans un domaine plus proximal (Razin et al., 2010), plus riche en silts et en éléments fins. Il montre la formation de deux unités distinctes : (1) l'unité inférieure qui a enregistré des déformations souples des sédiments et la formation de débris-flow ; (2) L'unité supérieure qui est une turbidite de toit, déposée sur une unité inférieure non encore stabilisée.

Les objets étudiés à Castellazo et Boltagne sont respectivement situés à proximité de la zone de départ et dans le transit du MTD. Les observations de terrains montrent une évolution sédimentaire plus complexe que celle proposée par le modèle de Bryn. L'organisation des déformations se fait bien en fonction des glissements aux interfaces, souvent en relation avec les surpressions de fluides, mais c'est peut-être la facilité de déplacement qui intervient, plus que la quantité de déplacement.

Mots-Clés: MTD, Ainsa, instabilités, déformation souple, slumps

Modélisation géologique et ressources minérales du gisement de phosphate tectonisé de Chaketma (Atlas Tunisien central, Tunisie)

Laurent Ciancaleoni*[1], Aymen Arfaoui, Nellie Falleau[1], Philippe Kister, Rémi Bosc, Abdelbaki Mansouri

[1] Arethuse Geology SARL – Latitude Arbois, 1060 rue René Descartes, 13290 Aix en Provence, France

Le gisement de phosphate de Chaketma est localisé dans la partie SE du bassin phosphaté nord tunisien, sur la bordure occidentale du fossé d'effondrement Tertiaire de Rouhia. Il s'est déposé sur le pourtour septentrional de l'île ou archipel de Kasserine, terre émergée entre le Crétacé terminal et le Miocène moyen (Sassi, 1974 ; Zouaghi et al., 2005). Le gisement de Chaketma doit sa structuration actuelle à des épisodes tectoniques à la fois synsédimentaires et post-sédimentaires. Cette étude concerne la partie nord du prospect de Kel El Louz (KEL), qui a fait l'objet d'une étude géologique et structurale détaillée.

La colonne litho-stratigraphique du prospect de Chaketma s'étale du Crétacé supérieur au Quaternaire. La minéralisation phosphatée Yprésienne, recouverte d'une barre de calcaires nummulitiques de l'Eocène inférieur (Yprésien/Lutétien de la formation Metlaoui), est composée d'un seul horizon phosphaté, d'épaisseur moyenne 10-15m, montrant des variations verticales de granulométrie et teneur du minerai, ainsi qu'une variation latérale d'épaisseur. L'épaisseur de la couche minéralisée varie en effet progressivement de 1m à 42m d'E en O, la zone d'épaississement étant allongée suivant un axe NNO-SSE le long de la bordure occidentale du gisement.

Le gisement de KEL nord, d'une surface de 3.6 km^2, constitue un bloc tectonique bien structuré :

- monoclinal de direction NNO-SSE, avec un pendage de 10°-15°O, augmentant progressivement de 5° vers l'O ;
- limité sur sa bordure occidentale par une faille normale majeure syn-sédimentaire, de direction N160° à N-S et de pendage variable entre 40°-70°E, contrôlant la subsidence différentielle le long de la bordure occidentale du bassin de KEL et la zone d'épaississement occidentale de la minéralisation. Cette faille dont l'activité a débuté probablement au Crétacé supérieur, met directement en contact la formation Metlaoui avec les marnes et calcaires du Crétacé supérieur ;
- affecté par un système multi-directionnel de failles normales, ayant une géométrie en relais avec des failles obliques dans la zone de relais entre les segments de failles, et délimitant des structures en horst et graben bien exprimées dans la dalle des carbonates lutétiens. Les décalages verticaux sont négligeables (de l'ordre du mètre) sur ces systèmes de failles, sauf dans la partie nord de KEL, où les rejets verticaux deviennent de l'ordre de la dizaine de mètres. L'âge de ces systèmes de failles est incertain.

En intégrant les résultats de l'analyse structurale aux données de forage sous forme de coupes 2D, un modèle géologique 3D du gisement de KEL a été réalisé (Arethuse Geology, 2015). Ce modèle prend en compte les éléments géologiques et structuraux, et la variation verticale de la teneur en P2O5 et MgO du minerai, les teneurs limites naturelles définissant 3 horizons minéralisés au sein de la série phosphatée.

Ce modèle 3D a permis d'estimer les volumes de ressources du gisement de KEL nord (Arethuse Geology, 2015), classifiées en mesurées (partie nord), indiquées (partie centre-sud) et potentiel géologique (zone sud).

Mots-Clés: gisement sédimentaire, phosphate, Atlas tunisien, Yprésien, tectonique syn-sédimentaire, tectonique post-sédimentaire, faille listrique, modélisation, ressources minérales, JORC

Déformation ductile, boudinage et failles à faible pendage: un aperçu de la variabilité structurale des marges actuelles

Camille Clerc*[1], Laurent Jolivet[2], Jean-Claude Ringenbach[3], Jean-François Ballard

[1] Univ. la Nouvelle Calédonie (UNC) – Campus de Nouville - BP R4 - 98851 Nouméa Cedex, Nouvelle Calédonie, France
[2] ISTO – Univ. Orléans – Orléans, France
[3] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau 64018 Pau Cedex, France

Les profiles sismiques actuels offrent un accès inédit au structures profondes des marges passives du monde entier. Nous présentons une série de profiles sismique (réflexion) inédits au travers des marges passives de l'Angola, de l'Uruguay, du Gabon, de la Mer de Chine du Sud, et de la Mer de Barents qui permettent d'identifier les processus géologiques à l'œuvre lors du rifting. Parmi ces processus, nous mettons en avant l'importance du boudinage crustal, de la déformation ductile en base de croute, de la nucléation de failles normales à faible pendage et nous soulignons la fréquence et le rôle joué par les failles normales à pendage vers le continent (ou Continentward Dipping Normal Faults - CDNF). Nous observons des indices de déformation ductile de la croute inférieure aussi bien au pied des marges passives volcaniques que des marges passives non volcaniques. Des zones de cisaillement ductile, plongeant faiblement vers le continent indiquent un sens de cisaillement top-vers-le-continent, en accord avec le jeu de failles normales à pendage vers le contient (CDNF) observées dans la partie supérieure de la croûte. Ce type de faille implique une migration en séquence de la déformation et de la sédimentation syn-rift associée vers l'Océan.
Nous discutons l'origine et les effets des failles normales à pendage vers le continent et proposons 3 hypothèses pour leur formation : soit par (i) inversion de structures héritées ; soit par influence d'un cisaillement basal par (ii) dérive mantellique ou par (iii) effondrement de l'anomalie topographique crée par un panache mantellique.

Mots-Clés: marge passive, boudinage crustal, déformation ductile, faille normale à pendage vers le continent

New constraints on the Variscan evolution of the Central Pyrenees: implications on the structuration of the Iberian margin and the Pyrenean orogenic prism

Bryan Cochelin*[1,2], Baptiste Lemirre[2], Yoann Denèle[2], Michel de Saint Blanquat[2], Abdeltif Lahfid[1]

[1] BRGM/ISTO/Univ. Orléans – Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3, avenue Claude Guilemin 45060, Orléans, France
[2] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France

The formation of the Pyrenean mountain belt from Late Cretaceous to Miocene times is responsible of the exhumation of the basement in the central part of the belt. This basement is mainly made of Proterozoic to Paleozoic rocks involved in the Variscan orogeny. Following the publication of the ECORS deep seismic profile of the Central Pyrenees in 1989, it has been proposed that the Pyrenees are an asymmetrical double verging belt implying crustal nappe stacking. Such alpine deformation implies important Meso-Cenozoic bloc rotations and internal deformation, overprinting the earlier Variscan deformations that would define the basement. Nevertheless, structures affecting the Variscan crust of the Central Pyrenees was never studied in detail.
In order to constrain how the crust was affected by both Variscan and alpine orogenies, we present a structural, Raman Spectroscopy of Carbonaceous Materials geothermometry and petrological study in a cross-section located along the trace of the ECORS profile. Here, Variscan rocks are defined by Precambrian to Carboniferous low-grade metasedimentary rocks and are intruded by large late-Variscan calk-alkaline plutons. We highlight a late Variscan transpressional event which can be divided in three progressive steps: (1) a N-S folding, producing regional-scale open to southwarding anticlines and synclines; (2) a strong N-S horizontal shortening synchronous with peak metamorphism, inducing vertical stretching, isoclinal folding and formation of a steep pervasive cleavage defined by biotite and muscovite; (3) a strain localization into retrogressive reverse mylonitic shear zones, responsible for limited vertical offset of the sedimentary pile and isotherms. The presence of undeformed and unconformable Permian deposits at the top of the pile underlines the Variscan age of these structures.
The continuity of Variscan structures, stratigraphy and isotherms all along the cross-section allows us to consider that the Axial Zone (the Iberian margin) was only moderately affected by Cretaceous rifting, contrary to the European one. Furthermore, this study highlights that the Axial Zone was neither affected by a pervasive deformation nor by large-scale internal rotation during the alpine orogeny and that the Nogueres thrust cannot be rooted into the Axial Zone. We conclude that the Central Pyrenees were not more shortened than the Eastern Pyrenees during the alpine collision, contrary to estimations performed since the publication of the ECORS seismic profile.

Mots-Clés: Central Pyrenees, Variscan belt, axial zone, Pallaresa, Iberian margin, Alpine orogeny, reactivation

DYNALIT : Dynamique du Littoral et Trait de Côte

Lucie Cocquempot*[1], Agnès Baltzer[2], Frédéric Bouchette[3], Bruno Castelle[4], Eric Chaumillon[5], Stéphane Costa[12], Christophe Delacourt[1], Anne Duperret[6], Franck Dolique, France Floc'h[1], Arnaud Héquette, Robert Lafite[7], Dimitri Lague[8], Nicolas Le Dantec[8,9], Sophie Le Bot[10], Franck Levoy[7], Denis Morichon[11], Olivier Maquaire[12], Grégoire Maillet[13], Gwenäelle Pennober[14], Vincent Regard[15], François Sabatier, Mouncef Sedrati, Aldo Sottolichio[4], Pierre Stéphan[16], Serge Suanez[16]

[1] Domaines Océaniques – CNRS, IUEM, UBO – Plouzané, France
[2] LETG - Géolittomer – Nantes, France
[3] Géoscience Montpellier (GM) – Univ. Montpellier 2, France
[4] EPOC – CNRS : UMR 5805 – Univ. Bordeaux – Pessac, France
[5] LIttoral ENvironnement et Sociétés (LIENSs) – CNRS, Univ. La Rochelle – La Rochelle, France
[6] Lab. Ondes et Milieux Complexes (LOMC) – CNRS, Univ. Havre – Le Havre, France
[7] M2C – Normandie Univ – UNICAEN – CNRS – Caen, France
[8] Geosciences Rennes – CNRS – Univ. Rennes 1, France
[9] CEREMA – Margny Lès Compiègne, France
[10] M2C – Normandie Univ – UNIROUEN – CNRS – Rouen, France
[11] EA4581 SIAME – Univ. Pau Pays de l'Adour – Anglet, France
[12] LETG-Caen GEOPHEN – Normandie Univ – UNICAEN – CNRS – France
[13] LPG-BIAF – CNRS : UMR6112,, Univ. Angers – Angers, France
[14] UMR Espace Dev – Univ. la Réunion, Ste Clotilde, Réunion
[15] GET – Univ. Paul Sabatier – Toulouse, France
[16] LETG - Géomer – UBO, CNRS : UMR6554, IUEM – Plouzané, France

Le littoral, caractérisé par une grande diversité d'environnements (plages sableuses ou rocheuses, cordons dunaires, falaises, lagunes, estuaires...) est une zone très mobile et évolutive du fait de forçages hydrodynamiques et météorologiques souvent intenses. Cet environnement est fragile, car soumis à l'impact d'activités humaines qui ne cessent d'augmenter (urbanisation, aménagements...), mais aussi aux effets du changement climatique (élévation du niveau de la mer, modification du régime de houles, inondations). Comprendre le fonctionnement hydromorpho-sédimentaire des environnements littoraux est crucial pour prédire leur évolution et celle des écosystèmes associés. Le Service National d'Observation labellisé par le CNRS, (SNO) DYNALIT, - Dynamique du Littoral et du Trait de Côte a pour but de constituer une base de données hydromorphologiques sur le long terme de 29 sites ateliers représentatifs des environnements littoraux français (côtes sableuses, falaises et embouchures) afin :
- De mesurer la cinématique de ces environnements et du trait de côte associé ;
- De mieux comprendre les interactions entre les processus hydrodynamiques-transport sédimentaires-réponse morphologique associés à la dynamique du littoral ;
- Utiliser les observations pour améliorer notre connaissance des réponses de la morphologie des littoraux dans différents contextes de forçages météo-marins ;
- D'utiliser ces observations pour analyser l'importance relative des facteurs anthropiques et naturels sur la dynamique littorale ;
- De se positionner en interlocuteur pour les responsables de la définition et la mise en œuvre des politiques de gestion des risques littoraux.

Mots-Clés: réseau d'observation, littoral, côtier, trait de côte, géomorphodynamique

Reconstruction des variations climatiques de l'Holocène récent (4000 ans BP) dans un lac tropical (Lac Masoko, Tanzanie) via une approche multi-marqueurs

Sarah Coffinet[1,2], Arnaud Huguet*[1], Michaël Ramos Medina[1], Christelle Anquetil[1], David Williamson[3], Amos Majule[4], Sylvie Derenne[1]

[1] Milieux Environnementaux, Transferts et Interactions dans les hydrosystèmes et les Sols (METIS) – EPHE, CNRS : UMR7619, Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI – UPMC, Case courrier 105, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France
[2] MARUM Center for Marine Environmental Sciences – Bremen, Allemagne
[3] Lab. d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7159, INSU, IRD, Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) – case 100 4 place jussieu 75252 PARIS Cedex 05, France
[4] IRA Institute for Resource Assessment – Dar Es Salaam, Tanzanie

Les régions tropicales sont la première source de chaleur et de vapeur d'eau pour l'atmosphère et jouent ainsi un rôle clé dans la dynamique du climat mondial. Du fait de leur mode de formation, l'étude des dépôts sédimentaires lacustres nous permet de reconstruire les conditions environnementales passées et d'apprécier les changements climatiques survenus dans les tropiques et leurs conséquences sur le climat mondial. En Afrique de l'est, de nombreux lacs ont été étudiés (Gasse, 2000) et ont notamment permis de repérer plusieurs périodes de sécheresse, parfois longues de plus d'un siècle, au cours des derniers 4000 ans (Russell et al., 2005). Cependant, les variations de température au cours de cette période et leurs conséquences sur les écosystèmes restent peu connues.
Dans cette étude, nous avons combiné des analyses élémentaires (carbone organique, azote total et leur composition isotopique) et l'étude de deux familles de biomarqueurs, les alkyl tetraéthers de glycérol et les *n*-alcanes à longues chaînes, le long d'une carotte sédimentaire couvrant les 4000 dernières années. Cette carotte a été prélevée au centre du lac de cratère Masoko, situé dans la Province Volcanique du Rungwe au sud-ouest de la Tanzanie. La distribution des *n*-alcanes à longues chaînes, qui reflète les changements locaux de végétation, ainsi que les analyses élémentaires semblent indiquer l'apparition de conditions plus sèches il y a 2000 ans, en accord avec de précédentes reconstructions climatiques (Russell et al., 2005). L'analyse des alkyl tetraéthers de glycérol nous a permis de déterminer les variations de température le long de la carotte et des conditions plus chaudes semblent accompagner cette période de sécheresse il y a 2000 ans.

Références :

Gasse, F., 2000. Hydrological changes in the African tropics since the Last Glacial Maximum. Quaternary Science Reviews 19, 189–211.
Russell, J.M., Johnson, T.C., 2005. A high-resolution geochemical record from Lake Edward, Uganda Congo and the timing and causes of tropical African drought during the late Holocene. Quaternary Science Reviews 24, 1375–1389.

Mots-Clés: lipides, lac, Afrique de l'Est, reconstruction climatique, Holocène

Restitution de l'hydrologie de l'Atlantique Nord et de la Méditerranée occidental au cours de l'Holocène à partir de la composition isotopique du Nd

Christophe Colin*[1], Quentin Dubois-Dauphin, Lucile Bonneau, Giuseppe Siani, Eric Douville[2], Edwige Pons-Branchu

[1] GEOsciences Paris-Sud (GEOPS) – CNRS-Univ. Paris-Sud, Univ. Paris-Saclay – France
[2] Lab. des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – Univ. Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ), CEA, CNRS : UMR8212 – Bât. 12, avenue de la Terrasse, 91198 Gif-sur-Yvette Cedex, France

Les bilans de sel et de chaleur de l'Atlantique Nord sont d'importance capitale pour le climat de l'Hémisphère Nord, en relation étroite avec la circulation des eaux chaudes de l'Atlantique vers les zones boréales via la dynamique des gyres et de la circulation méridienne (AMOC). Cependant, la dynamique à long terme (centennale à millénaire) des gyres de l'Atlantique et leurs liens avec le climat et les échanges de chaleur et de sel depuis la Méditerranée, restent à explorer. Plusieurs études ont révélé que les derniers 11,500 ans (Holocène) sont marqués par une variabilité climatique sub-millénaire, probablement associée aux changements des vents et des flux d'eau douce susceptibles d'affecter la dynamique de la gyre subpolaire et donc les budgets de chaleur et de sel de l'Atlantique Nord et des mers Nordiques. Au cours de l'Holocène, le climat de l'Atlantique Nord et de l'Europe (incluant la Méditerranée) a subi d'importants changements de température enregistrés dans les archives glaciologiques, marines et continentales. Toutefois, afin de déterminer les relations existant entre la dynamique des gyres de l'Atlantique, le fonctionnement hydrologique de la Méditerranée et le système climatique, il est indispensable de documenter les propriétés des masses d'eau et leur redistribution à une échelle temporelle décennale à séculaire, et de les comparer avec les sorties des modèles. Les analyses de fréquence et les comparaisons modèle – données permettront d'extraire les forçages externes et/ou les rétroactions internes et d'identifier les processus en jeu. Ainsi, cette étude vise à restituer l'hydrologie de régions clés de l'Atlantique NE et de la Méditerranée au cours de l'Holocène en mettant en œuvre l'analyse de nouveaux traceurs géochimiques (ϵNd) dans des échantillons d'eau de mer et de coraux d'eau froide (précisément datées par l'U/Th) et en s'appuyant sur les dernières avancées réalisées sur les traceurs paléocéanographiques de masses d'eau (ϵNd et δ13C dans les tests de foraminifères). Cette présentation permettra de faire une rapide synthèse de quelques résultats acquis au cours de ces deux dernières années dans le cadre de l'ANR HAMOC.

Mots-Clés: AMOC, Atlantique NE, hydrologie, Holocène

Caractérisation diagénétique et géochimique de la dolomitisation de la Craie (Bassin de Paris, Crétacé supérieur). Exemples du forage de Sainte-Colombe (Provins) et d'analogues terrains (Etretat)

Pierre-Yves Collin*[1,2], Cédric Bailly[1,2], Jessica Saiag[1,2], Marc Steinmann[2,3], Jean-Pierre Sizun[2,3], Ludovic Bruneau[1,2], Théophile Cocquerez[1,2], Eric Lasseur[4]

[1] Biogéosciences – CNRS : UMR6282 – 6, Bd Gabriel 21000 Dijon., France
[2] Univ. Bourgogne Franche-Comté – France
[3] Chrono-Environnement – CNRS : UMR6249 – 16 route de Gray 25030 Besançon Cedex, France
[4] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin BP 6009 45060 Orléans, France

Dans le Bassin de Paris, des anomalies de vitesse sismique sont la conséquence d'une dolomitisation massive de la craie pouvant s'étendre sur plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Ces phénomènes de dolomitisation sont également connus sur certains affleurements du Bassin de Paris, et notamment dans la région d'Etretat (Normandie), où les niveaux dolomitiques sont localisés au sein de structures interprétées comme des chenaux de courants de contour. Le programme *CRAIE 700* a permis la réalisation de deux forages au centre du Bassin de Paris (région de Provins) à l'aplomb des anomalies de vitesse sismique dans la craie. Un des deux forages, celui de Sainte-Colombe, a rencontré une série dolomitique massive d'environ 17 mètres d'épaisseur surmontant une craie indurée partiellement dolomitique sur plusieurs centaines de mètres. Divers modèles de dolomitisation ont été proposés par différents auteurs pour expliquer la présence et la répartition de la dolomite dans la craie. Néanmoins, chaque interprétation semble différer et ne permet pas d'expliquer la répartition de la dolomite dans la craie. La présente étude s'est focalisée sur trois intervalles dolomitiques du forage de Sainte-Colombe, à travers une étude diagénétique et géochimique multi-proxys de la dolomite. La caractérisation pétrographique des différents types de cristaux de dolomite, couplée à des analyses du d13C, du d18O, des éléments majeurs et traces, ainsi que du 87Sr/86Sr de la dolomite a permis de différencier chaque intervalle dolomitique du forage de Sainte-Colombe. D'après les signatures géochimiques obtenues, il apparait que la dolomitisation de la craie du Bassin de Paris s'est effectuée précocément, sous un faible enfouissement et à partir de fluides marins. Ces signaux observés en forage ont été comparés à ceux acquis sur les échantillons de niveaux dolomitiques d'Etretat. Un modèle de dolomitisation mettant en jeu la formation de panaches de fluides dolomitisants en lien avec la présence des chenaux de courants de contour est ici proposé.
Remerciements : Les auteurs remercient Cécile Robin, Damien Gendry et le Directeur de Géosciences Rennes pour avoir autorisé et facilité l'accès aux forages.

Mots-Clés: craie, dolomitisation, bassin de Paris, géochimie

Les bassins côtiers d'avant-arc du Nord Chili et Sud Pérou, témoins de la dynamique de la subduction océanique sous les Andes

Juan Felipe Contreras Barrientos*[1,2], Joseph Martinod[2], Vincent Regard[1]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – Obs. Midi-Pyrénées, 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France
[2] Institut des sciences de la Terre (ISTerre) – Univ. Joseph Fourier - Grenoble I, Univ. Savoie, CNRS : UMR5275 – 38041 Grenoble, France
@ : joseph.martinod@univ-smb.fr

Nous présentons une synthèse géologique des bassins néogènes marins et continentaux situés sur la côte Pacifique du nord du Chili et du sud du Pérou, dans la zone d'avant-arc de la subduction andine. Ces bassins, bien que généralement de taille modeste et isolés les uns des autres, présentent des caractéristiques communes probablement contrôlées par l'évolution de la subduction océanique sous le continent sud-américain : tous reposent en discordance sur un socle constitué par des séries magmatiques ou sédimentaires mésozoïques (le plus souvent jurassiques ou triasiques) ou paléozoïques. Les sédiments néogènes remplissent des vallées profondément incisées dans le substratum, témoignant d'une érosion de la zone d'avant-arc avant le Miocène. A partir du Pléistocène, un soulèvement général de la côte sud-américaine de plusieurs centaines de mètres entraîne le recul de l'océan et l'émersion des bassins. Bien qu'il ait été démontré que la subduction de rides asismiques telles que la ride de Nazca ou la ride de Juan Fernandez influencent localement le soulèvement côtier, la subduction d'anomalies bathymétriques océaniques sous l'Amérique du sud ne permet pas d'expliquer de tels mouvements verticaux qui affectent l'ensemble du domaine d'avant-arc sur plusieurs milliers de km parallèlement à la fosse.

Mots-Clés: bassins sédimentaires, Neogene, Andes, subduction, avant-arc, soulèvement, subsidence

Stripy mantle plumes: the nonexample of Society Islands, French Polynesia

Carole Cordier*[1], Catherine Chauvel[1], Christophe Hémond[2]

[1] Institut des sciences de la Terre (ISTerre) – Univ. Grenoble Alpes, CNRS : UMR5275 – BP 53 - 38041 Grenoble Cedex 9, France
[2] Domaines Océaniques – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
@ : carole.cordier@univ-grenoble-alpes.fr

An increasing number of geochemical studies have looked for the spatial organization of the isotopic signature of synchronous lavas in ocean island chains (e.g., Hawaii, Marquesas, Samoa, Society and Galápagos Islands in the Pacific and Tristan-Gough Islands in the Atlantic). These isotopic stripes have been related to the possible zoning of the plume conduits in relation with the location of the plume roots with respect to the boundary of the "Large Low Shear Velocity Province" (LLSVP), at the base of the mantle. It has also been suggested that the isotopic stripes in the Pacific volcanic chains would delineate the LLSVP.
In some cases (e.g. Marquesas and Society Islands), the isotopic stripes have been determined from the compilation of Pb isotope ratios from the literature. However, we show here that the conclusions based on Pb isotope ratios measured by conventional TIMS technique, which prevailed prior to 2000, can be inaccurate due to the poor control of mass fractionation during such Pb measurements. Analyses using MC-ICP-MS coupled to mass fractionation correction by the Tl-addition technique are more accurate and robust. The range of Pb isotopic compositions measured by MC-ICP-MS is narrower and the arrays in Pb isotopic spaces have different slopes. Interpretation of Pb isotopic compositions measured by conventional TIMS and MC-ICP-MS techniques on the same samples can lead, therefore, to different conclusions in terms of isotope variability of mantle sources, occurrence of isotopic stripes and origin of mantle components.
On this basis, we revise the occurrence of isotopic stripes in the Society archipelago in French Polynesia, using new Sr-Nd-Hf-Pb isotope ratios on Sixty-Six samples. Our new dataset is representative of the isotopic variability of the entire chain but it demonstrates that the isotopic stripes as previously defined disappear. It rather shows that individual islands cover a significant part of the entire isotopic range of the chain and that the Society plume is intrinsically heterogeneous, with small-scale heterogeneities, evenly distributed within the plume conduit.
New isotopic compositions of Society Island lavas are also clearly distinct from those of lavas from the Marquesas Island chain, another French Polynesia hotspot. This shows that each Polynesian plume carries its own isotopic variability. The Society and Marquesas plumes are not mirror images, as it would be expected if they delineated the LLSVP. In conclusion, all the Pacific hotspots cannot be used to discuss the geochemical structure of the deep mantle: if isotopic variability in Hawaii and Samoa chains seems to be spatially related to seismic structures imaged at the base of the mantle, the isotopic variability of the Society and Marquesas Islands in French Polynesia seems to be independent of such structures.

Mots-Clés: mantle plume, Society Islands, isotopic stripes, mass fractionation correction, LLSVP

Exhumation du manteau en contexte de marge passive distale chaude ; influences de la couverture sédimentaire pre-rift (Chaînons Béarnais, Pyrénées Occidentales)

Benjamin Corre*[1], Yves Lagabrielle[1], Pierre Labaume[2], Philippe Boulvais[1], Abdeltif Lahfid[3], Marie-Christine Boiron[4], Landry Marasi, Géraldine Bergamini

[1] Géosciences Rennes – Univ. Rennes I – Univ. Rennes 1 Campus de Beaulieu CS 74205 35042 Rennes Cedex, France
[2] Géosciences Montpellier – Univ. Montpellier II - Sciences et techniques – Univ. Montpellier Campus Triolet place Eugène Bataillon 34095 Montpellier Cedex 05, France
[3] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 avenue Claude-Guillemin BP 36009 45060 Orléans Cedex 02, France
[4] GeoRessources – Univ. Lorraine – Univ. Lorraine Campus Aiguillettes rue Jacques Callot BP 70239 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex, France
@ : benjamin.corre@univ-rennes1.fr

La Zone Nord-Pyrénéenne (ZNP) résulte de l'inversion de bassins albo-cénomaniens ouverts entre les plaques Europe et Ibérie. Le manteau subcontinental a été exhumé dans le fond de certains de ces bassins et la couverture sédimentaire mésozoïque pré-rift, désolidarisée du soubassement paléozoïque, est venue localement en contact tectonique avec les péridotites. Ceci fait de la ZNP un analogue pour l'étude des marges continentales passives à manteau exhumé. L'extension crustale s'est produite en régime thermique chaud comme le montre le métamorphisme crétacé des sédiments pré-rift. Les Chaînons Béarnais (Pyrénées Occidentales) représentent un témoin peu inversé de ce type de marge chaude et sont donc propices à l'étude des modalités de l'amincissement crustal dans un tel système. Les analyses de températures par spectrométrie Raman réalisées sur la couverture sédimentaire aux abords du manteau (Saraillé, Urdach, Turon de la Técouère), montrent que la totalité du système a été soumis à des températures maximales variant de 253°C à 482°C. Le contact tectonique majeur entre les sédiments pré-rift décollés et le manteau est une zone d'intense circulation de fluides avec formation de roches métasomatiques à talc+chlorite+pyrite dans les conditions du faciès schistes verts. La géochimie isotopique (O, C, Sr) et les inclusions fluides triphasées montrent une circulation de saumures chaudes (~200°C), à travers toute la couverture sédimentaire dans les derniers stades de l'exhumation du manteau. Nous montrons pour la première fois que pendant l'exhumation des péridotites : (1) les sédiments pré-rift ont subi un amincissement syn-métamorphique avec génèse d'une foliation S0/S1 et, (2) le socle paléozoïque a été réduit à de fines lentilles tectoniques déformées ductilement et restées adhérentes au manteau. Ainsi, la rhéologie de la croûte supérieure durant l'amincissement est contrôlée en grande partie par la présence d'une couverture sédimentaire pré- et syn-rift épaisse décollée jouant le rôle d'un couvercle thermique efficace. Ces nouvelles données mettent en avant le caractère de marge passive distale chaude de la ZNP. Cela constitue un élément important pour la compréhension des mécanismes de l'amincissement crustal en contexte d'exhumation du manteau et ses conséquences comme héritage structural lors de l'inversion tectonique des bassins.

Mots-Clés: exhumation du manteau, marge passive, amincissement crustal, Albo-cénomanien, chaînons béarnais

Evolution of SW Indian Ocean isolated carbonate platforms during the Neogene

Simon Courgeon*[1,2], Stephan Jorry[1], Gwenael Jouet[1], Gilbert Camoin[2], Marcelle Boudagher-Fadel[3], Patrick Bachelery[4], Sidonie Révillon[5,6], Jean Borgomano[2], Emmanuelle Poli[7], André Droxler[8]

[1] IFREMER- Géosciences Marines – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – 29280 Plouzané, France
[2] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., CNRS : UMR7330 – 13545 Aix-en-Provence, France
[3] University College London - London's Global University – Gower Street - London, WC1E 6BT, Royaume-Uni
[4] Observatoire de physique du globe de Clermont-Ferrand (OPGCF) – CNRS : UMS833, Univ. Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II – 63177 AUBIERE Cedex, France
[5] SEDISOR – Univ. Bretagne Occidentale (UBO) – Domaines Océaniques, France
[6] Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) – CNRS : UMR5204, Univ. Savoie – 73376 Le Bourget du Lac, France
[7] TOTAL-Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – TOTAL – 64018 Pau, France
[8] Earth Science Dept, Rice University – Houston, TX, 77251, États-Unis

The southern central Mozambique Channel is characterized by a 250km-long, elbow-shaped volcanic ridge hosting modern carbonate platforms such as Bassas da India and Europa. This ridge is marked by two guyots (Hall and Jaguar banks) showing distinct terrace levels lying between 800m to 115m water depth. Dredge sampling and geophysical acquisitions carried out during recent oceanographic cruises (PTOLEMEE, PAMELA-MOZ1, PAMELA-MOZ4) revealed that those flat-top seamounts correspond to drowned shallow-water carbonate platforms. Microfacies and datings (biostratigraphy analysis coupled with Strontium isotopic stratigraphy) indicate that those platforms, dominated by corals, *Halimeda* algae, larger benthic foraminifera and red algae, developed in tropical settings since Early Miocene. Otherwise, these drowned platforms are structured by normal faults and their tops are marked by widespread submarine volcanism evidences (e.g. lava flow and volcanic pebbles). These observations demonstrate that tectonic deformation and rejuvenated volcanic activity occurred after and potentially during the aggradation of shallow-water carbonate platform and are discussed to be at the origin of major drowning and backstepping phases during late Miocene - early Pliocene times. In addition, widespread karstification and pedogenesis evidences observed on top of the drowned carbonate plateaus evidence that subaerial exposures conditions might have also impacted the general evolution of these carbonate platforms. In some places, topographic irregularities inherited from volcanism, tectonic and/or subaerial exposure conditions could have produced favorable substratum for carbonates which grew up to reach modern sea-level, and to finally form the modern atoll of Bassas da India. This research is co-funded by TOTAL and IFREMER as part of the PAMELA (Passive Margin Exploration Laboratories) scientific project.

Mots-Clés: isolated carbonate platform, Neogene, drowning

Apport de l'inclinométrie dans la caractérisation de la dynamique saisonnière des aquifères fracturés et de leur recharge

Quentin Courtois*[1], Laurent Longuevergne[1], Luca Guillaumot[1], Jonathan Schuite[1], Nicolas Lavenant[1], Frédérick Boudin[2], Olivier Bour[1]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] Lab. de géologie de l'ENS (LGE) – INSU, CNRS : UMR8538, École normale supérieure [ENS] - Paris – 24 Rue Lhomond 75231 PARIS Cedex 05, France
@ : quentin.courtois@univ-rennes1.fr

Les aquifères cristallins fracturés représentent une importante ressource en eau, mais sont généralement difficiles à caractériser du fait de leur hétérogénéité et de la dépendance de leur propriétés hydrodynamiques à l'échelle d'investigation. En particulier, un enjeu majeur pour l'étude et l'exploitation pérenne de ces réservoirs est la description des processus, des temps caractéristiques et des flux de leur recharge naturelle. Dans ce travail, nous explorons le potentiel de l'analyse couplée de mesures inclinométriques et piézométriques long-terme pour répondre à cet enjeu. En effet, les inclinomètres permettent de mesurer d'infimes déformations de la surface du sol et sont très sensibles aux flux d'eau souterraine, même lointains. Nous présentons les données pluriannuelles des inclinomètres longue-base de l'Observatoire hydrogéologique de Ploemeur, Morbihan (site SOERE, réseau H+), dont la grande stabilité rend possible le suivi continu des cycles saisonniers de l'aquifère fracturé. Puis, nous proposons une interprétation conjointe des données inclinométriques et piézométriques à l'aide d'un modèle hydromécanique 1D simple, qui suffit toutefois d'expliquer de manière satisfaisante les observations et le fonctionnement saisonnier au premier ordre du système. Nous montrons ainsi que l'inclinomètre est sensible non seulement aux propriétés hydrodynamiques large échelle de l'aquifère, mais aussi aux flux de la recharge ainsi que sa modalité (ponctuelle versus diffuse). Ces résultats révèlent de façon inédite que le suivi long-terme de la déformation en surface apporte une information très complémentaire à la réponse piézométrique d'un aquifère fracturé, permettant ainsi d'introduire une précieuse contrainte qualitative et quantitative sur sa recharge.

Mots-Clés: aquifères fracturés, recharge, inclinomètre, inclinométrie

Timing of vein formation and paleohydrology of the South Pyrenean Frontal Thrust (Spain) from clumped isotopes

Nemo Crognier[1], Guilhem Hoareau*[1], Brice Lacroix[2,3], Charles Aubourg[1], Michel Dubois[4], Isabel Suarez-Ruiz[5], Nathan Niemi[3]

[1] Lab. des Fluides Complexes et leurs Réservoirs (LFC-R) – Univ. Pau Pays de l'Adour, CNRS : UMR 5150, TOTAL – BP 1155 - 64013 Pau, France
[2] Department of Geology, Kansas State University – États-Unis
[3] University of Michigan – États-Unis
[4] Lab. de Génie-Civil et Géo-Environnement (LGCGE) – Univ. Lille I - EA 4515 – 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, France
[5] Instituto Nacional del Carbon (INCAR-CSIC) – Francisco Pintado Fe 26, 33011 Oviedo, Espagne
@ : nemo.crognier@univ-pau.fr

Due to their impact on the evolution of reservoirs, the links between fracture development and fluid circulation in foreland fold-and-thrust belts has been the subject of active research in the last decades. Past fluid evolution is mostly recorded in diagenetic minerals found in sediment porosity or as fracture-filling minerals (veins), and usually studied by means of fluid inclusion microthermometry, and isotope or elemental geochemistry. The recent development of carbonate clumped-isotope ($\Delta 47$) thermometry makes a convenient additional tool to determine precisely both the growth temperature and the oxygen isotope composition of water from which carbonates precipitated. However, the technique has still never been applied to the reconstruction of fracturing and fluid flow at the scale of fold and thrust belts. Here, we study the case of the Southern Pyrenean Frontal Thrust (SPFT), outlined by the Sierras Exteriores (Spain), a complex alignment of folds and thrusts making the most external part of the South Pyrenean fold-and-thrust belt. Its tectonic and sedimentary evolution has been documented extensively, contrary to its paleohydrology, which remains poorly known. Clumped isotopes were used on 10 calcite veins from the Sierras Exteriores, in combination with stable isotopes, fluid inclusion microthermometry, vitrinite reflectance and 1D thermal modeling.

Vein precipitation temperatures determined from clumped isotopes (T47) range between 28°C and 71°C, consistent with the all-liquid state of fluid inclusions. Stable isotopes show that most veins are in isotopic equilibrium with their host-rock. δ18O values of water calculated from T47, which range between -5‰ and +10‰ SMOW, thus mostly result from isotopic buffering. The SPFT acted as a dominantly closed, low temperature paleohydrological system. Because veins formed in a closed system, clumped isotope temperatures are likely representative of burial temperature (i.e., thermal equilibrium) and have been used, along with thermal modeling, to constrain the timing of vein infill. Modeling results indicate three stages of vein formation. The first stage occurred between 48 and 41 Ma, and may be related to regional foreland flexure. The second stage took place between 41.5 and 37 Ma, during active folding of the Pico del Aguila anticline. The third stage occurred from 34.5 to 32 Ma, consistent with formation of the Santo-Domingo anticline, at the beginning of Fiscal-Guarga thrusting. Calculated vein precipitation ages are consistent with the main tectonic events of the SPFT.

This example shows that the combination of clumped isotopes, stable isotopes and thermal modeling is a valuable approach to determine both the temperature and timing of vein precipitation in fold and thrust belts, provided veins formed in thermal equilibrium with their host-rock.

Mots-Clés: clumped isotopes, Pyrenees, foreland, fold and thrust belt, fracture, vein, thermal model

MOLONARI mini : Système pression-température d'évaluation des échanges cours d'eau-nappe

Karina Cucchi*[1,2], Agnès Rivière[2], Aurélien Baudin[2], Yoram Rubin[1], Nicolas Flipo[2]

[1] UC Berkeley – États-Unis
[2] Centre de Géosciences (GEOSCIENCES) – MINES ParisTech – 35 rue Saint-Honoré 77305 Fontainebleau Cedex, France
@ : karina.cucchi@mines-paristech.fr

Le système MOLONARI mini est constitué d'un capteur piézorésistif mesurant la pression différentielle entre le lit de la rivière et la zone hyporhéique, couplé à une mesure de température verticalement distribuée par pas de 10 à 15 cm. Le principe du capteur piézorésistif est tout d'abord présenté, ainsi que la méthodologie de calibration qui prend en compte la dépendance du signal de tension à la pression différentielle mais aussi, de manière non négligeable, à la température du milieu. Le système est adapté au suivi des échanges cours d'eau (accessibles à pied) – nappe sur la base de l'utilisation de la température comme traceur des écoulements, et ce quelle que soit la lithologie du lit de la rivière. Un exemple d'implantation du dispositif in situ est présenté pour une zone hyporhéique, constituée d'argile à meulières, du bassin de l'Orgeval (SOERE RBV). Finalement les flux d'eau et de chaleur locaux entre le cours d'eau et la nappe sont quantifiés à l'aide d'une méthodologie d'inversion bayésienne permettant également d'estimer les incertitudes associées.

Mots-Clés: échanges nappe, rivière, zone hyporhéique, température, pression, échantillonnage in situ, MOLONARI mini

Les tufs calcaires : archives climatiques et environnementales des interglaciaires passés - Approche pluridisciplinaire de séquences pléistocènes et holocènes du nord-ouest européen (France et Luxembourg)

Julie Dabkowski*[1,2], Nicole Limondin-Lozouet[2], Pierre Antoine[2], Salomé Granai[1], Julian Andrews[3], Laurent Brou[4], Henri-Georges Naton

[1] Géoarchéon – Viéville-sous-les-Côtes, France
[2] Lab. de géographie physique (LGP) – CNRS : UMR8591, Univ. Paris I - Panthéon-Sorbonne, Univ. Paris-Est Créteil Val-de-Marne (UPEC) – 1 Place Aristide Briand 92195 MEUDON Cedex, France
[3] School of Environmental Sciences (UEA) – School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Norwich, Royaume-Uni
[4] Centre National de Recherche Archéologique (CNRA) – Bertrange, Luxembourg
@ : julie.dabkowski@geoarcheon.fr

Les tufs calcaires sont des formations carbonatées se déposant à proximité des sources ou en marge des rivières et des lacs. Ils sont composés en majorité de calcite (parfois plus de 95% de CaCO3) résultant de processus de dissolution dans l'aquifère puis de reprécipitation à l'air libre et à température ambiante. Ces processus nécessitant des conditions climatiques humides et tempérées, les tufs apparaissent caractéristiques des périodes interglaciaires.
Le mode de dépôt des tufs permet la conservation *in situ* d'éventuels niveaux archéologiques ainsi que la préservation d'informations paléontologiques et paléoenvironnementales variées et de grande qualité (mollusques, empreintes foliaires, restes de mammifères, etc.). De plus, leur composition en calcite permet de dater précisément les séquences pléistocènes par U/Th-SIMS et d'utiliser des indicateurs climatiques géochimiques, en particulier les isotopes stables de l'oxygène et du carbone (δ18O et δ13C).
Les tufs sont donc un contexte exceptionnel en domaine continental pour l'étude des dynamiques environnementales et climatiques interglaciaires et des occupations humaines associées comme nous le montrerons à travers l'exemple des travaux de recherche récents sur les sites pléistocènes de Caours (SIM 5e) et La Celle (SIM 11), dans le nord de la France, et sur la séquence holocène de Direndall au Luxembourg.

Mots-Clés: tuf calcaire, paléoenvironnement, paléoclimats, interglaciaires, Quaternaire, France, Luxemboug

La phytoremédiation préconisée pour la réhabilitation d'un site mercuriel en rapport avec ses caractéristiques géologiques

Menana Daif*[1]

[1] LGRN Univ. Annaba Algérie – Lab. de Géodynamique et ressources naturelles, Univ. Annaba B.P.12 ; 23000, Algérie

Dans le Nord Est algérien le district mercuriel de la chaîne numidique constitue une très grande réserve de mercure. La pollution de cette région par le mercure a été amplement démontrée (Benhamza, 2007). La plupart des procédés qui ont été préconisés pour l'assainissement du district sont onéreux, difficiles à réaliser et d'une efficacité partielle. Parmi les solutions prônées nous avons le confinement, l'excavation, l'épandage ou l'incinération. Le confinement des terres polluées prévoit l'installation d'une étanche en béton armé ; cette idée relativement coûteuse ne peut être applicable que dans une zone de taille réduite. Comme exemple de travaux entrepris, on peut citer le remblayage d'une partie du secteur pollué par divers sédiments meubles extraits du tracé de l'autoroute Est-Ouest. Les dépôts réalisés sont en moyenne de 05 m de hauteur et peuvent aller jusqu'à 10m par endroits. C'est un type de solution à court terme car la transformation du mercure en produit organique toxique peut avoir lieu dans les sédiments que les conditions soient oxydantes ou réductrices. La solution par phytoremédiation, que nous préconisons pour le moyen et le long terme, est basée sur la capacité de certaines plantes, surtout naturelles mais aussi OGM, à extraire ou éliminer les polluants métalliques du sol et de l'eau. Malgré quelques inconvénients en rapport avec la durée des traitements et le devenir du faible résidu végétal pollué, la phytoremédiation est facile à mettre en œuvre, non polluante, à faible coût et ne demande pas d'apport énergétique. Ces caractéristiques en font une méthode de choix dans une perspective de développement durable. Notre travail est basé sur une compilation faite sur des plantes bien répertoriées dont plusieurs sont hyperaccumulatrices de mercure (Basha et al 2009). Nous prenons en considération le fait que le district mercuriel du Nord Est algérien est étalé sur une vaste région qui a un climat méditerranéen à tendance continentale sèche. De plus la nature lithologique de ses formations géologique est assez hétérogène et la nappe phréatique peut être parfois très proche de la surface. Les quelques espèces d'herbacées, d'arbustes et d'arbres que nous avons sélectionnés sont compatibles avec les conditions climatiques et édaphiques ; ils ont en particulier un enracinement variable selon la profondeur des zones à assainir. Toutes les plantes choisies ont été expérimentées dans d'autres pays avec des résultats qui peuvent être très prometteurs (Negrete et al 2015). Basha. S, Murthy. Z.V.P, Jha. B. (2009), Sorption of Hg (II) onto Carica papaya: Experimental studies and design of batch sorber,Chem. Eng. J., 147 pp. 226–234 Benhamza, M. (2007, Contribution de la géophysique à l'étude hydrogéologique de la zone mercurielle nord numidique-Détermination du degré de pollution, Thèse d'état, 129p, Univ Annaba.Algérie. Negrete. J.M, Hernández. J D, Hernández. J.P, Verbel. J.O, Díez. S. (2015), Phytoremediation of mercury-contaminated soils by jatropha curcas.Chemosphere May 2;127:58-63.

Mots-Clés: district mercuriel, Nord Est algérien, pollution, phytoremédiation

Questions autour de dynamiques estuariennes ou Quand l'archéologie interroge la géomorphologie et réciproquement : le Léguer (Côtes d'Armor, France) comme étude de cas

Marie-Yvane Daire*[1], Loïc Langouët[2], Vincent Bernard[1]

[1] Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences, Histoire (CReAAH) – CNRS : UMR 6556 – Rennes, France
[2] Centre Régional d'Archéologie d'Alet, St Malo, France

L'estuaire du Léguer, la rivière de Lannion (Côtes d'Armor, France) a connu de multiples installations de barrages de pêcheries au fil des derniers millénaires établies dans l'espace intertidal, ainsi que des établissements, religieux ou civils, le long de ses berges et dans son immédiat arrière pays.

L'étude approfondie de ces aménagements anthropiques complexes semblait ne pas pouvoir faire l'économie d'un questionnement sur les dynamiques sédimentaires au sein de l'estuaire, pour différentes raisons liées à l'exploitation de cet espace par les communautés humaines successives et à la conformation d'un paysage particulier.

D'une part, les processus ayant entraîné les constructions et déplacements successifs des barrages de pêcheries doivent autant tenir compte du contexte historique, i.e. le peuplement de la zone d'étude et les relations avec les sites d'habitats, que de l'évolution "naturelle" de ce milieu fluvio-marin. En effet, nous pouvons envisager un scénario selon lequel l'accumulation de sédiments au sein de certaines structures de pêche a pu les rendre inopérantes et conduire à un déplacement spatial des pièges. Les variations de niveaux marins pendant l'Holocène et leur impact sur le milieu estuarien entrent bien entendu également en ligne de compte.

D'autre part, si la dynamique sédimentaire a pu conditionner les constructions et déplacements des murs de pêcheries, on peut également imaginer que, en corollaire, la présence des barrages a dû avoir une incidence sur les flux de sédiments et les chenaux d'écoulement fluvio-marin. L'exploitation des matières premières nécessaires aux constructions est également un facteur à prendre en compte pour éclairer l'évolution du paysage estuarien. Cette communication mettra donc en évidence l'intérêt d'une approche originale consistant à croiser données archéologiques et géoarchéologiques, analyses paléoenvironnementales et expertises sédimentaires, afin de proposer, sinon un modèle, du moins un schéma d'évolution de cet estuaire et de son exploitation anthropique au fil des siècles.

Karstification de la plateforme carbonatée des Monts-de-Vaucluse (SE de la France) en rapport avec les grands évènements géodynamiques du Néogène du sud de la France

Lucie Dal Soglio*[1], Ludovic Mocochain[2], Christian Boucher, Anthony Tendil[3], Gérard Massonnat[4]

[1] Environnement Méditerranéen et Modélisation des Agro-Hydrosystèmes (EMMAH) – INRA : UMR1114, Univ. Avignon et des Pays de Vaucluse – 84914 Avignon Cedex 9, France
[2] Univ. Pierre et Marie Curie - Paris 6 (UPMC) – Paris VI – 4 place Jussieu - 75005 Paris, France
[3] CEREGE – CNRS : UMR7330 – Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[4] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF). Avenue Larribau 64018 Pau Cedex, France
@ : lucie.dal-soglio@alumni.univ-avignon.fr

L'emblématique Fontaine de Vaucluse a de tous temps fasciné l'imaginaire collectif sur l'origine des eaux souterraines qui l'alimentent. Pour autant, dès 1855 (M. Bouvier) les premières interprétations scientifiques révèlent un processus -depuis largement confirmé- d'infiltration des eaux météoriques en provenance des Mts de Vaucluse. Si le fonctionnement hydrogéologique de cette source vauclusienne est à présent largement documenté, sa formation en reste discutée.
Depuis plusieurs décennies, les explorations spéléologiques menées sur les Mts de Vaucluse ont révélés un grand nombre cavités parcourues par des écoulements en étroite relation avec Fontaine de Vaucluse. Certaines de ces cavités dépassent 600 m de profondeur et presque 900 m pour le Trou Souffleur (Saint-Christol d'Albion) pour un développement de galeries dépassant les 10 km. L'exploration de ces gouffres révèle l'existence de niveaux horizontaux, souvent fossiles, dont la disposition étagée est à interpréter comme la résultante d'anciens drainages en relation avec des stades d'évolution du niveau de base. Paradigme assurant l'utilisation de ces niveaux perchés comme marqueurs de mouvements verticaux ayant affectés les Mts de Vaucluse. L'étude approfondie de ces niveaux de grotte permet une interprétation toute autre de leur genèse, laquelle serait contrôlé par des contrastes lithologiques et des effets de seuils assurés par des failles N 160. Par ailleurs, l'examen morphologique de ces niveaux horizontaux n'a jamais révélé l'existence des parties aval à relier à d'anciennes positions du niveau de base. A contrario, le constat est identique pour l'ensemble de ces niveaux horizontaux, ils se terminent tous brutalement par des grandes zones de puits uniquement développées sur les failles N 160.
Si les niveaux de grotte ne sont plus à interpréter comme une évolution polyphasée de la karstification des Mts de Vaucluse, l'hypothèse d'une phase unique provoquée par la crise messinienne de salinité peut être avancée. En effet, la configuration structurale des Mts de Vaucluse en un large panneau incliné vers les bassins d'avant pays empêchait toute structuration de drains karstiques, faute d'exutoire en aval des bassins. La crise de salinité assura un bouleversement de cette architecture par exhumation brutale des parties profondément enfouies lors de l'incision des canyons messiniens. L'ouverture de fenêtres hydrogéologiques provoqué par le ravinement messinien eut pour effet de libérer un gradient topographique de près de 3 km entre les parties hautes des Mts de Vaucluse et le talweg du Rhône au droit d'Avignon. A la faveur de ces conditions, le drainage karstique de l'ensemble des Mts de Vaucluse s'est probablement structuré vers un exutoire unique tributaire du fleuve puis, selon un processus d'adaptation *per ascensum*, ce même drainage, lors du reflooding pliocène, assura la formation de la Fontaine de Vaucluse par refoulement des eaux provoqué par colmatage de l'exutoire messinien.

Mots-Clés: Fontaine de Vaucluse, crise de salinité messinienne, canyon messinien, karstification, étagement de grotte

A comparative study on modeling damage zone around underground excavation

Hong-Lam Dang*[1], Dashnor Hoxha[1], Duc-Phi Do[1]

[1] Lab. PRISME – Univ. Orléans : EA4229, ENSI Bourges – 8, rue Léonard de Vinci 45072 Orléans Cédex 2, France
@ : hong-lam.dang@etu.univ-orleans.fr

During the processing of underground excavation, fractures and/or cracks occur in a surrounding zone of borehole due to redistributing of stress or loosening of supporting material. This surrounding area, in which the hydro-mechanical properties are modified significantly, is called the excavation damaged zone (EDZ). In isotropic ground, radial fractures are generated in the loading case and concentric fractures are developed in the unloading case. The explicit introduction of fractures in the numerical simulation seems appropriate for a few of fractures but it is challenging and difficult to handle if the number of fractures increases significantly. One of the methods to deal this issue is to replace the EDZ with an equivalent continuum zone obtained from the homogenization technique. Discussion on the feasibility of this approach, which is not much addressed in previous works, is the objective of this paper. A comparative study of two methods, equivalent continuous medium by Eshelby's solution and discontinuous model by assembling fractures individually, is carried out to model the EDZ in the framework of hydro-mechanical coupling.

Mots-Clés: Excavation Damaged Zone (EDZ), hydro, mechanical behavior, fractured porous media, underground excavation, finite element method, theoretical homogenization

Etude multiproxies haute résolution de l'évènement anoxique OAE 2 à la limite Cénomanien-Turonien de la coupe de Pont d'Issole (bassin Vocontien, SE France)

Julien Danzelle*[1], Laurent Riquier[1], François Baudin[1], Christophe Thomazo[2], Benoit Caron[1], Benoit Villemant[1], Emmanuelle Pucéat[2]

[1] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193, Univ. Pierre et Marie Curie [UPMC] - Paris VI – 4, place Jussieu BP CC129 75252 PARIS Cedex 05, France
[2] Biogéosciences – Univ. Bourgogne, CNRS : UMR6282 – 6 Bvd Gabriel 21000 Dijon, France
@ : julien.danzelle@gmail.com, laurent.riquier@upmc.fr

La limite Cénomanien-Turonien (~94 Ma, Crétacé sup.) est marquée par l'OAE 2 (Oceanic Anoxic Event 2), un évènement océanographique global caractérisé par une perturbation du cycle du carbone ainsi que par l'appauvrissement en oxygène de la plupart des bassins océaniques. Dans le bassin Vocontien (SE de la France), cette limite est soulignée par le dépôt de deux niveaux de marnes sombres riches en matière organique, les niveaux Thomel (Th1 et Th3), qui intercalent un intervalle plus carbonaté (Th2). Afin de mieux caractériser les perturbations environnementales associées à cette limite, une étude géochimique détaillée de l'enregistrement de l'OAE 2 a été réalisée sur la coupe de Pont d'Issole, située au centre de ce bassin.
L'étude de la matière organique a mis en évidence un enrichissement notable de matière organique (COT jusque 2.5%), dont l'origine semble être exclusivement marine (Type II) dans les deux niveaux Th1 et Th3. Par ailleurs, une excursion positive en δ13Ccarb et δ13Corg (+2.5‰) reflète l'enfouissement important de carbone organique et permet de donner un cadre chimiostratigraphique précis de l'OAE 2 et ainsi de corréler cette coupe avec d'autres coupes de bassins européens boréaux (Eastbourne, Angleterre) et téthysiens (Furlo, Italie centrale; Calabianca, Sicile).
L'enrichissement marqué en éléments traces métalliques sensibles aux conditions d'oxygénation (V, Mo, Cu, Zn, Ni) dans les niveaux Th1 et Th3 souligne une diminution de la teneur en O2 dans la colonne d'eau. Certains marqueurs redox comme le rapport V/(V+Ni) ainsi que des analyses de spéciation du Fer indiquent des conditions anoxiques ferrugineuses, voire euxiniques au sommet du niveau Th3. Ces conditions sont équivalentes à celles enregistrées dans d'autres sites en Europe, ce qui prouve le caractère régional à global de ces perturbations. Les indicateurs de productivité (P, Ba) montrent, quant à eux, de faibles enrichissements, diachroniques avec la mise en place de l'anoxie.
Enfin, une nette diminution du Δ13C (= δ13Corg-δ13Ccarb) et des valeurs plus élevées du δ18O dans le niveau Th2 suggère une diminution de la pCO_2 associé à un épisode de refroidissement global, le Plenus Cold Event, également enregistré dans les coupes boréales et proto-Atlantique.

Mots-Clés: OAE2, Cénomanien, Turonien, anoxie, bassin Vocontien

Statistical and spectral analysis: ability to identify global features of a nonlinear and complex hydrosystem

Thomas Darras*[1]

[1] Darras – Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Alès – France

Water resource management is a major social and scientific challenge at international level, especially in the Mediterranean region which is subjected to both seasonal demographic pressure and specific hydrometeorological settings that cause extreme hydrological situations (i.e. flash floods and severely low flow). To improve water resource management, a better understanding of hydrodynamic function is necessary. Nevertheless, hydrosystems of Mediterranean region have numerous karst components that have intrinsically heterogeneous structures generating complexes hydrological behaviours. Moreover, knowledge on karst system geometry is hard to get, leading to description and modelling difficulties. In this context, statistical tools investigating karst system behaviour seem to be relevant to provide valuable information. To analyse karst systems behaviours, in particular filling and emptying processes, linear spectral and correlation methods have been applied by Mangin (1984). Based on three karst systems, displaying different storage capacities, he showed that useful information can be obtained by this way. Regarding complex hydrosystems, the major limitation of these methods is the nonlinear characteristic of the relation. In this case, neural network modelling, well known for its ability to identify nonlinear dynamics, can be used (Kong-A-Siou, 2011, 2014). In order to be able to appreciate the pertinence of obtained information using spectral, correlation and neural networks methods we propose to adopt the following methodology: (i): build a fictitious basin designed and calibrated thanks to the HEC-HSM software, (ii) apply correlation and spectral analysis to input-output signals of the fictitious system, (iii) design and train a neural network model and extract information from the model. The case study is the hydrosystem of the Cèze River, a tributary to the Rhône River, located in southwestern France, which displays significant karst components. For example it will be shown that very different information may be obtained, from both variables: water level or discharge, for the same system. Finally comparison between the third approaches allows providing recommendations for model designers using statistical methods.
References
A. Mangin. Pour une meilleure connaissance des systèmes hydrologiques à partir des analyses corrélatoire et spectrale, J. Hydrol., 67: 25-43, 1984. L. Kong-A-Siou, K. Cros, A. Johannet, V. Borrell-Estupina, S. Pistre. KnoX method or Knowledge eXtraction from neural network model: Case study on the Lez karst Aquifer (southern France). J. Hydrol., 507:19-32, 2013. L. Kong-A-Siou, A. Johannet, V. Borrell, S. Pistre. Complexity selection of a neural network model for karst flood forecasting: The case of the Lez basin (southern France). J. Hydrol., 403 :367-380, 2011.

Mots-Clés: correlation analysis, spectral analysis, neural networks, karst system

Initiation de l'accrétion continentale dans l'arc bético-rifain: implications géodynamiques

Maxime Daudet*[1], Frédéric Mouthereau[1], Ana Crespo Blanc[2], Arnaud Vacherat[1]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Univ. Paul Sabatier-Toulouse III - UPS – CNRS : UMR 5563 – France
[2] Departamento de Geodynámica, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Fuentenueva s/n, 18071 Granada, Espagne

La chaîne des Bétiques au Sud de l'Espagne et du Rif au Nord du Maroc forment un des arcs orogéniques les plus resserré sur Terre. La formation de cette chaîne est liée à la collision entre un bloc continental, le bloc d'Alboran et les marges respectives de l'Ibérie et de l'Afrique au début du Miocène. Cette collision découle de la dislocation, synchrone du début du retrait du slab, et de l'extension dans le domaine Méditerranéen depuis 30-35Ma puis de la migration vers l'Ouest de la microplaque d'Alboran au Miocène inférieur.
L'évolution, le calendrier et la vergence de la subduction dans la Méditerranée occidentale sont encore discutés, notamment en raison des incertitudes sur la paléogéographie. Plusieurs modèles sont encore débattus, en particulier sur l'évolution de la lithosphère sous continentale et de la géométrie du slab tethysien, et ce malgré une bonne imagerie du manteau profond. Dans ce contexte, nous proposons, d'étudier les séries de Flysch, déposées dans un bassin au Nord de la marge africaine et sur la marge ibérique depuis le Crétacé inférieur et aujourd'hui impliquées dans le prisme orogénique de la chaîne Bétique-Rif. La thermochronologie basse température (FT et (U-Th)/He) appliquée à ces flyschs probablement déposés sur la partie la plus distale de la marge nous permettra de contraindre leur l'histoire thermique associée aux premiers stades d'accrétion continentale.
Dans le cadre du projet Orogen, des échantillons ont été prélevés en Espagne dans des séries de flyschs principalement Paléogène à Néogène appartenant à la marge Ibérique et au bassin des flyschs. Des échantillons supplémentaires ont été prélevés dans le Rif, où les séries de flyschs crétacés sont plus développées. L'objectif est de proposer grâce aux âges thermochronologiques obtenus, une datation plus fine de l'âge de l'initiation l'accrétion continentale, potentiellement anté-Miocène. Cette phase de déformation impliquerait, en faisant l'hypothèse d'une allochtonie raisonnable des flyschs, que les déformations liées à la convergence Afrique-Eurasie aient débuté assez précocement dans l'Ouest de la Méditerranée Occidentale. Ces résultats seront replacés dans une reconstruction tectonique de la région afin de discuter des modèles actuels d'évolution de la Méditerranée Occidentale.

Mots-Clés: Betiques, Rif, accrétion continentale, thermochronology, flyschs, géodynamique, Méditerrannée

Comment les surfaces d'aplanissement ont-elles enregistré la déformation du plateau Sud-Africain en Namibie ?

Olivier Dauteuil*[1], Carole Picart[1], François Guillocheau[1], Guillaume Baby[1], Martin Pickford[2]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) – 57, rue Cuvier - 75231 Paris Cedex 05, France
@ : francois.guillocheau@univ-rennes1.fr

Les domaines intra-continentaux sont fréquemment caractérisés par de grandes surfaces d'aplanissement traduisant une forte érosion des reliefs préexistants. Cette érosion rend difficile la caractérisation des déformations affectant ces domaines, d'autant plus que les vitesses de déformation les affectant sont faibles. Nous avons développé une méthodologie d'analyse de ces surfaces permettant d'avoir accès à ces déformations et à leurs conditions de formation. Elle a été appliquée à la partie Namibienne du plateau sud-africain.
Cinq grands types de surface ont été distingués à partir de leur géométrie et du processus à leur origine : les pénéplaines, les pédiplaines, les etchplaines, les etchplaines décapées et les plateformes d'érosion marine; chacune correspondant à un processus érosif ou d'altération et à des conditions climatiques particulières. Cette classification, peu dépendante de l'altitude, permet de les utiliser comme des marqueurs de déformation et de faire des corrélations des paléoenvironnements sur de grandes distances. En combinant la cartographie de ces surfaces avec un marqueur géologique profond, il est possible de distinguer les déformations de courte longueur d'onde (failles) des déformations de grande longueur d'onde (flexure, basculement, uplift).
Le plateau sud-africain couvrant une grande partie de l'Afrique australe, est l'une des figures géomorphologiques marquantes du continent africain avec une altitude moyenne de 1200 m. Il est attribué à un uplift global dont l'origine (croûte ancienne épaisse, point chaud), l'âge (fini-Mésozoïque ou Cénozoïque) et les modalités (surrection unique ou par étapes) sont fortement débattus. La partie namibienne peu ou pas recouverte par des dépôts éoliens récents, est propice à une étude de détail. Pour cela, nous avons cartographié dix surfaces d'aplanissement ainsi que la discordance entre la formation métamorphique mésoprotérozoïque du Namaqualand et la formation sédimentaire néoprotérozoïque du Nama.
Ainsi quatre domaines ont pu être déterminés: 1) le domaine côtier largement érodé depuis la fin du rifting atlantique suite à un rebond érosif d'un escarpement, 2) le domaine septentrional maintenu à une altitude très élevée depuis le Mésozoïque voire avant, 3) le domaine interne qui a subit une légère flexure au sud et une forte flexure au niveau du Grand Escarpement et 4) un domaine sud très affecté par des failles normales induites par une extension E-W à NW-SE tardive d'origine inconnue. Cette dernière zone, singulière pendant toute l'évolution méso-cénozoïque, correspond à la vallée de la rivière Orange qui semble être le niveau de base de la partie interne du plateau depuis la fin du Mésozoïque.
Il ressort donc que, pendant le Cénozoïque, le plateau est affecté par une superposition de déformations résultant de plusieurs processus que les changements climatiques ont pu enregistrer.

Mots-Clés: aplanissement, Namibie, tectonique, climat, paléorelief

Le macrobenthos un compartiment intégrateur de la qualité environnementale des écosystèmes côtiers : exemple du bassin oriental de la Manche

Jean-Claude Dauvin*[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France

La Manche, mer à forte marée, est le siège de nombreuses activités humaines : transport, pêche, dragages, clapages, installations d'éoliennes et extractions de granulats. Ces pressions entraînent une dégradation du macrobenthos qui est un bon intégrateur de la qualité écologique d'un milieu. Durant les dernières décennies différents programmes scientifiques interdisciplinaires ont été mis en œuvre au niveau transnational (CHARM, VECTORS...) et national sur tout ou partie de la Manche (PNEC, LITEAU). De plus, des études d'impacts, locales et limitées dans le temps, ont permis de recueillir de nombreuses données mais jusqu'à présent elles ont été réalisées sans liens entre elles notamment en baie de Seine où de très nombreuses activités se superposent. Seule une intégration des connaissances permettra de prendre en compte et d'analyser les interactions existant entre les effets anthropiques cumulés sur le long terme ($>$ 30 ans, durée des concessions des dépôts de dragage, éoliennes, granulats) de cet anthroposystème dans une dynamique évoluant également sous les effets des changements climatiques. Il reste à tester si les outils existants (indicateurs de bon état écologique développés dans les Directives Européennes, Traits d'Histoire de Vie ; Modèles de réseaux trophiques), sont pertinents et performants pour faire un diagnostic de l'état des habitats benthiques en Manche et de leurs évolutions futures.

Mots-Clés: Manche, macrobenthos, activités anthropiques, long-terme

Evolution des phénomènes karstiques, impacts sur les interactions eaux de surface / eaux souterraines et conséquences sur les écosystèmes aquatiques

Pierre-Yann David*[1], Didier Pennequin, Camille Riviere, Matthieu Fournier, Stéphane Helouin, Véronique Feeny-Ferreol, Marie-Laure Giannetti, Germain Samson, Jean-Baptiste Charlier[2], Thierry Leboulanger

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 14 route d'houppeville, 76130 Mont Saint Aignan, France
[2] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 1039 rue de Pinville, 34000 Montpellier, France

Le secteur de la Risle moyenne, situé entre l'entrée de la rivière dans le département de l'Eure à hauteur de la commune de Ray et sa confluence avec la Charentonne, est caractérisé par un fonctionnement hydrogéologique particulier : en effet, de nombreuses pertes affectent sa partie amont, provoquant une diminution de son débit, qui est ensuite restitué plus à l'aval, au droit de résurgences qui apparaissent à partir de Beaumont-le-Roger.
Ce secteur connaît régulièrement sur certains tronçons des pertes totales en période d'étiage liées à la formation de bétoires qui peuvent entraîner un assec du lit mineur sur plusieurs kilomètres en aval. Ceci s'est notamment produit en 2005 et 2012 produisant des assecs sur 6 km et 12 km respectivement.
La méconnaissance des conséquences de la formation de bétoires et la complexité des écoulements karstiques peuvent mettre en péril non seulement les usages de l'eau dans la moyenne Risle, comme l'alimentation en eau potable, la pisciculture et les activités de loisirs, mais peuvent également conduire au non-respect de la législation, notamment de la Directive cadre européenne sur l'eau ou encore de la Directive Habitat, avec des conséquences en termes économiques qui peuvent être importantes.
Le manque de connaissance du fonctionnement système Risle-Nappe de la craie empêchait également de prendre des décisions éclairées en cas d'évènements naturels extrêmes comme une crue ou un étiage, mais aussi concernant l'aménagement ou non des bétoires, là aussi avec des conséquences économiques qui peuvent être importantes.
Face à ces enjeux un observatoire de la Risle moyenne a été mis en place, avec pour objectif d'approfondir la connaissance du fonctionnement hydrogéologique et écologique de cet hydrosystème par un suivi du milieu durant deux périodes hivernales et estivales. Cette acquisition de connaissance visait à apporter des éléments nécessaires pour orienter la prise de décisions futures au niveau des aménagements et interventions à réaliser dans le bassin versant de la Risle.
Ce projet multipartenarial a permis d'aborder les différents aspects de l'hydrosytème karstique en croisant les résultats d'approches pluridisciplinaires portant sur les aspects physiques, chimiques et écologiques. Les différents aspects abordés ont comportés notamment l'analyse directe et indirecte du karst (géologie, analyse structurale, investigations spéléologiques, campagnes géophysiques), des échanges nappe/rivière (aspects hydrogéologiques, hydrologiques, hydrochimiques, thermiques, biologiques), de l'adaptation et des temps de recolonisation eaux par les écosystèmes des secteurs d'assec après remise en (végétation, macroinvertébrés, populations piscicoles).
Cette approche innovante complétée par des travaux de modélisation ont permis de compléter la compréhension du fonctionnement de cet hydrosystème et d'en améliorer sa gestion, notamment en cas d'apparition de nouvelles pertes karstiques.

Mots-Clés: relations eaux de surface / eaux souterraines, karst, écosystèmes aquatiques, approche pluridisciplinaire, modélisation, méthodes d'investigation

Le métamorphisme barrovien dans les Pyrénées hercyniennes (exemple du Canigou)

Luc de Hoÿm de Marien*[1], Benjamin Le Bayon[2], Pavel Pitra[1], Jean van den Driessche[1], Florence Cagnard[2]

[1] Géosciences Rennes – Univ. Rennes I, OSU Rennes, CNRS : UMR6118 – campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France
[2] Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 2, France
@ : pavel.pitra@univ-rennes1.fr

Dans les Pyrénées, le métamorphisme hercynien dominant est de type haute température (HT) et basse pression (BP). Ce type de métamorphisme est présent partout dans le reste de la chaîne hercynienne, mais il est généralement tardif et précédé par un métamorphisme de plus haute pression, typiquement barrovien. Dans les Pyrénées, les évidences d'un métamorphisme barrovien sont rares. Du disthène a été décrit et interprété comme le résultat d'un métamorphisme de moyenne pression antérieur au métamorphisme régional HT-BP, p.ex. dans le Canigou. Néanmoins, le disthène a également été interprété comme un minéral tardif, postérieur au métamorphisme HT-BP (p.ex. Cap de Creus, Albères).
Le massif du Canigou est dominé par un orthogneiss ordovicien formant un dôme. Des micaschistes situés au cœur du massif, sous l'orthogneiss, enregistrent deux évènements métamorphiques associés au développement de deux schistosités (S1 et S2). Le premier évènement est caractérisé par le développement syn-S1 de porphyroblastes de staurotide et de grenat avec des traces d'inclusion sigmoidales. Ces porphyroblastes sont partiellement résorbés et entourés d'andalousite dont les caractéristiques texturales témoignent d'une cristallisation syn-S2. Des pseudosections (calculées avec THERMOCALC et Theriak/Domino) permettent de montrer que le premier évènement, prograde, est associé à un pic de pression, enregistré par la zonation du grenat, de l'ordre de 7 kbar à 550°C. La paragenèse à staurotide + grenat indique un pic de température autour de 600°C pour 6,5 kbar, dans le domaine de stabilité du disthène. Cela correspond à un gradient thermique d'environ 30°C/km, typique du métamorphisme barrovien. Le second évènement métamorphique est défini par la stabilité de l'andalousite et localement une seconde phase de cristallisation du grenat. Il est contemporain du développement de la schistosité régionale S2 et témoigne d'une décompression, entre 3 et 5 kbar à environ 550°C. Le gradient thermique, lors de ce second évènement métamorphique, est de l'ordre de 60°C/km. Cette séquence d'évènements métamorphiques implique au premier ordre l'existence d'un épisode d'épaississement qui a précédé une phase d'exhumation d'origine tectonique dans les Pyrénées. Néanmoins, la seconde phase de croissance du grenat témoigne d'une évolution plus complexe avec une décompression et un refroidissement suivant le premier pic de température et précédant le métamorphisme dominant syn-S2 de HT-BP.
Ce travail a été réalisé dans le cadre du chantier Pyrénées du programme RGF.

Mots-Clés: métamorphisme barrovien, Pyrénées, pseudosections, évolution tectonique, Varisque, Hercynien

ILICO : L'Infrastructure de recherche Littorale et Côtiere

Christophe Delacourt*[1], Jérôme Paillet

[1] Domaines Océaniques – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS, UMR 6538, Domaines Océaniques – France
@ : christophe.delacourt@univ-brest.fr

L'océan côtier et les zones littorales, interface entre les surfaces continentales et l'océan hauturier, constituent une plateforme de transferts et d'échanges entre milieux. Soumise aux activités anthropiques, cette zone représente un environnement à la dynamique complexe, pouvant évoluer à divers échelles spatio-temporelles. Une compréhension, voire une prédiction, des processus physiques, biogéochimiques et sédimentaires en jeu devient ainsi fondamentale, cette analyse s'appuyant sur des approches numériques et observationnelles complémentaires.
Ainsi, l'observation des écosystèmes côtiers et littoraux se doit pluridisciplinaire, et requiert une multiplicité de paramètres à mesurer, de capteurs à déployer pour caractériser les évolutions des environnements dans leur ensemble et avoir un suivi des évolutions à long terme (e.g. impact régional du changement climatique à l'échelle du plateau continental). Ces observations sont coordonnées via différents observatoires dont les objectifs généraux visent l'acquisition de longues séries de mesures pour mieux comprendre les processus à l'origine de la dynamique littorale.
En France, les Infrastructures de Recherche posent le défi de construire des outils de recherche à la pointe des connaissances scientifiques et technologiques. L'observation, la mesure, l'expérimentation, le calcul intensif, le stockage et le partage de données supposent de grands instruments portant les capacités techniques au-delà de l'existant et intégrant l'interdisciplinarité source d'innovation. Ces outils nécessitent du matériel de pointe mais aussi des ressources humaines et financières conséquentes, grâce au soutien de l'Etat. Dans le domaine du Système Terre et Environnement, ces infrastructures ont pour but de 1-comprendre, modéliser et scénariser l'évolution du climat, de la biodiversité et des ressources 2-suivre les pollutions et leurs impacts 3-développer les recherches sur l'adaptation ou la mitigation 4-aider la prise de décision face au risque et évaluer les effets des politiques publiques.
C'est dans ce contexte que l'infrastructure ILICO- Infrastructure Littorale et Côtière a été créée ; elle réunit différents Services d'Observation, la plupart labellisés par des instances nationales ou régionales multi organismes : SNO/SOERE MOOSE -Suivi de l'écosystème marin en Méditerranée, SNO SOMLIT -Observation de paramètres hydro-climatiques, chimiques et biologiques du littoral, SNO DYNALIT-SOERE TDC -dynamique littorale, trait de côte, SNO SONEL -niveau marin relatif à la côte, intègre la hausse du niveau moyen des océans et les variations locales d'origine tectonique ou eustatique, REPHY -observations du phytoplancton et des phycotoxines d'IFREMER, SNO CORAIL -observations physiques, chimiques et biologiques sur les écosystèmes coralliens du Pacifique, ReefTemps -réseau de capteurs de température déployés dans le Pacifique, ainsi que les réseaux d'observations hautes fréquences de l'océan côtier (Ifremer/Insu).

Mots-Clés: infrastucture de recherche, réseau d'observation, littoral, côtier

Caractérisation géométallurgique d'un projet minier à l'aide d'un MEB automatisé

Arthur Delaporte*[1], Simon Blancher[1], Thomas Wallmach

[1] ERAMET Research – France
@ : simon.blancher@erametgroup.com

Le groupe minier français ERAMET cherche à exploiter le gisement de Bafoula, un gisement latéritique manganésifère situé dans la région de Moanda au Gabon. Contrairement au gisement historique de Bangombé, il s'agit d'un gisement pauvre, un procédé d'enrichissement du minerai semble donc nécessaire. Afin de définir ce procédé et de vérifier le caractère économique du gisement, une étude géometallurgique est donc nécessaire pour caractériser la minéralogie du gisement. ERAMET Research a choisi pour ce faire d'utiliser une méthode d'analyse minéralogique quantitative et automatisée grâce à un MEB. Il est possible avec un tel outil d'analyser rapidement un grand nombre d'échantillons permettant l'analyse géostatistique représentative de la réalité du terrain. Pour atteindre ce but, le logiciel Qemscan® automatise le fonctionnement des détecteurs EDS/BSE, et construit une carte minéralogique de l'échantillon dans laquelle chaque pixel est enregistré avec une chimie, une minéralogie, et donc une densité. Chaque particule est associée à une composition (minéralogique et chimique), une forme et une taille. Pour cette étude, une base de données spécifique a été construite pour modéliser le meilleur traitement minéralurgique à mettre en œuvre. À teneur constante en manganèse, la proportion de pyrolusite (MnO2), cryptomélane (KMn8O16) et lithiophorite (Al2Mn3O9.3H2O) change, ce qui a un impact fort sur le traitement du minerai. Les minéraux de la gangue comme les phyllosilicates (illite, kaolinite, muscovite) et les hydroxydes (goethite, diaspore, gibbsite) contiennent aussi une part du manganèse dans leur structure. Les associations fines entre lithiophorite et minéraux de la gangue rendent sa récupération complète difficile à envisager. Le manganèse récupérable est donc essentiellement celui porté par les minéraux pyrolusite et cryptomélane. Sur une échelle régionale, l'interprétation et l'extrapolation verticale et horizontale de ces résultats permettent de montrer des variations minéralogiques locales (texture et composition) au sein d'un gisement et donc d'anticiper les changements de comportement du minerai dans un procédé en cours d'exploitation. Cette approche méthodologique à l'aide d'un MEB automatisé est donc un outil extrêmement efficace pour la caractérisation géometallurgique d'un projet minier.

Mots-Clés: géométallurgie, caractérisation, manganèse, Qemscan, minerai

Surrection Miocene et bombement de Madagascar

Antoine Delaunay*[1], François Guillocheau[1], Cécile Robin, Massimo Dall'Asta, Gérôme Calves[2]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] GET-UMR CNRS/IRD/Univ. Paul Sabatier (GET) – GET – 14 avenue Edouard Belin, 31400, Toulouse, France

Madagascar est un lambeau de croute continentale archéenne à néoproterozoïque entouré de marges transformantes, obliques et divergentes : la marge oblique du bassin de Morondava à l'Ouest, bornée par la ride de Davie, et au Nord, la marge divergente du bassin de Majunga connectée au bassin de Somalie.
Nous présentons des arguments géologiques pour l'âge de la formation du plateau malgache à travers une double analyse, couplant la géomorphologie à terre (emboitement de surfaces d'aplanissements) et la stratigraphie des marges à mer (stratigraphie sismique et puits).
L'analyse géomorphologique est basée sur la caractérisation, la cartographie et la datation de surfaces d'aplanissement emboitées (pédiments ou pédiplaines). La datation s'appuie sur les relations géométriques des surfaces entre elles, de l'intersection de ces surfaces avec le volcanisme et enfin de leur relation avec les formations sédimentaires. La différence d'altitude entre deux surfaces emboitées (correspondant chacune à un niveau de base à un moment donné) constitue un bon indicateur de l'ampleur de la surrection. L'analyse de stratigraphie séquentielle est-elle basée sur la réévaluation biostratigraphique de quatre puits industriels (foraminifères et nannofossiles dans les cuttings). Les phases de surrection sont caractérisées par (1) le basculement vers l'Ouest de la marge, scellé par des réflexions non déformées, (2) des prismes de régression forcée et (3) la présence de sédiments anciens dans des formations plus récentes enregistrée par le remaniement de faune et flore.
(1) Durant le Paléocène jusqu'au Miocène inférieur (66 à 20 Ma), Madagascar est une île relativement plate, de faible altitude, avec des lambeaux d'une surface plus ancienne que le trapp malgache (90Ma). Ce relief est largement altéré avec la croissance de nombreux profils latéritiques, entourés de larges plateformes carbonatées. Les influx silico-clastique dans les bassins sont alors relativement faibles.
(2) Le Miocène moyen à supérieur est le paroxysme de la surrection avec (1), le basculement de la marge ouest (Morondava), (2) une augmentation du flux de sédimentation silicoclastique depuis le Miocène moyen et (3) la mise en place d'une surface d'aplanissement marquée.
(3) Le résultat de cette surrection est la morphologie en dôme de l'île de Madagascar (avec un plateau central) marquée par la forme concave de la surface crétacé supérieure altérée à l'Eocène.
(4) L'amplitude de la surrection peut être estimée grâce à la présence de carbonates lagunaires, cent kilomètres au Nord-est de Tuléar, à une altitude de 900m environ. Si l'on considère que le niveau marin absolu à l'Eocène était de 50m au-dessus du niveau actuel (Miller et al., 2005), cela implique une surrection d'à peu près 850m.
(5) Le mécanisme de la surrection doit prendre en compte une déformation de très grande longueur d'onde (x1000 km), forcément liée à la dynamique mantellique. Les relations avec les dômes d'Afrique de l'Est (Ethiopie, Afrique du Sud) sont discutées.

Mots-Clés: source-to-sink, Madagascar, surrection, surfaces d'aplanissement, stratigraphie sismique

3D reconstruction of plagioclase crystals in synthetic volcanic rocks using the 3DEXPERIENCE software (Dassault Systèmes)

Clément Delcourt*[1], Claire Charles[1], Julien Duquennoy[1], Elsa Ottavi-Pupier[2], Olivier Ammoun[3], Michihiko Nakamura[4], Kentaro Uesugi[5]

[1] Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – Rue Pierre Waguet - BP 30313 F-60026 BEAUVAIS Cedex, France
[2] Dpt. GEOS Institut LaSalle Beauvais (GEOS) – Institut LaSalle Beauvais – 19 rue Pierre Waguet 60000 Beauvais, France
[3] Dassault Systèmes – Dassault Systèmes – 10, Rue Marcel Dassault 78140 Vélizy-Villacoublay, France
[4] Department of Earth Science Tohoku University – Graduate School of Science, Tohoku University, 6-3, Aramaki Aza Aoba, Aoba, Sendai, Miyagi 980-8578 JAPAN, Japon
[5] SPring-8/JASRI – Japon
@ : elsa.ottavi-pupier@lasalle-beauvais.fr

The texture of magmatic rocks provides valuable information on their history and on their implementation mode. This study focuses on the three-dimensional (3D) reconstruction of plagioclase crystals in synthetic basalt samples in order to determine the crystal size distribution law. CSD are generally expressed in terms of population density which is defined as the number of crystals per volume of rock and per interval size. Synthetic basalt samples of a few millimeters in diameter were created by cooling a synthetic magmatic liquid obtained using an oxide powder. 3D models of plagioclase crystals were built using the 3DEXPERIENCE® software, which is a numerical platform developed by Dassault Systèmes. As this software was not initially intended for geological applications, a new method was developed and applied to design manually each crystal in the basalt samples. This method lies mainly on using grayscale images of the samples from computed tomography (CT). Thus, plagioclases were circled on successive images to create sections which are then linked together to build the crystal shape in 3D. 3DEXPERIENCE® also enables to perform some size measurements on the different axes of modeled plagioclase crystals and volume measurements which are essentials for CSD calculations. Numerical models give a lot of information about the sizes, the shapes and the organization of the crystals. A three-dimensional printing process has also been conducted. This allows obtaining a powerful research tool to study the relation between crystal organization and magma properties.

Mots-Clés: synthetic basalt, 3DEXPERIENCE, crystals, plagioclase, CSD, 3D reconstruction

Contrôles eustatique et climatique dans l'incision des cours d'eau du bassin parisien

Benoit Deleplancque[1], Isabelle Cojan*[1], Hélène Beucher[1]

[1] Centre de Géosciences - MINES-ParisTech – PSL Research University – 35 rue Saint-Honoré 77305 Fontainebleau Cedex, France
@ : benoit.deleplancque@mines-paristech.fr, isabelle.cojan@mines-paristech.fr

La compréhension de la réponse des cours d'eau de la façade de la Manche aux fluctuations climatiques du Quaternaire repose principalement sur l'étagement des nappes alluviales de la Somme, système le mieux documenté, qui présente un taux moyen d'incision de 60m/Ma. Transcrire un taux d'incision en taux de surrection nécessite de connaître le rôle respectif des facteurs intrinsèques et extrinsèques dans le contrôle de l'étagement des nappes alluviales.

La dynamique du réseau de la Seine moyenne (plaine alluviale de la Bassée) au cours du Pléistocène supérieur est abordée à partir de la restitution des morphologies d'incision des nappes alluviales de la Seine. Les analyses géomorphologiques montrent l'existence de deux nappes alluviales étagées (T1 et T2) au sein desquelles deux autres sont emboitées (T3a et T3b). Si la première incision (Saalien terminal) a façonné une large vallée, la seconde (Wechsélien) a balayé des bandes actives plus restreintes préservant des lambeaux de la nappe T1 majoritairement distribués sur les épaulements de la vallée avec des îlots résiduels dispersés en son centre. La forte densité de sondages (1,6 par km^2), bien répartis sur l'ensemble de la plaine, conduit à partir d'un krigeage à une estimation fine de l'interface craie/alluvions, de la géométrie de l'incision précédant le dépôt de la nappe T1, et de la distribution des épaisseurs des alluvions.

L'analyse de la pente moyenne du thalweg de l'interface craie/alluvions fournit une valeur proche de celle de la pente actuelle de la plaine de la Bassée (autour de 0,3 ‰). La rupture de pente observée dans la région de la Motte tilly (pente à 5 ‰) possède une géométrie complexe montrant une lacération de la nappe alluviale sur une zone s'étendant sur quelques km. Le remplissage de la vallée fait disparaître cette rupture de pente comme en témoignent les variations d'épaisseur d'alluvions de part et d'autre de la rupture de pente (épaisseur moyenne 4-5 m en amont et autour de 7 m en aval).

Tous ces éléments morphologiques, en association avec la nature homogène du substratum, nous conduisent à proposer que la rupture de pente observée corresponde à une trace de l'érosion régressive (knickpoint) initiée lors des bas niveaux marins qui découvrent la rupture de pente présente sur le profil de la Seine à l'entrée de la fosse du Cotentin. Le knick point se trouve à plus de 100 km à l'amont de l'estuaire actuel et près de 400 km de la zone de rupture de pente sur le plateau continental (fosse du Cotentin). Les vitesses de recul estimées entre 12 et 39 m.an-1 sont tout à fait en accord avec les données d'autres cours d'eau.

La plaine de la Bassée constitue une zone clé dans la compréhension de l'étagement des nappes alluviales des cours d'eau du Bassin parisien : à l'amont de la zone du knick-point celle-ci est contrôlée par la surrection alors qu'à l'aval, la contribution eustatique est dominante, augmentant ici par 2 à 3 fois la valeur de l'incision.

Mots-Clés: Seine, Manche, érosion régressive, knick point, krigeage, plaine Bassée

Evolution morphologique des vasières intertidales de l'estuaire de la Seine

Julien Deloffre*[1], Julien Le Mercier[2], Florent Grasso[2], Romaric Verney[2], Marion Jaud[3], Nicolas Le Dantec[3,4], Christophe Delacourt[3], Jérôme Ammann[3], Philippe Grandjean[5]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ., UNIROUEN, UNICAEN, CNRS : UMR6143, Normandie Univ – 76000 Rouen, France
[2] Lab. de Dynamique Hydro-Sédimentaire (DYNECO-DHYSED) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Pointe du Diable, 29280 Plouzané, France
[3] Domaines Océaniques – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
[4] Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) – Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie – 134 rue de Beauvais, 60280 Margny Lès Compiègne, France
[5] Lab. de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE) – CNRS : UMR5276, Univ. Claude Bernard - Lyon I (UCBL) – 2 rue Raphaël Dubois, 69622 Villeurbanne, France

Zones d'accumulation du sédiment cohésif, les vasières intertidales jouent un rôle prépondérant dans le fonctionnement des ecosystèmes estuariens. Le suivi morphologique de ces zones est complexe en raison de la nécessité de travailler à différentes échelles spatio-temporelles. Cette étude vise à évaluer les volumes sédimentaires transitant par ces zones. La complémentarité de 3 techniques d'acquisition de données topographiques (altimètres acoustiques, Terrestrial Laser Scanning et Unmanned Aerial Vehicle) est investigué sur les vasières intertidales à l'embouchure de l'estuaire de la Seine.
Le suivi par altimétrie acoustique à haute-fréquence (1 mesure par minute) et haute précision (millimétrique) permet de s'intéresser au transport sédimentaire en lien avec les processus qui s'expriment à haute fréquence (e.g. vagues, marée). L'inconvénient de ce type d'appareillage est la représentativité spatiale, en raison de la faible zone investiguée (quelques cm2). Le LIDAR terrestre apporte une vision spatialisée des observations altimétriques, avec cependant une précision moindre (centimétrique) sur des zones couvrant au maximum 1km^2. Les drones permettent en quelques heures d'acquérir des images stéréoscopiques à très haute résolution (quelques centimètres) sur des zones étendues (quelques km^2). Cette étude permet i) le calcul les flux transitant au sein des vasières intertidales ; ii) la quantification de la précision, la représentativité et les limites liés aux différentes techniques et (iii) de préciser les échanges entre les zones de vasière et la masse d'eau.
Cette approche intégrée permet de mieux appréhender les échelles spatiales et temporelles pertinentes à l'échelle d'une vasière et la dynamique de morphologies spécifiques de ces zones (e.g. filandres).

Mots-Clés: vasière, topographie, bouchon vaseux, morphologie, Seine

Microphytobenthic behaviour and productivity as estimated through automated oxygen microprofiling system: capabilities and perspectives

Lionel Denis*[1], Swanne Gontharet[1], François Gevaert[1], Gwendoline Duong[1], Fabienne Goulard[1], Eric Armynot du Châtelet[1], Luis Felipe Artigas[1], Henk Bolhuis[2], Vanda Brotas[3], Jacinthe Caillaud[1], Maxime Gommeaux[4], Sebastien Lefebvre[1], Sylvie Philippe[1], Lourenço Ribeiro[3], Alain Trentesaux[1], Charles Verpoorter[1]

[1] Lab. d'Océanologie et de Géosciences - Station Marine de Wimereux – Univ. Lille I – Univ. Littoral Côte d'Opale – CNRS : UMR8187 – 28 avenue Foch, BP 80 62930 Wimereux, France
[2] Marine microbiology - NIOZ – Yerseke, The Netherlands, Pays-Bas
[3] Centro de Oceanografia - University Lisboa – Portugal
[4] Groupe d'Etude sur les Géomatériaux et les Environnements Naturels et Anthropisé (GEGENA) – Univ. Reims - Champagne Ardenne – France
@ : lionel.denis@univ-lille1.fr

Over the last decades, there has been a progressive rearrangement or loss of intertidal mudflats due to extensive industrial development, coastal management, dredging activities and land reclamation. These activities may have serious consequences for estuarine ecosystem functioning as these mudflats often support the growth of dense biofilms of microphytobenthos (MPB), a generic grouping of algae (diatoms, euglenids, chrysophyceans, dinoflagellates), cyanobacteria and other bacteria that colonize benthic substrata. These MPB biofilms mediate nutrient fluxes between sediment and water column, stabilize sediments, can contribute up to 50% of estuarine primary productivity and are important food sources constituting the basis of major estuarine trophic networks.
These microalgal benthic communities play a key role in estuarine functioning, however not much is known about their structure and the functional role of each of its components. A major part of benthic diatoms migrate into the sediment at high tide (to avoid resuspension) while they move to the surface when the sediment is emerged at low tide to obtain light for photosynthesis. Hence, the primary productivity observed in mudflats is generally considered as the result of the combined activity of several species or communities, which appear successively at the sediment surface, following the rhythm of external forcings, such as tidal level, sediment characteristics, interstitial water salinity, sediment surface temperature or light characteristics (wavelength, intensity).
In this study, conducted in the intertidal mudflats of the estuaries located along the Opal Coast (Authie, Canche estuaries) we describe the use of automated *in situ* oxygen microprofiling system with a view to better describe such temporal variations of primary productivity over short time scales (one tidal cycle to one week) as well as migratory and photoprotective processes. The switch between autotrophy/heterotrophy will be described, as well as potential links with the environmental characteristics (Organic matter, geochemistry, granulometry...) and functional diversity in surficial sediments.
Finally, new perspectives of such equipment for re-evaluating budgets at the sediment-water interface will be discussed.

Mots-Clés: microphytobenthos, oxygen microprofiling, migratory behaviour, intertidal mudflat, temporal variability

Mobilization of DOM during flood events: impact of water table dynamics

Marie Denis*[1], Laurent Jeanneau[1], Gérard Gruau[1], Anaëlle Murzeau[1], Patrice Petitjean[1], Anne Jaffrezic[2], Guillaume Humbert[2], Emilie Jardé[1]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, CNRS : UMR6118 – France
[2] Sol Agro et hydrosystème Spatialisation (SAS) – Institut national de la recherche agronomique (INRA) : UMR1069, Agrocampus Ouest – France

In headwater catchments, flood events export the major part of dissolved organic matter (DOM) over hydrological year. During these hot moments, the increased flow at the outlet is accompanied with an increase of DOM concentration and a modification of DOM composition, implying the mobilization of additional DOM sources regard to base-flow conditions. Molecular analysis have been performed on outlet samples of a French agricultural catchment (Kervidy-Naizin) which belongs to the Critical Zone Observatory AgrHyS (SOERE Réseau des Bassins Versants). Previous results shown a clear modification in the distribution of lignin compounds during flood events and evidence an heterogeneity in the intensity of molecular changes. This DOM, less biodegraded, was assumed to be produced by partition between particulate and dissolved phases when the soil/water ratio is low (soil particles isolated in water). However, in the outlet, modifications of DOM composition is still recorded even after the return to pre-event turbidity. To explain these results we hypothesize that molecular changes could come from DOM produced in soil solutions. So how soil erosion could induce production of less biodegraded DOM? Is the intensity of molecular composition changes impacted by intensity of the flood event?

Those questions were investigated during flood events, by sampling with high frequency stream DOM at the outlet of the watershed and soil solutions in riparian soils equipped with zero-tension lysimeters. Samples were filtered, analyzed for DOC and freeze-dried for molecular analysis (thermally assisted hydrolysis and methylation–gas chromatography/mass spectrometry). The hydraulic gradient was monitored every 15 minutes, using piezometers implemented along the slope. The long-term monitoring program of ORE AgrHyS on this site allowed a good understanding of hydrological functioning of this catchment, which is essential to link hydrology and biogeochemistry.

At the beginning of the event, hydraulic gradient increased rapidly and stayed high during several days. Modification of DOM composition in soil solutions were recorded during the hydraulic gradient rise with an increase in the proportion of less degraded molecules than during base-flow conditions. In river, modification of DOM quality is also recorded short time after its appearance in soil solutions. Intensity of the flood events seems also to impact intensity of the modification with intense flood events responsible for high variations in DOM composition.

For the first time, composition of soil DOM has been investigated during flood events. Results evidence the concomitant evolution of hydraulic gradient, DOM concentration and composition in soils solutions and stream outlet. Results highlight the contribution of sub-surface erosion in the production of storm stream DOM, and the key role of hydrological conditions in these modifications.

Mots-Clés: dissolved organic matter, hydrology, biogeochemistry, flood, events

Suivi de l'évolution récente de la baie des Veys (Normandie, France) par la sédimentologie et la télédétection

Jean-Paul Deroin*[1], Alexandra Conreux, Sébastien Laratte

[1] Groupe d'Etude sur les Géomatériaux et Environnements Naturels, Anthropiques et Archéologiques (GEGENAA) - EA 3795 – Univ. Reims Champagne-Ardenne (URCA) – 2 esplanade Roland Garros 51100 Reims, France

La baie des Veys est un modèle d'espace macrotidal estuarien en Manche centrale. Située à l'angle du Cotentin et du Bessin, les conditions hydrodynamiques y sont particulières. Les sables – et plus localement des galets – comblent les secteurs distaux tandis que les zones proximales (embouchures) s'envasent. Jusqu'en 1972, l'homme a profité des progrès du colmatage naturel de la baie pour gagner des terres par poldérisation.

Les sédiments de la baie étudiés depuis le début des années 2000 ont fait l'objet d'analyses détaillées, notamment le long d'un transect de référence échantillonné en 2008, 2010, 2012 et 2014 lors de marées basses de fort coefficient. Les sédiments de la baie des Veys présentent un diamètre généralement inférieur à 2 mm, le plus souvent compris entre 100 et 200 mm (sables moyens) dans la partie intertidale moyenne et inférieure, et entre 50 et 100 mm (sablons) dans la partie intertidale supérieure. Ils peuvent donc être aisément remis en mouvement par les courants de vive eau. Les mesures régulières indiquent une évolution globale vers des sédiments plus fins dans la partie médiane et haute de l'estran. Les changements de granulométrie sont plus complexes à interpréter dans la partie basse de l'estran influencée par des bancs de sables moyens à grossiers. Sur les dernières années, la teneur moyenne en CaCO3 augmente sensiblement, notamment sur la haute slikke. Une légère augmentation du taux de MO est également observée dans cette même zone.

La circulation anti-horaire des courants marins associée à l'influence du réseau hydrographique est à l'origine de la mobilisation des sédiments qui provoque l'envasement de la baie. Ce phénomène est accentué par les différentes activités anthropiques : poldérisation et conchyliculture. Il ressort de nos observations qu'un comblement de la Baie des Veys est amorcé. Ceci se traduit :

- par une progradation ouest-est du cordon sableux (constitué par la dérive littorale) en zone ouest ;
- par un envasement progressif de la zone située au-dessous de l'axe Grand Vey-Pointe du Grouin et, par l'apparition de l'envasement depuis les années 80 (en liaison avec le développement de l'ostréiculture) et du cordon de galets en zone est.

L'évolution cartographique de la baie est suivie à l'aide d'images de télédétection. L'heure de la prise de vue des données spatiales est un paramètre peu étudié jusqu'à présent qui joue pourtant un rôle considérable, notamment dans le cas de la cartographie géologique des espaces intertidaux. A partir de sites littoraux français, il a été montré que les satellites héliosynchrones qui enregistrent leurs images vers 11:00 UTC ne sont pas adaptés aux meilleures acquisitions en Manche (Baie des Veys, Baie du Mont-Saint-Michel), alors qu'ils conviennent mieux sur le littoral atlantique. L'accent est mis sur l'utilisation des " nouvelles " images Sentinel-1 (radar) ou Sentinel-2 (optique) dont l'une des caractéristiques est l'acquisition d'images vers 18:00 UTC (ou 6:00 UTC), ce qui est particulièrement adapté au contexte de la baie des Veys.

Mots-Clés: Baie des Veys, macrotidal, slikke, schorre, télédétection

Recharge and Paleorecharge of Saharan and Sahelian Aquifers: the 36Cl perspective

Pierre Deschamps*[1], Bruno Hamelin[1], Julio Goncalves[1], Camille Bouchez[1], Friha Hadj Ammar[1,2], Jade Petersen[1], Chloé Poulin[1]

[1] Centre Européen de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., CNRS : UMR7330, IRD : UMR161, Collège de France – Europole de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[2] Lab. des Radio-Analyses et Environnement (LRAE) – Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax Route de Soukra Km 3.5 BP 1173 3038 Sfax, Tunisie
@ : deschamps@cerege.fr

In Sahelian and Saharan Africa, groundwaters are the main source of water for much of the rural population, particularly those in the drought-prone semi-arid regions. Because aquifer systems respond much more slowly to meteorological fluctuations than surface waters, groundwaters play the role of a natural buffer against climate variability. Assessment of recharge and paleo-recharge and groundwater residence time of aquifer systems of the Sahelian regions is pivotal for a sustainable management of this vulnerable resource.
In this prospect, geochemical tracers providing insights on active recharge processes as well as time transfer of water in aquifer systems are useful tools to cross-check outputs of hydrological models.
Although the potential of the long-lived radionuclide 36Cl (T1/2= 301 ka) as a powerful tracer in groundwater studies has been recognized since 80's, its widespread use has been limited by the few accelerator mass spectrometry (AMS) facilities capable of detecting and quantifying natural 36Cl levels. The recent set up of the French 5 MV AMS National Facility ASTER at CEREGE have opened new perspective to the French community. For 5 years, the CEREGE group has launched several investigations of hydrological systems of Northern Africa. We will present some key results acquired in the frame of these studies: from the classical use of 36Cl as a chronometer for dating old groundwater from the North Western Saharan Aquifer System of Tunisia and Algeria (Continental Intercalaire and Complex Terminal) or the Deep Aquifer System from Lake Chad Basin, to its more innovative employment as a tracer either of surface-subsurface water relationship or of recent recharge of aquifer system. We will show that the 36Cl produced during thermonuclear testing between 1954 and 1958 is a credible alternative to the Tritium that was one of the most useful environmental tracer for dating of modern groundwater, but that is now, because of radioactive decay, no more operative.

Mots-Clés: 36Cl, isotopic tracers, groundwater, Sahara, Sahel, recharge

Estimation du recul de dunes côtières lors d'une tempête exceptionnelle

Franck Desmazes*[1], Boris Leclerc[2]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – France
[2] Direction Générale de la Prévention des Risques (MEEM/DGPR) – Ministère de l'écologie de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire – France

Les dunes côtières sont des corps sédimentaires caractéristiques des côtes meubles sableuses. Dans un contexte d'érosion des littoraux, l'évolution du pied de dune est souvent le marqueur privilégié du recul du trait de côte. Pour assurer la mise en sécurité des personnes et des biens, les risques associés aux phénomènes d'érosions littorales sont pris en compte par les autorités dans le cadre des Plans de Prévention des Risques Littoraux (PPRL). A la suite des phénomènes catastrophiques survenus lors de la tempête Xynthia (2010), des dispositions ont été prises pour revoir, améliorer et compléter les PPRL.
L'érosion des côtes meubles est considérée par le nouveau guide méthodologique pour les plans de prévention des risques littoraux (MEDDE, 2014) comme un aléa fort dans une zone de recul du trait de côte à 100 ans. Ce recul correspond à une évolution sur le long terme du trait de côte, observable à l'échelle de plusieurs décennies. Mais, dans le cas des côtes sableuses, la variabilité interannuelle peut être forte et rendre difficile l'observation d'évolutions claires du trait de côte sur le long terme, de plus, l'impact d'un évènement tempétueux majeur ou d'une série de tempêtes rapprochées (comme durant l'hiver 2013-2014) peut modifier considérablement les tendances locales. Ainsi dans la nouvelle démarche des PPRL, la largeur de la zone d'aléa à 100 ans est caractérisée par la prise en compte du taux de recul moyen annuel (Tx) et d'un paramètre Lmax, correspondant à la valeur du recul du trait de côte consécutif à un évènement tempétueux majeur.
En partenariat avec la Direction Générale des Risques et Prévention du MEEM, le BRGM réalise un travail méthodologique sur la détermination de ce paramètre Lmax pour les secteurs de dunes littorales. Dans un premier temps, ce paramètre peut être estimé par le recueil d'informations liées à des évènements historiques, mais des mesures plus spécifiques réalisées " post-tempête " sur le haut de plage et le front dunaire apparaissent également indispensables. En l'absence d'observations ou de mesures dans les bassins de risques, la mise au point de formules empiriques peut constituer une alternative, comme cela est réalisé aux Etats-Unis (méthode FEMA), sur la base de nombreuses observation de terrain, et aux Pays-Bas, à partir d'expériences en canal à houle (méthode DUROS). Les perspectives d'utilisation de modèles morphodynamiques spécifiques (XBeach) sont également envisagées.

Mots-Clés: érosion, recul du trait de côte, PPRL, dune, côte sableuses

Evolution holocène de l'estuaire de la Maye (secteur de Rue, Picardie, France) et implications sur l'occupation humaine

Stéphane Desruelles*[1], Matthieu Ghilardi[2], Christophe Cloquier[3], Doriane Delanghe[2], David Psomiadis[2], Daniel Hermitte[2], Jean-Claude Parisot[2], Jean-Marc Hoeblich[4]

[1] Espaces, Nature et Culture (ENEC) – CNRS : UMR8185, Univ. Paris IV - Paris Sorbonne – 190-198 avenue de France, 75244 Paris Cedex 13, France
[2] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., INSU, IRD, CNRS : UMR7330 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[3] Lab. de Médiévistique Occidentale de Paris (LAMOP) – CNRS : UMR8589, Univ. Paris I - Panthéon-Sorbonne – 17 rue de la Sorbonne 75005 Paris, France
[4] Dpt. de Géographie – Univ. Picardie Jules Verne – Chemin du Thil, 80025 Amiens Cedex 1, France
@ : stephanedesruelles@gmail.com

Cette communication présente une reconstitution de l'évolution holocène de la ligne de rivage de l'estuaire de la Maye (dans le secteur de Rue, au Sud du Marquenterre) ainsi que des informations nouvelles sur la configuration de ses ressources et de ses paysages côtiers depuis le Moyen-Âge. Les données présentées ont été acquises dans le cadre du programme *PaleoportRue*, soutenu par le conseil régional de Picardie entre 2011 et 2014, en adoptant une approche géoarchéologique. Des moyens d'investigation de terrain, associant une étude de géophysique (8 profils de tomographie de résistivité électrique) et 8 carottages (par vibro-percussion) réalisés à l'ouest de Rue, ont été mis en œuvre parallèlement à l'exégèse de sources documentaires manuscrites et imprimées (figurées ou non figurées).
De nos jours, la ville de Rue est située à environ 7 km du trait de côte, au cœur de la plaine maritime picarde. Cependant, selon différentes sources historiques, elle était lors de son édification à l'époque gallo-romaine et jusqu'au Moyen-Âge, l'un des principaux ports maritimes de la côte picarde. Bâtie sur un îlot de galets d'âge pléistocène (localement appelé " foraine "), à l'embouchure de la Maye, Rue devait bénéficier d'un accès direct à la mer et au fleuve pour la pratique de la pêche et le transport des denrées.
L'analyse sédimentologique en laboratoire des carottages (mesures de granulométrie LASER et de perte au feu, réalisées au CEREGE, et 20 datations par le radiocarbone) a permis de distinguer quatre unités sédimentaires principales au-dessus des " cailloutis " pléistocènes : i) des dépôts marins datant de la fin du 3e millénaire av. J. C., ii) une formation tourbeuse qui s'est développée aux 2e et 3e millénaires av. J. C., iii) des sédiments littoraux qui se sont déposés jusqu'au XIIIe siècle et iv) des remblais modernes. Le croisement des données sédimentologiques, géophysiques et documentaires amène à proposer une évolution originale de l'estuaire de la Maye au cours des 3 derniers millénaires : vers 1000 av. J. C., la " foraine " de Rue était bordée de vallons marécageux et tourbeux, puis, durant l'âge du fer, l'estran était très probablement proche de la " foraine " de Rue. Enfin, durant le Moyen-Âge classique (XIe-XIIIe siècles), le chenal d'écoulement permettant l'accès maritime au port de Rue devait être réduit dans un estuaire ensablé.
L'étude des documents issus d'archive apporte des éléments de discussion, notamment sur les ressources locales et les échanges commerciaux. Elle indique par exemple l'exploitation de salines du XIe siècle au XIIIe siècle, dont la localisation précise reste à établir, sans doute sur l'estran.

Mots-Clés: littoral, Holocène, plaine maritime picarde, Marquenterre, géoarchéologie, géomorphologie

Rétrodiction, démarche historique et récits de vulgarisation dans le discours des médiateurs-géologues " sur le terrain "

François Dessart*[1]

[1] Sciences et Société ; Historicité, Éducation et Pratiques (EA S2HEP) – École Normale Supérieure (ENS) - Lyon, Univ. Claude Bernard - Lyon I (UCBL) : EA4148 – Bâtiment " La Pagode" - 38 Boulevard Niels Bohr - Campus de la DOUA Univ. Claude Bernard Lyon 1 43, Boulevard du 11 Novembre 1918 69622 Villeurbanne Cedex, France

Nos recherches portent sur des sorties géo-touristiques de terrain avec des publics profanes. Les médiateurs qui encadrent ces sorties convoquent assez naturellement le récit afin de rendre compte des événements du passé (Gould, 1989) en reconstituant l'histoire selon un déroulement temporel linéaire (Gohau, 2003). Dans ces situations d'éducation non-formelle le médiateur mobilise souvent des démarches stéréotypées, perçues comme scientifiques, mais centrées sur des explications qui mobilisent des phénomènes et non des événements. Or ces démarches, qui utilisent des modèles fonctionnalistes, relèvent davantage de l'explication mécaniste que de l'histoire.
La mobilisation du récit (Bruner, 2002) comme outil de vulgarisation (Charaudeau, 2008) permet au médiateur de captiver son public autour d'une intrigue (Ibid, 2008) qui, en stimulant les questionnements, joue un double rôle : organiser les événements (Ricœur, 1984) et construire l'explication historique. Par une démarche d'enquête elle reconstitue les événements dans un ordre chronologique et cohérent. Cette cohérence se construit sur une lecture rétrodictive (Gould, 1989), à la recherche des conditions de possibilité des événements (Orange Ravachol, 2012). Mais sur le terrain, l'actualisme (Gohau, 2003), principe méthodologique majeur de la géologie fonctionnaliste, parvient vite à ses limites. Les événements doivent se construire alors comme nécessaires (Orange Ravachol, 2012).
Nous souhaitons montrer que ce sont surtout des " bonds en arrière ", qui " singent " l'actualisme, qui sont utilisés au sein des récits et non de véritables rétrodictions qui questionnent les événements dans leurs conditions de possibilité et leur contingence.

Bruner, J. S. (2002). *Pourquoi nous racontons-nous des histoires ?* Paris : Retz.
Charaudeau, P. (2008). De la situation et du contrat de communication. In *La médiatisation de la science* (pp. 11–22). Paris : De Boeck.
Gould, S. J. (1989). *La vie est belle*. Paris : Seuil.
Gohau, G. (2003). Naissance de la géologie historique: la terre, des "théories" à l'histoire. Paris: Vuibert : ADAPT-SNES.
Orange-Ravachol, D. (2012). *Didactique des sciences de la Vie et de la Terre* Rennes : PUR
Ricoeur, P. (1984). *Temps et récit 2 : La configuration dans le récit de fiction* Paris : Seuil.

Mots-Clés: rétrodiction, médiation, phénomène, événement, récit

Érymides (Crustacea : Decapoda) du Crétacé inférieur de France

Julien Devillez*[1], Sylvain Charbonnier[1], Lucien Leroy

[1] Centre de recherche sur la Paléobiodiversité et les Paléoenvironnements (CR2P) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7207, Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) – 8 rue Buffon, CP 38, France

Les érymides (Crustacea, Decapoda, Erymidae) sont relativement courants et abondants dans les formations jurassiques (*ca* 70 espèces) mais sont beaucoup moins courants dans le Crétacé inférieur où une vingtaine d'espèces sont recensées en Europe, en Amérique du Nord, en Amérique du Sud, en Australie, en Antarctique, au Japon et à Madagascar. Une révision des neufs espèces d'érymides du Crétacé inférieur de France est ici présentée. Basés sur de nouvelles observations, les concepts de plusieurs genres sont actualisés et de nouvelles diagnoses sont proposées pour *Eryma* Meyer, 1840, *Enoploclytia* M'Coy, 1849, *Palaeastacus* Bell, 1850, *Pustulina* Quenstedt, 1857, et *Stenodactylina* Beurlen, 1928, incluant le tracé des sillons de la carapace, la première paire de péréiopodes et aussi une nouvelle structure –la zone post-orbitaire– située à l'avant de la région céphalique. Le nouveau genre *Tethysastacus* est établi sur la base de son très simple réseau de sillons en comparaison de ceux des genres précédents et inclus *Tethysastacus tithonius* (Van Straelen, 1936) n. comb. (Valanginian, France) comme espèce type. Quatre nouvelles espèces françaises sont aussi décrites: *Eryma vocontii* n. sp. (Albien) qui étend la distribution stratigraphique du genre *Eryma* jusqu'à l'Albien, *Pustulina occitana* n. sp. (Berriasien), *Pustulina colossea* n. sp. (Hauterivien) et *Enoploclytia augustobonae* n. sp. (Barremien) qui s'avère être la plus vieille espèce d'*Enoploclytia* connue.

Mots-Clés: Crustacés, Décapodes, Erymidae, Crétacé inférieur, Téthys, France

Pouvoirs et échanges de matériaux à la fin du premier âge du Fer : apports des approches isotopiques et élémentaires à la compréhension des sociétés anciennes

Alexandre Disser*[1], Sylvain Bauvais[1], Philippe Dillmann[1], Stéphanie Leroy[1], Michael Brauns[2], Roland Schwab[2]

[1] Lab. Archéomatériaux et Prévision de l'Altération – CEA, CNRS : UMR3685 – LAPA, DSM/IRAMIS, 91191 Gif sur Yvette Cedex, France
[2] Curt-Engelhorn-Zentrum Archäometrie gGmbH – D6, 3 und C4, 8 68159 Mannheim, Allemagne

Le contrôle des moyens de production et de commercialisation du fer est traditionnellement considéré comme l'un des principaux facteurs ayant favorisé le développement des sociétés celtiques du complexe nord-alpin (recouvrant globalement les territoires de la Suisse, du sud de l'Allemagne et du nord-est de la France) au cours de la fin du premier Age du Fer (VIe-Ve s. av. J-C). Néanmoins, la rareté des témoins immobiliers de ces activités (ateliers,...) ne permet pas de bien caractériser ce phénomène. Une étude archéométrique (programme ANR CIPIA) a ainsi été menée sur le métal en circulation à cette époque afin de déterminer l'extension des circuits commerciaux, et d'identifier le cas échéant les centres sidérurgiques susceptibles de les avoir alimentés.

Un référentiel permettant de définir les signatures chimiques caractéristiques des secteurs de production sidérurgique a été constitué. Des campagnes de prospection ont été réalisées dans l'est de la France et le sud de l'Allemagne afin de récolter des échantillons de minerai de fer et de scories métallurgiques. Les signatures chimiques ont été définies à partir des rapports isotopiques de l'osmium, ainsi que des rapports élémentaires impliquant principalement les terres rares de la série des lanthanides. Une trentaine d'artefacts métalliques ont également été caractérisés chimiquement. Une démarche multivariée inférentielle a été mise en place afin d'établir d'éventuelles compatibilités chimiques entre le métal en circulation et les secteurs de production sidérurgiques.

Les résultats obtenus renouvellent sensiblement notre perception de l'économie de la fin du premier âge du Fer, par la mise en évidence de réseaux commerciaux montrant une complexité insoupçonnée au sein du complexe Nord-Alpin. Ils alimentent également les discussions menées autour des systèmes économiques constitués à cette époque à l'échelle européenne.

Mots-Clés: métallurgie du fer, Âge du Fer, provenance

Hamiltonian Monte Carlo algorithm for hydraulic conductivity imaging from the heat tracer experimental data

Abdoulazizi Djibrilla Saley*[1], Abderrahim Jardani[1], Raphael Antoine[2], Jean-Paul Dupont[1]

[1] Morphodynamique continentale et côtière (M2C) – Normandie Univ – UNIROUEN – UNICAEN – CNRS : UMR 6143 – 76000 Rouen, France
[2] CEREMA Normandie-Centre – chemin de la poudrière 76120 Grand-Quevilly, France
@ : abdoulazizi.djibrilla-saley1@univ-rouen.fr

Estimating spatial distributions of hydraulic conductivity in heterogeneous aquifers has always been an important and challenging task in subsurface hydrology. Generally, the hydraulic conductivity field is determined from hydraulic head or pressure measurements. In the present study, we propose to use temperature data as source of information for characterizing spatial distributions of the hydraulic conductivity field. In this way, we have conducted a laboratory sandbox experiment to carry out a thermal monitoring experiment in order to image the heterogeneities of the hydraulic conductivity field. During the laboratory experiment, we injected a hot water pulse, which causes a heat plume in the sandbox. After acquisitions of temperature data, we perform a hydraulic tomography using the stochastic Hybrid Monte Carlo approach, also called the Hamiltonian Mont Carlo (HMC) algorithm. This algorithm is based on a combination of the Metropolis Monte Carlo method and the Hamiltonian dynamics approach. We combined it with the Karhunen-Loève (KL) expansion, which is used as parameterization technique for dimensionality reduction. Our approach allowed for successfully reconstructing the hydraulic conductivity field and thus with a low computational effort.

Mots-Clés: hydraulic conductivity, heat transport, Hamiltonian Monte Carlo, Metropolis Monte Carlo, Karhunen-Loève expansion

Potentialité des isotopes du Ni comme traceur de source dans les sédiments de rivière

Shuofei Dong, Christophe Cloquet*[1], Emmanuelle Montargès-Pelletier[2], Isabella Zelano[3,4]

[1] CRPG – CNRS : UMR7358, Univ. Lorraine – 15 rue Notre Dame des Pauvres 54501 Vandœuvre-lès-Nancy, France
[2] Lab. Interdisciplinaire des Environnements Continentaux - LIEC (Vandoeuvre-Les-Nancy, France) (LIEC) – Univ. Lorraine : EA(FRANCE) – 15 Avenue du Charmois 54500 Vandoeuvre lès Nancy, France
[3] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – Institut de Physique du Globe de Paris – IPGP, 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05 ; Univ. Paris Diderot, France
[4] Univeristà degli Studi di Torino – Via Pietro Giuria 5, 10125 Torino, Italie
@ : sdong@crpg.cnrs-nancy.fr

Ces dernières années, des mesures à haute précision des isotopes stables du Nickel (Ni) dans les roches, les rivières, l'eau de mer et les sédiments ont été réalisées, révélant des variations relativement importantes. Récemment, le fractionnement de la composition isotopique du Ni pendant le processus de transformation des minerais a été mis en évidence montrant des résidus isotopiquement plus lourd que le matériel original. Ces études démontre le potentiel des isotopes du Ni pour le traçage de source anthropique dans l'environnement.
Compte tenu que la pollution des rivières pose de sérieux problèmes environnementaux, il est très important de comprendre l'origine des pollutions et leur devenir. En conséquence cette étude s'attache à déterminer la composition isotopique du Ni de deux carottes de sédiments de rivière fortement impacté par les activités anthropiques dans le nord-est de la France et leur origine.
Nous observons que la valeur du d60/58NiNIST986 des sédiments de surface et des matières en suspension varie de 0.15 ±0.04‰ à -0.04 ±0.04‰. Dans les sédiments de la carotte, une signature isotopique du Ni significativement différente est observée avec des valeurs allant de -0.09‰ à -0.53‰ en terme de d60/58NiNIST986 moyennant autour de -0.36‰. Aux alentours, les poussières de sol naturelles, les résidus d'activité industrielle passée peuvent expliquer le changement de la composition isotopique. En couplant les isotopes du Ni avec ceux du Pb une contrainte supplémentaire est apportée sur l'origine des source de pollution actuelles et passées.

Mots-Clés: Ni, isotopes, pollution, anthropique, traçage de source

Etude détaillée de la transition glaciaire/Holocène (Terminaison I) par l'analyse des éléments en trace dans une stalagmite du SE de la France

Laurine Drugat*[1], Edwige Pons-Branchu[1], Eric Douville[1], Lorna Foliot[1], Matthieu Roy-Barman[1]

[1] Lab. des Sciences du Climat et de l'Environnement [Gif-sur-Yvette] (LSCE) – Univ. Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ), CEA, CNRS : UMR8212 – Bât 12, avenue de la Terrasse, 91198 Gif-sur-Yvette, France

Les spéléothèmes constituent une source d'information sur les variations climatiques en milieu continental de première importance.
La transition entre la dernière glaciation et le début de l'Holocène est une période clé pour la connaissance des variations climatiques passées et futures
La stalagmite Salam_3 présentée dans cette étude, provient de la grotte de la Salamandre dans le département du Gard. L'un des intérêts de cette stalagmite est qu'elle provient d'une grotte du située à environ 80 kilomètres de la côte Méditerranéenne, à 44 degrés de latitude. Or cette zone est particulièrement intéressante pour étudier les changements de circulation atmosphérique entre les basses et les hautes latitudes (Magny et al 2013). En effet, des études multi-proxis (étude pollinique : de Beaulieu et al., 2005, études sur la fluctuation des niveaux de lacs : Harrison and Digerfeldt, 1993; Giraudi, 1998) ont montré qu'autour de la latitude 40°, un clivage du système climatique existait. Or ces auteurs soulèvent la nécessité d'une recherche approfondie de cette limite latitudinale du climat Méditerranéen.
Des mesures U-Th ont été effectuées à l'aide d'un spectromètre Thermo Neptune, à plasma multi collecteur à couplage inductif (MC-ICP-MS) afin de situer chronologiquement cette stalagmite. La correction des âges utilisée ici est l'approche " stratigraphique " qui permet de la contraindre la fraction détritique, ici relativement importante, sans utiliser de valeur crustale moyenne qui génère une grande incertitude sur les corrections effectuées. Les résultats ont permis de cadrer sa période de croissance à la transition Younger Dryas - Holocène.
De plus, des datations 14C effectuées ont permis de contraindre en plusieurs points la proportion de carbone mort, qui est liée au mode d'interaction eau/roche mais aussi à l'épaisseur du sol, et de valider la chronologie établie.
Ce carbone mort est dans le cas présent très faible, témoignant de temps d'interaction eau/roche court.
La reconstitution des variations paléoclimatiques et environnementales est ici effectuée par l'analyse des éléments traces. Celles-ci, couplées avec la variation du d234U et de la proportion de carbone mort permettent d'obtenir un enregistrement détaillé de la Terminaison I, et de mettre en évidence les variations paléo-hydrologiques au sens large (phases d'altération, variation du temps de résidence de l'eau ...) au cours de cette période climatique clé.
L'analyse des terres rares se révèle ici particulièrement pertinente.

Mots-Clés: terminaison I, spéléothèmes, éléments en trace, datation U-Th, datation 14C

Quantification et variabilité des concentrations en MES dans l'Estuaire de Seine, sur la base du réseau de mesures de turbidité (SYNAPSES)

Flavie Druine*[1], Robert Lafite[1], Julien Deloffre[1], Romaric Verney[2], Jean-Philippe Lemoine[3]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ., UNIROUEN, UNICAEN, CNRS : UMR6143, Normandie Univ – 76000 Rouen, France
[2] Lab. de Dynamique Hydro-Sédimentaire (DYNECO-DHYSED) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Pointe du Diable, 29280 Plouzané, France
[3] GIP Seine-Aval – Pôle Régional de Savoirs, 115 Boulevard de l'Europe, 76000 Rouen, France
@ : flavie.druine@etu.univ-rouen.fr

Les domaines estuariens constituent des zones complexes, confrontées à un certains nombres d'enjeux contradictoires en raison de leur position stratégique à l'interface continent/océan. La dualité de ces enjeux s'est renforcée au cours de ces dernières années en raison de l'intégration des enjeux environnementaux, nécessitant une gestion durable des estuaires. L'un des enjeux environnementaux est le rôle clé des matières en suspension (MES) dans le transport et l'accumulation des contaminants d'origine chimiques, métalliques et microbiologiques au sein des écosystèmes. Vecteur de contaminants, les MES constituent un marqueur pertinent pour le suivi de la qualité des eaux L'évaluation de ces flux de particules devient donc primordiale. Or, la quantification des flux sédimentaires requière la prise en compte des concentrations de MES dans les compartiments clés de l'estuaire et pour différentes échelles de temps (tidale à interannuelle). La principale difficulté est lié aux propriétés des MES fortement variables dans ces milieux, telles que la forme, la taille, la nature ou encore la densité des particules. Actuellement, les concentrations en MES sont généralement mesurés indirectement (turbidité) à partir de capteurs optiques et acoustiques. Ces méthodes reposent sur les propriétés de rétrodiffusion des particules en suspension, et sont fortement contrôlées par les caractéristiques des flocs. Ce projet vise ainsi *(i)* à optimiser les méthodes appliquées à la quantification des concentrations en MES en examinant la réponse des différents capteurs optiques au regard des caractéristiques des MES, *(ii)* à évaluer la variabilité des concentrations en MES (en association avec les calibrations NTU/MES) et *(iii)* à estimer les flux sédimentaires sur la section, de l'échelle de la marée à l'échelle pluriannuelle. Pour cela, des campagnes mensuelles ont été réalisés pour calibrer les mesures de turbidité (en NTU) des capteurs optiques (YSI et OBS3+) en concentrations massiques (mg/l), à l'aide de profils de turbidité *in situ* et d'échantillons d'eau collectés sur un cycle de marée (12h). Les sites d'études s'étendent du compartiment fluvial à l'embouchure de l'estuaire (incluant la zone de turbidité maximum). Ces données à haute fréquence sont comparées aux données du réseau de mesures automatisées en estuaire de Seine (SYNAPSES).

Mots-Clés: MES, turbidité, concentration massique, instrumentation optique, variabilité, réseau de mesure, Estuaire de Seine

4 à 13 millions d'années pour construire et refroidir l'intrusion composite tardi-carbonifère de Ploumanac'h (France), plus de 60, pour l'exhumer

Charlotte Dubois[1], Erwan Hallot*[1], Marc Poujol[1], Gilles Ruffet[1], Marc Jolivet[1]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, CNRS : UMR6118 – 35042 Rennes, France
@ : erwan.hallot@univ-rennes1.fr

Dans divers contextes géodynamiques, la fusion de la croûte continentale peut être induite par des intrusions répétées de magmas issus de la fusion du manteau. Pour atteindre les températures nécessaires à la fusion dans la croûte inférieure et aboutir, le processus requiert de perdurer et une fréquence soutenue des alimentations mantelliques –fréquence d'autant plus élevée que les intrusions individuelles apportant la chaleur sont de volume modéré et que l'encaissant, aux contacts, est réfractaire. Dans les niveaux plus superficiels de la croûte, et potentiellement jusqu'à la surface, des magmas d'origine mantellique –et/ou leurs produits de différenciation– peuvent ainsi venir se mettre en place les premiers et précéder l'intrusion et la cristallisation de magmas d'origine crustale –et/ou hybrides, résultats de mélanges. C'est le cas de l'intrusion composite de Ploumanac'h qui se met en place dans la croûte supérieure du Nord du Massif armoricain à la fin du Carbonifère dans un contexte méconnu. Constituée de 3 unités granitiques principales, elles-mêmes composites et successivement emboitées vers le centre, l'intrusion est emblématique (Barrière, 1976 –*thèse non publiée, Brest*). L'unité externe, la plus ancienne, renferme des faciès de granites rouges à hornblende et biotite et des gabbros. Un leucogranite à deux micas constitue l'un des faciès les plus jeunes de l'unité centrale. A partir d'échantillons sélectionnés parmi ces faciès, nous avons entrepris une étude géochronologique U-Th-Pb (zircon, monazite), 40Ar/39Ar (amphibole, muscovite, biotite) et traces de fission sur apatite. Les zircons concordants situent la cristallisation des granites rouges à 308,8 $\pm$ 2,5 Ma. Les âges U-Th-Pb sur zircon et monazite du leucogranite, respectivement à 301,3 $\pm$ 1,8 Ma et 301,1 $\pm$ 1,2 Ma, concordent dans l'erreur analytique. Ces derniers coïncident également avec la majorité des âges 40Ar/39Ar obtenus dans les deux unités ; les perturbations de spectres étant imputables aux ultimes intrusions. Enfin, les unités atteignent les profondeurs d'effacement partiel des traces de fissions (~3 km) au Trias. Nous concluons (1) que l'exhumation du système construit n'a pas été assistée par une extension régionale due à la soustraction d'un manteau lithosphérique dense pouvant engendrer une fusion mantellique, et (2) qu'auparavant, il aura fallu au minimum 4 millions d'années pour assembler et refroidir des produits issus du manteau et de la croûte, au même niveau structural.

Mots-Clés: intrusion, granite, fusion, durées, géochronologie

Caractérisation du réseau d'injectites de la formation FB1 Paléoprotérozoique du bassin de Franceville (Gabon) : impact sur les paléoenvironnements et la minéralisation en manganèse

Manon Dubois*[1], Michel Lopez[1], Beate Orberger[2], Aurélien Gay[1], Sophie Rodriguez[3], Florent Pambo[3]

[1] Géosciences Montpellier (GM) – Univ. Montpellier 2 (FRANCE) – France
[2] Lab. Geops – Univ. Paris-Saclay – France
[3] Eramet-Comilog – Moanda, Gabon

La formation FB1 (2.1 Ga) du bassin de Franceville située au sud-est du Gabon comprend une série de black shales qui porte en son sommet un intervalle carbonaté riche en manganèse constituant le protore du gisement oxydé supergène de Moanda. La partie supérieure de cette série contient aussi de rares bancs gréseux, antérieurement interprétés comme des décharges terrigènes d'origine turbiditiques. L'étude de 22 forages carottés, réalisés par Eramet-Comilog, couplée à une étude de terrain, a permis de réinterpréter une partie de ces bancs gréseux comme des intrusions formant un réseau d'injectites étendu sur une surface de 70 km^2 et qui traverse 150 m de série sédimentaire au sommet de la formation FB1. Ce réseau d'injectites est formé essentiellement de sills sub-sécants à la stratification dont l'apparence tabulaire-concordante fait qu'ils ont été interprétés par le passé comme des corps dépositionnels (Preat et al, 2011). Plus rarement, on observe aussi des dykes et des "wings" qui peuvent être connectés aux sills. Ces injectites se caractérisent par des grès à grains flottant dans soit: (1) un ciment dolomitique plus ou moins riche en Mn, ou bien (2) une matrice argileuse. A la base de la série étudiée, on observe des alternances de black shales et de lits gréseux à rides mourantes que nous avons interprétés comme des dépôts de levées turbiditiques. Ces dernières signeraient, l'existence latérale de chenaux gréseux pouvant correspondre aux corps parents des injectites. L'origine des surpressions de fluides est interprétée comme liée (1) au déséquilibre de compaction favorisé par la capacité scellante de l'encaissant et (2) à la mise en surpression des réservoirs gréseux lors de la migration du gaz biogénique depuis les black shales au début de la diagenèse d'enfouissement. Ces injectites auraient été partiellement cimentées par des carbonates plus ou moins riches en manganèse suivi d'une kaolinisation des albites et d'un chargement par les hydrocarbures pendant la thermogénèse du bassin. L'existence de carbonates riches en Mn dans le ciment des injectites soulignerait une mise en place par migration latérale depuis les black shales riches en manganèse au cours de la phase de *compaction-dewatering* du bassin; ce qui confirme le caractère synsédimentaire à précoce (anté-compaction) des carbonates de manganèse.

Mots-Clés: Bassin de Franceville, injectites, carbonate de manganèse, Paléoprotérozoique

Structure and thermicity of allochtonous units of The Pyrenean Internal Metamorphic Zone (IMZ): insights from the "Nappe des Marbres" and Agly areas

Maxime Ducoux*[1], Laurent Jolivet[1], Thierry Baudin[2], Charles Gumiaux[1], Florence Cagnard[2], Abdeltif Lahfid[2]

[1] ISTO – CNRS : UMR7327 – Univ. Orléans (ISTO) – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie 45071 Orléans Cedex 2, France
[2] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 avenue C. Guillemain- BP 36009 45060 Orléans Cedex 2, France

The Pyrenean Internal Metamorphic Zone (IMZ), which belongs to the North Pyrenean Zone (NPZ), forms a few kilometres wide strip from the Agly in the east, to the "Nappe des Marbres" in the west. The main characteristic of the IMZ is the high-temperature metamorphic event, dated between 105 and 85 Ma and resulting from the Albo-Cenomanian hyper-thinning of the continental crust.
The "Nappe des Marbres" is a sedimentary basin composed by Triassic salt and clays, Jurassic to lower Cretaceous carbonates and Albo-Cenomanian flyschs surrounded by two Variscan massifs, the Alduides in the east and the Cinco Villas in the north. It is bounded to the north by the Leitza Fault (LF) along which outcrop lherzolites, ophites and basement shreds. The "Nappe des Marbres" structure resulted from two deformation phases. The first one is extensional and associated with the coeval development of S1 ductile foliations in the Jurassic marbles along the LF associated with diapiric structures involving sedimentary series and associated ophites. The second phase is compressional and characterized by the development of a main S2 foliation that is axial plane of large E-W cylindrical folds at the basin scale. Numerous metric folds with N-S axis, localized along the LF, indicate a dextral movement.
Raman thermometry (RSCM) applied to 89 samples indicates: (1) the occurrence of temperatures above 550°C, (2) thermicity data illustrate a strong thermal contrast on either sides of the LF and (3) the presence of E-W and N-S lateral thermal gradients outlined by isotherms intersecting geological structures.
The "Nappe des Marbres" area, which is preserved of intense late compressional deformation, shows a thermal structure oblique on the main folds suggesting that the high-temperature metamorphism postdates an early salt tectonic episode. The distribution of temperature is compatible with the hyper-thinning model involving heating of the base of the Cretaceous basin by the uplifted mantle, more clearly than anywhere else in the entire IMZ and the Nappe des Marbres is an excellent positive test of this model. Combined structural and thermometric data further illustrate the NE vergence and allochthony of the "Nappe des Marbres" on the Variscan basement.
This study leads us to reconsider previous works on the IMZ thermal structure, as the whole area shows temperatures higher than 500°C, instead of the E-W gradient previously proposed. Using the Nappe des Marbres as a model, the whole IMZ can be revisited. In the eastern part of the IMZ, the Bas-Agly basin shows temperatures identical to those of Boucheville basin, suggesting that "Bas-Agly" basin is a part of the IMZ and is completely allochthonous over the Agly basement and the St-Paul-de -Fenouillet non-metamorphic basin. More generally, the relatively narrow domain of the IMZ has probably localized significant horizontal shortening during the major phase of compression and displacements are arguably important.

Mots-Clés: Pyrenees, Internal Metamorphic Zone, Nappe des Marbres basin, Agly area, Raman spectrometry, high temperature metamorphism, Leitza Fault, deformation, allochtony

Impact de la subduction de monts sous-marins sur l'érosion tectonique et la sédimentation des marges actives. Exemple de la marge en subduction d'Equateur

Camille Dufeu*[1], Jean-Noël Proust[1], Miguel Gonzalez[1], Hugo Pouderoux[1], François Michaud[2]

[1] Géosciences Rennes (GR) – CNRS : UMR6118, Univ. Rennes I – 35042 Rennes Cedex, France
[2] Géoazur – Univ. Nice Sophia Antipolis, Obs. Cote d'Azur, IRD, CNRS : UMR7329 – 250 rue Albert Einstein, Sophia Antipolis, 06560 Valbonne, France
@ : jean-noel.proust@univ-rennes1.fr

La subduction de monts sous-marins est connue pour affecter significativement les marges actives, en augmentant l'érosion tectonique. Par ailleurs, la participation des monts sous-marins à la nucléation/couplage au niveau des grands séismes de subduction est en plein débat. Des modèles analogiques ont montré les principales caractéristiques de ces phénomènes, mais peu d'études considèrent les chantiers naturels. Or, à l'aplomb des marges actives en érosion, les phénomènes d'érosion frontale sont enregistrés à différentes échelles dans les séries sédimentaires, notamment par une large gamme de dépôts gravitaires. La marge active d'Equateur, marquée par la subduction de la ride de Carnegie, un plateau volcanique de 280 km de largeur et surplombant de 2 km les plaines abyssales, est caractérisée par la subduction de nombreux monts sous-marins. La zone d'étude s'étend sur une centaine de km^2 dans le segment central de la marge. Ce segment est caractérisée par de faibles dépôts sédimentaires sur la plateforme et par la subduction de plusieurs monts sous-marins depuis environ 2 Ma. Des données de bathymétrie, de carottage et de sismique haute à très haute résolution récoltés lors de la campagne ATACAMES (2012) ont permis d'étudier la formation, l'évolution et le remplissage du bassin d'Ayampe situé sur le milieu de la pente continentale. Ce bassin correspond à un profond réentrant bathymétrique de forme circulaire probablement initié par la subduction d'un premier mont sous-marin vers 1.45 Ma. Ce bassin est caractérisé par une flexuration de la pente continentale accompagnée de failles normales et d'une tectonique gravitaire initiée par des niveaux de décollement. Le remplissage sédimentaire révèle une séquence d'évènements gravitaires qui est constituée de dépôts en masse, de débris flow, de mégaturbidites et de turbidites. L'évolution de la géométrie, de la distribution et du volume relatif des dépôts gravitaires permet de reconstituer l'évolution de leur provenance et de montrer une stabilisation de la pente continentale au cours du Pléistocène. Nous corrélons cette évolution avec la subduction successive de plusieurs reliefs sous-marins. En dehors de cette zone, le long de la marge, la sédimentation est essentiellement turbiditiques et hémipélagique. Cette étude permet de mieux comprendre la dynamique de l'érosion frontale lors de la subduction de monts sous-marins et de discuter les relations entre les mécanismes de déformation et de sédimentation le long des marges actives en subduction.

Mots-Clés: subduction, mont sous marin, érosion frontale, Equateur

Géomorphologie et évolution quaternaire des côtes à falaises de craie de Normandie : l'exemple de la plateforme littorale de Mesnil-Val/Criel-sur-Mer

Timothée Duguet*[1], Anne Duperret[1], Stéphane Costa[2], Vincent Regard[3], Grégoire Maillet[4]

[1] Lab. Ondes et Milieux Complexes (LOMC) – Normandie Univ, UNILEHAVRE, CNRS : UMR6294 – 53 rue Prony, 76600 Le Havre, France
[2] Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géophen) – Normandie Univ, UNICAEN, CNRS : UMR6554 – Esplanade de la Paix, 14000 CAEN, France
[3] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Univ. Toulouse Paul Sabatier, UPS (OMP), CNRS : UMR5563, Institut de Recherche pour le Développement - IRD – Obs. Midi-Pyrénées 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[4] Lab. des Bio-Indicateurs Actuels et Fossiles (LPG-BIAF) – Univ. Angers, CNRS : UMR6112 – 2 boulevard Lavoisier, 49045 Angers, France
@ : :timothee.duguet@etu.univ-lehavre.fr

Le littoral à falaises crayeuses de Normandie s'étend sur 120 km de long et subit de forts taux d'érosion, avec une moyenne de 15 cm/an. Les plateformes littorales se trouvent être les meilleurs témoins de cette érosion sur le long terme, i.e. le Quaternaire. Il est donc primordial de s'intéresser à leur morphologie et leur évolution pour appréhender ce phénomène.
Un MNT Terre-Mer a été produit sur le site de Mesnil-Val/Criel-sur-Mer (site d'étude du SNO DYNALIT, Seine Maritime), par fusion des données topographiques du RGE alti (IGN, Lidar aérien) et des données de bathymétrie de faible profondeur issues des campagnes à la mer CROCOLIT (Duperret, 2013) et SPLASHALIOT-02 (Maillet, 2014).
Le site est caractérisé par la présence de deux vallons secs qui viennent inciser la falaise formée dans la craie du Turonien/Coniacien. L'une des vallées est perchée à 29 m de haut, tandis que l'autre est directement connectée à la plateforme. L'analyse des bassins versants de ces deux vallées a permis de comparer leurs caractéristiques morphométriques et de définir leur état de maturité, qui ne s'avère pas être atteint à ce jour.
La plateforme littorale de Mesnil-Val/Criel-sur-Mer se distingue par sa morphologie très particulière. Elle diffère du Nord vers le Sud, en passant d'une morphologie irrégulière, marquée par des marches superposées limitées par des failles normales à une morphologie rectiligne, continue et parallèle au trait de côte actuel, sans fractures apparentes. Une marche abrupte de 2 à 3 m de haut limite systématiquement la plateforme en domaine subtidal à environ 500 m du trait de côte actuel. L'origine de cette marche distale reste à définir et sa datation à déterminer. Une déformation plissée de petite longueur d'onde (200 à 400 m) a par ailleurs été remarquée transversalement au trait de côte. Ces déformations géologiques sont à l'origine de la déviation de certains cours d'eau, comme celui de la vallée de Criel-sur-Mer.
La prolongation en mer du niveau de base du vallon de Mesnil-Val indique une ancienne position du trait de côte. Elle peut être corrélée à la variation des niveaux marins du dernier interglaciaire et aux taux d'érosion connus, sur la période contemporaine, ainsi que sur la période holocène grâce aux datations cosmogéniques du 10Be. Plusieurs hypothèses sont testées. Cependant, avant toute tentative d'élaboration d'un modèle d'érosion côtière, il est essentiel de s'interroger sur les facteurs à l'origine de la morphologie si particulière de cette plateforme : présence de vallées continentales quaternaires, contrôle tectonique, contrôle structural, hydrodynamisme marin, variation des taux d'érosion dans le temps et l'espace.

Duperret Anne (2013) CROCOLIT_LEG3 cruise, RV Haliotis, http://dx.doi.org/10.17600/13120100
Maillet Grégoire (2014) SPLASHALIOT-02 cruise, RV Haliotis, http://dx.doi.org/10.17600/14011800

Mots-Clés: érosion, côte rocheuse, falaise, plateforme littorale, bassins versants, cosmonucléides

Les "rideaux" du paysage crayeux du NW européen : un indice de tectonique active, révélé le long des falaises littorales de Picardie?

Anne Duperret*[1], Sara Vandycke[2], Jean-Pierre Colbeaux, Timothée Duguet[1], Céline Raimbault[1], Brigitte van Vliet-Lanoë[3]

[1] Lab. Ondes et Milieux Complexes (LOMC) – Normandie Univ, UNILEHAVRE, CNRS : UMR6294 – 76 058 Le Havre, France
[2] Faculté Polytechnique de Mons – 7000 Mons, Belgique
[3] Domaines Océaniques (LDO) – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS : UMR6538 – 29280 Plouzané, France

Le développement récent des LiDAR aériens et bathymétriques petits fonds permet la réalisation de MNT Terre-Mer à haute résolution, sur lesquels les structures géomorphologiques d'ordre métrique apparaissent nettement. C'est le cas de certaines structures superficielles de la craie du NW du Bassin de Paris, particulièrement bien développées sur le littoral de Picardie. Il s'agit de rides superficielles, de plusieurs dizaines de mètres de long, d'une hauteur de plusieurs mètres, formant des structures longilignes et parallèles aux pentes de vallées, appelées localement " rideaux ". Leur origine est toujours autant discutée au sein des communautés de géographie, géologie, archéologie et pédologie.
La côte à falaises de Picardie s'étend sur 6 km de long selon une orientation N55°E, orthogonale aux grandes directions structurales NW-SE du NW du bassin de Paris. Cette côte est caractérisée par deux particularités : (1) elle est recoupée par une dizaine de vallées sèches, souvent courtes et perchées, appelées localement valleuses (ou creuses), (2) A Ault, la falaise littorale s'enfonce progressivement dans le domaine continental et évolue en falaise " fossile " (sans contact direct avec la mer), pour disparaître à Saint-Valéry-sur-Somme, le long de la vallée de la Somme.
Une grande partie des vallées sèches ainsi que le versant de falaise " fossile " sont affectés par des champs de " rideaux ".
Au Bois de Cise, une dépression rectangulaire à rideaux a été observée en 3D sur le terrain, du fait de son recoupement naturel par le pan de falaise. Cette structure se révèle être un graben, contrôlé par des failles normales conjuguées, à l'aplomb desquelles se développent les rideaux. L'ensemble forme un " step-graben " composé d'un système de failles en relai et rampes, impliqué dans la couverture superficielle de loess quaternaire.
La formation et le fonctionnement des rideaux sera discuté en liaison avec le contexte tectonique (paléo-champs de contraintes), la circulation actuelle des eaux continentales dans le karst, la présence de structures d'éclatement sur les plans de failles, le rôle des processus cryogéniques durant les dernières époques glaciaires et la remobilisation des dépôts superficiels de loess.
A Ault, le champ de rideaux développé sur la falaise fossile tend à prouver l'existence d'un système fracturé en relai, développé selon un paléo-champ de contraintes extensif NW-SE. Les données de la campagne CROCOLIT-Leg1 (Duperret, 2013) réalisées sur la plateforme subtidale au large d'Ault (bathymétrie petits fonds, sismique THR Chirp) permettront de mieux définir la morphologie et la profondeur de pénétration de ce type de failles dans la craie et de répondre à la question du guidage par fractures pré-existantes de l'orientation du trait de côte picard, à échelle kilométrique.

Duperret Anne (2013) CROCOLIT_LEG1 cruise, RV Haliotis, http://dx.doi.org/10.17600/13120080 **Mots-Clés:** craie, falaise, Picardie, géomorphologie, tectonique

Le projet CROCO-DYL : Dynamique des côtes rocheuses par quantification du recul littoral court/long terme et étude comparée de côtes granitiques et crayeuses

Anne Duperret*[1], Céline Raimbault[1], Timothée Duguet[1], Bernard Le Gall[2], Christine Authemayou[2], Stéphane Molliex[2], Stéphane Costa[3], Vincent Regard[4], Grégoire Maillet[5], Robert Wyns[6]

[1] Lab. Ondes et Milieux Complexes (LOMC) – Normandie Univ, UNILEHAVRE, CNRS : UMR6294 – 53 rue de Prony, 76600 Le Havre, France
[2] Domaines Océaniques – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), IUEM, CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
[3] LETG - Géophen – Normandie Univ, UNICAEN, CNRS : UMR6554 – Esplanade de la Paix, 14000 Caen, France
[4] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[5] Lab. des Bio-Indicateurs Actuels et Fossiles (BIAF Angers) – Univ. Angers – 2 boulevard Lavoisier, 49045 Angers Cedex 01, France
[6] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – France

Le projet CROCO-DYL est dédié à l'évolution du trait de côte rocheux à l'échelle du Quaternaire, et en particulier à l'évolution au cours du temps du positionnement de la limite falaise/plateforme littorale rocheuse. Deux sites littoraux à caractéristiques géologiques et océanographiques différentes ont été sélectionnés sur la façade maritime française, pour permettre un comparatif de situations. Il s'agit d'une côte jeune (Manche orientale, Normandie) à hautes falaises verticales creusées dans la craie du Bassin de Paris et développant des plateformes littorales de type A (site de Mesnil-Val, Criel-Sur-Mer) et d'une côte ancienne (Atlantique, Bretagne, sud Finistère) à côte rocheuse basse, développée aux dépens de granites hercyniens du Massif Armoricain et associées à des plateformes littorales de type B (site de Penmarc'h).
La méthodologie mise en oeuvre est basée sur la constitution de MNT Terre-Mer à haute définition fusionnant des données topographiques de LiDAR aérien (RGE Alti, Litto3D) à des données acoustiques sous-marines petits fonds (écho-sondeur interférométrique et sondeur multi-faisceaux) issues de plusieurs campagnes océanographiques côtières. L'analyse géomorphologique de ces MNT haute-résolution révèle une grande diversité de plateformes littorales dont l'origine est attribuée à la variabilité des processus érosifs, eux-mêmes fonction du contexte géologique et structural des sites étudiés.
L'utilisation de radio-isotopes du béryllium, le Be10, produits lors de l'exposition de la roche au rayonnement cosmique, a permis de mieux dater les périodes d'émersion et de dénudation des plateformes littorales et de mieux contraindre leur période de formation. Pour la côte bretonne, le modèle d'évolution proposé révèle une érosion saccadée, active sur une dizaine de mètres d'épaisseur durant les hauts niveaux marins du Pléistocène et favorisant le déblaiement vertical par purge eustatique de roches initialement altérées et arénisées durant le Cénozoïque. La couverture d'altérites ayant été déblayée au Pléistocène à la faveur de deux niveaux marins interglaciaires, la position actuelle du trait de côte évolue essentiellement sous l'effet des variations eustatiques pléistocène, peu perceptibles à l'échelle contemporaine.
Le processus d'érosion à l'origine des côtes de craie de Normandie est très actif en terme de recul dans le plan horizontal et remarquable à l'échelle contemporaine du fait de grandes vitesses d'érosion (plusieurs dm/an). Les morphologies repérées sur la plateforme littorale apparaissent comme étant héritées du dernier interglaciaire, mais des datations complémentaires nécessitent d'être encore produites.

Mots-Clés: plateforme littorale, côte crayeuse, côte granitique, taux d'érosion

Thousands of submarine microbial methane escapes at the Aquitaine Shelf (Bay of Biscay)

Stéphanie Dupré*[1], Benoît Loubrieu[1], Carla Scalabrin[1], Emeric Gautier[1], Livio Ruffine[1], Catherine Pierre[2], Anne Battani[3], Guillaume Michel[1], Naig Le Bouffant[4], Laurent Berger[4]

[1] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Unité Géosciences Marines – France
[2] Lab. d'Océanographie et du Climat : Expérimentations et Approches Numériques (LOCEAN) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7159, INSU – France
[3] IFP Energies Nouvelles – IFP Energies Nouvelles – France
[4] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Unité Navires et Systèmes Embarqués – France
@ : stephanie.dupre@ifremer.fr

The recent identification of acoustic (Dupré et al. 2014) and visual gas release in the water column at the Aquitaine Shelf led to the discovery of a 200 km^2 fluid system with 3000 bubbling sites associated to microbial methane escapes (Ruffine et al. 2014) and the formation of methane derived authigenic carbonates (Pierre et al. 2014). This active microbial gas system is exclusively located at the present-day shelf edge between 140 and 220 m water depths, and has no genetic link with thermogenic gases from the Parentis Basin beneath, neither originated from gas hydrates, but originates from CO_2 reduction as shown by gas geochemistry. The moderate methane fluxes (measured in situ, in average 200 mLn/min per bubbling site) contribute to the formation, and only, of small-scale sub-circular carbonate mounds (on average with reliefs $<$ 1 m in height). No pockmarks scatter the seafloor there. Based on estimated thickness and growth rate of carbonates, the system has been lasting for at least since several tens to possibly hundreds of kyears with a volume of escaping methane reaching 3.1012 Ln/10 kyr.
The GAZCOGNE project is co-funded by TOTAL and IFREMER as part of the PAMELA (Passive Margin Exploration Laboratories) scientific project.

References

Dupré S, Berger L, Le Bouffant N, Scalabrin C, Bourillet J-F (2014) Fluid emissions at the Aquitaine Shelf (Bay of Biscay, France): A biogenic origin or the expression of hydrocarbon leakage? Continental Shelf Research 88:24-33. doi:10.1016/j.csr.2014.07.004

Pierre C, Blanc-Valleron M-M, Dupré S (2014) Methane derived authigenic carbonates from the upper continental margin of the Bay of Biscay (France). AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, December 2014. https://agu.confex.com/agu/fm14/meetingapp.cgi#Paper/7845.

Ruffine L, Donval J-P, Battani A, Bignon L, Croguennec C, Caprais JC, Birot D, Bayon G, Lantéri N, Levaché D, Dupré S (2014) Natural gas seepage along the edge of the Aquitaine Shelf (France): Origin and flux measurements. AGU Fall Meeting, San Francisco, USA, December 2014. https://agu.confex.com/agu/fm14/meetingapp.cgi#Paper/7420.

Mots-Clés: Aquitaine Shelf, biogenic methane, methane derived authigenic carbonates, gas bubbling, gas flux

Dynamique hydro-sédimentaire de l'estuaire aval de la Loire depuis 6 000 ans BP : apport de la micropaléontologie

Matthieu Durand*[1], Meryem Mojtahid[1], Grégoire Maillet[1], Hélène Howa[1]

[1] Lab. des Bio-Indicateurs Actuels et Fossiles (LPG-BIAF) – Univ. Angers, UMR CNRS 6112 – 2, Bd Lavoisier 49045 Cedex 01 Angers, France

L'analyse sédimentologique d'un ensemble de carottes de 5-6 m de long, combinée à l'étude des faunes de foraminifères benthiques, a permis de distinguer trois grandes périodes (depuis ≈ 6000 ans BP) dans la dynamique hydro-sédimentaire de l'estuaire aval de la Loire. (1) De ~ 6,0 à ~ 2,5 ka BP (ralentissement de la transgression holocène), la Loire s'ouvre sur l'océan par une grande baie très indentée, avec de multiples connexions à la mer, qui s'étend sur l'ensemble de la plaine d'inondation actuelle. Elle est colonisée par des foraminifères typiques des estuaires externes, signalant une influence marine franche. Des rythmites silto-argileuses sont enregistrées sur les flancs abrités des barres sableuses tidales. De nombreux dépôts de crues de ~ 5,4 à ~ 4.0 kyrs BP, identifiés sur les barres tidales, indiquent la prédominance de conditions climatiques humides dans l'arrière-pays, cohérentes avec l'état positif de la NAO au cours de cette période. (2) De ~ 2,5 ka BP à ~ 1850 AD, (niveau de la mer stabilisé autour de sa valeur actuelle), la baie pré-existante se comble progressivement par le développement de vasières latérales, avec des accumulations de sédiments fins et riches en matière organique, et le creusement d'un chenal principal profond dans la partie sud de l'estuaire actuel. Au sein de la sédimentation homogène des vasières, les foraminifères benthiques montrent une augmentation des espèces typiques d'environnement marin franc ouvert. Ces espèces, provenant du plateau continental adjacent, sont transportées dans l'estuaire par des courants entrants dont le renforcement est dû à la chenalisation de l'estuaire jusqu'à son embouchure actuelle. A la fin de cette période, la dominance des espèces autochthones de vasières intertidales indique la stabilisation de l'environnement dans sa configuration actuelle. (3) Depuis 1850 AD, les activités anthropiques ont progressivement modifié le paysage de l'estuaire aval de la Loire, avec une poldérisation des vasières et le creusement du chenal de navigation le long de la rive droite, provoquant un comblement accéléré de l'intérieur du méandre en rive gauche.

Mots-Clés: Estuaire de la Loire, palèoenvironnement holocène, faciès sédimentaires estuariens, Foraminifères benthiques, variations du niveau marin

Coastal cliff top ground motions and wave-cliff interactions, field observations from Northern Finistère

Claire Earlie*[1], Nicolas Le Dantec[1,2], Adam Young, France Floc'h[1], Pauline Letortu[3], Marion Jaud[1], Emmanuel Augereau[1]

[1] Domaines Océaniques – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), Observatoire des Sciences de l'Univers, CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
[2] Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) – Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie – 4 rue de Beauvais, 60280 Margny Lès Compiègne, France
[3] Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géomer) – CNRS : UMR6554, Univ. Bretagne Occidentale (UBO) – Place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané, France

Coastal cliff erosion is a widespread problem that threatens property and infrastructure globally. Over the last decade, a number of geomorphological studies have highlighted the importance of the relationship between the offshore wave climate and cliff-toe water levels, and the resultant response of cliffs in terms of cliff-top ground motion and subsequent erosion. Real-time nearshore hydrodynamic data and beach topographic data (beach slope and beach-cliff junction elevation) are necessary in order to gain a more detailed understanding of this interaction, particularly under stormy conditions.
Field-based studies of instantaneous cliff response to direct wave impact have shown that wave-induced loading of the foreshore and cliff-base leads to cliff-top ground motions that have the potential to weaken the integrity of the rocks and prepare them for failure. In order to understand wave-cliff interaction and how beach morphodynamics influences cliff-top ground motion and cliff erosion, a field experiment was carried out during the winter of 2016 at two locations in Northern Brittany (France) within close proximity to each other. This three-month long winter field campaign (Jan – Mar 2016) included, for the first time, a comparison of cliff-top ground motion response and cliff erosion, along with concurrent monitoring of hydrodynamic forcing and beach topography, simultaneously measured at sites fronted by different beach morphologies (reflective versus dissipative),
The magnitude of cliff-top displacements at both sites were highly dependent on tidal stage and free water surface elevation at the cliff toe, with the greatest contributions of cliff-top ground motions found at infragravity frequencies (0.05 – 0.005 Hz). Vertical displacements at infragravity and at incident (0.1 – 0.5 Hz) frequencies were an order of magnitude greater at the reflective site than the dissipative site, under all tidal stages and all wave conditions. Combining these wave-cliff interaction data with beach morphology and nearshore bathymetry will be key to understanding the spatial variability in cliff erosion under a variety of environmental settings and forcing conditions.

Mots-Clés: coastal cliff, erosion, microseisms, TLS, infragravity waves

Origine des déformations superficielles observées en Champagne (Aube et Marne)

Frédéric Ego*[1], Jacques Brulhet[1], Philippe Combes[2], Cédric Duvail[2], Brigitte van Vliet-Lanoë[3], Stéphane Baize[4], Isabelle Cojan[5]

[1] Service Géologie et Environnements de surface - Andra (Andra/DRD/GES) – 1-7 Rue Jean Monnet 92298 Châtenay-Malabry, France
[2] GEOTER - – Néant – 3, rue Jean Monnet 34830 Clapiers, France
[3] Domaines Océaniques (LDO) – CNRS : UMR6538 – IUEM, Place N.Copernic, 29280 Plouzané, France
[4] Institut Radioprotection Sûreté Nucléaire (IRSN - BERSSIN) – Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) – Fontenay-aux-Roses, France
[5] Centre de Géosciences (GEOSCIENCES) – MINES ParisTech - École nationale supérieure des mines de Paris – 35 rue Saint-Honoré 77305 Fontainebleau Cedex, France
@ : frédéric.ego@andra.fr

A la suite de travaux antérieurs menés en Champagne (e.g., Michel (1972), Tomasson et Michel (1989) et Baize et al. (2007)), et dans le cadre des travaux d'investigation et de reconnaissance géologiques que mène l'Andra sur la région de l'Aube, une expertise a été conduite par cette dernière sur l'origine des déformations qui affectent les formations géologiques superficielles de Champagne.
Des études de terrain menées dans les carrières et gravières des vallées de l'Aube et de la Seine (e.g., Longueville-sur-Aube, Charny,...), à distance des structures majeures (e.g. failles de Vittel et d'Omey), ont en effet considéré que les déformations généralement considérées comme d'origine climatique (structures périglaciaires, subsidence karstique,...) qui affectent les dépôts superficiels quaternaires ainsi que la partie sommitale altérée de la craie, seraient les traces de déformations néotectoniques (Coulon 1994 ; Benoit et Grisoni 1995) et d'événements sismiques de forte magnitude qui se seraient produit au cours du Pléistocène ; autant de facteurs à fort impact pour l'évaluation de l'aléa sismique par exemple sur cette région.
Dans le secteur sur lequel porte notre étude, l'absence d'indices d'activité récente sur les failles majeures (cf. Néopal et profils sismiques) est en accord avec le constat que cette partie du Bassin parisien est quasi asismique. Un seul séisme instrumental, de très faible magnitude (ML= 1,2 ; Vitry-le-François, 23 janvier 2004) a été détecté dans la région depuis le début de la surveillance, en 1961, et aucun séisme historique n'a été répertorié dans la région.
L'expertise menée sur le terrain montre que les déformations interprétées comme néotectoniques sont de taille disproportionnée en regard du contexte tectonique du Bassin parisien et s'amotissent vers la bas, en désaccord avec une déformation tectonique. D'autre part, leur distribution générale sur toute la région, sans relation évidente avec la cartographie des failles majeures, s'accorde mal avec une origine tectonique. Par contre la typologie de ces déformations, leurs dimensions et leur répartition spatiale (fonction de la lithologie et de la géomorphologie), sont en très bon accord avec les interprétations plus classiques sur leur origine climatique. Elles résulteraient en particulier du fonctionnement de thermo-karsts (champs de palses notamment) au cours des périodes froides du passé, en plus des autres structures créées sous climat de type périglaciaire, comme l'avait proposé Baize et al. en 2007.

Mots-Clés: Bassin parisien, Champagne, déformation superficielle, structure périglaciaire, néotectonique, Quaternaire

L'inventaire national du patrimoine géologique en France : État des lieux, diffusion, utilisation

Grégoire Egoroff*[1], Patrick de Wever[1], Annie Cornée[1], Arnault Lalanne[2]

[1] Muséum National d'Histoire Naturelle – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique – 43, rue Buffon 75005 Paris, France
[2] Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer (MEEM) – Ministère de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer – Bureau de la Connaissance et de la SNB, Tour Séquoia - 92055 la Défense Cedex, France

Le programme de connaissance de l'inventaire national du patrimoine géologique français aura bientôt 10 ans. Il a été instauré officiellement par la loi dite de " Démocratie de proximité " du 27 février 2002, qui, à travers l'article L.411-5 du code de l'environnement a institué l"' Inventaire du Patrimoine Naturel " sur l'ensemble du territoire. Elle énonce qu'on " entend par inventaire du patrimoine naturel l'inventaire des richesses écologiques, faunistiques, floristiques, *géologiques*, *minéralogiques* et *paléontologiques* ". Avec cette loi, la géologie, ou les " sciences géologiques ", a été ainsi clairement mentionnée pour une prise en compte dans le cadre du code de l'environnement. L'État s'obligeait lui-même à faire réaliser un inventaire. Il fut officiellement lancé en 2007.
Ce grand projet national d'identification et de diffusion d'informations géologiques est mis en œuvre à l'échelle régionale. La loi impose que le Muséum national d'Histoire naturelle assure la validation scientifique nationale des informations, et leur diffusion au travers du site internet de l'INPN (Inventaire National du Patrimoine Naturel) qui est la plate-forme nationale des données biodiversité et géodiversité françaises.
À la veille du 10ème anniversaire, le bilan de ce programme ambitieux est positif : toutes les régions ont lancé leur inventaire, plusieurs ont fini la première phase et la diffusion de toutes ces données au niveau national est proche. À terme, ce programme devrait renseigner environ 3000 objets ou sites d'intérêts géologiques.
Après un bref rappel de contexte du programme, nous présenterons un état des lieux de son avancement, puis le portail de diffusion de la donnée, et nous finirons par les utilisations possibles des données d'un tel programme de connaissance, par exemple pour les Arrêtés de Protection de Géotope.

Mots-Clés: patrimoine géologique, inventaire, connaissance

Morphogénèse et dynamique sédimentaire sur le littoral rocheux du Léon – Interactions socle-sédiment

Axel Ehrhold*[1], Nicolas Le Dantec[2,3], Pascal Le Roy[3], Marcaurelio Franzetti, Bernard Le Gall[3], Laure Simplet[1], Margot Courtillat, Clémence Chabrol, Emeric Gautier[1]

[1] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Lab. de Géodynamique et Enregistrements Sédimentaires (REM/GM/LGS) – ZI pointe du Diable CS 10070 29280 Plouzané, France
[2] Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) – Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie – CEREMA - DTecEMF/DS 134 rue de Beauvais - CS 60039 60280 Margny Lès Compiègne, France
[3] Domaines Océaniques – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), Institut d'écologie et environnement, INSU, Observatoire des Sciences de l'Univers, CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
@ : axel.ehrhold@ifremer.fr

Les côtes rocheuses qui constituent le littoral du pays Léonard à l'entrée de la Manche sont balayées par les puissants courants de marée qui se mettent en place en Manche et par les épisodes de tempêtes océaniques de régime ouest. Cette portion de côte s'établit entre l'archipel de Molène à l'ouest jusqu'à la limite de la baie de Lannion à l'est, soit sur un linéaire de plus de 150 km. Elle était jusqu'à présent mal connue, en raison de son accès difficile à la navigation. Dans ce contexte de plateforme sous-alimentée en apports sédimentaires, la morphologie sous-marine, héritée du bâti hercynien, a joué un rôle déterminant dans la construction du prisme sédimentaire à la côte et dans son évolution actuelle depuis la dernière remontée du niveau marin. Plusieurs régions de ce littoral ont été explorées au cours des dernières années, parfois à plusieurs reprises, avec 1) des moyens acoustiques hautes résolutions, 2) des données Litto3D Finistère complétées par 3) un échantillonnage dense de sédiments. D'ouest en est, l'archipel de Molène, le banc du Four, la région des abers, la baie de Morlaix, le plateau de la Méloine et la baie de Lannion font partie de cette province géomorphologique qui se prolonge jusqu'à 80 m de profondeur en Manche. Dans ce dédale de compartiments, il faut différencier les archipels (Molène et Méloine), des zones ouvertes au large (Four), des baies (Morlaix, Lannion) et des rias (Abers). Chaque compartiment a son propre fonctionnement hydro-sédimentaire, complexe, illustré par la construction et la dynamique très rapide de corps sédimentaires pluri-décamétriques à hectométriques (dunes hydrauliques, barres sableuses), contrastant avec celle des corps sédimentaires plus profonds, qui semblent hérités de phases de construction anciennes pendant les périodes de ralentissement de la remontée du niveau marin. Cependant, des connexions se dessinent entre ces systèmes permettant d'appréhender le fonctionnement de la province sédimentaire léonarde dans sa globalité.

Mots-Clés: côte léonarde, socle rocheux, dynamique sédimentaire, figures sédimentaires, niveau marin, courants, houle

Mineralogy, fluid inclusion and geochemistry studies of the Roc Blanc Ag-Pb-Zn-(Cu-Sb) Deposit, Jebilet Massif, Variscan Belt, Morocco: Implications for ore genesis and exploration

Amal El Arbaoui*[1], Amina Wafik, Abderrahim Essaifi, Lhou Maacha

[1] Laboratory of Lithosphere Dynamics and Genesis of Mineral and Energy Resources (DLGR), Faculty of Sciences-Semlalia, Cadi Ayyad University, Boulevard Prince My Abdellah, B.P. 2390, 40 000 Marrakech, Maroc

The Roc Blanc Ag-Pb-Zn-(Cu-Sb) vein deposit is located in the NW of Marrakech, in the central unit of the Hercynian massif of Jebilet. It is spatially related to Bramram-Tabouchennt-Bamega (BTB) granodioritic plutons (ca. 330 Ma). The main veins are hosted by black metapelites and are discontinuous along N10°E to N150°E direction. The veins are 0.3 to 0.7 m thick and their lengths reach up to 2 km. The ore mineralization occurs in banded veins breccias and crustiform, with gangue minerals composed mainly of quartz, chlorite, sericite and carbonate minerals. The ore-forming process at the deposit can be divided into two stages: an early quartz-chlorite-pyrrhotite-chalcopyrite (EI), quartz-siderite-pyrite-marcasite-arsenopyrite-sphalerite (EII) stage, and a late galena-argentiferous tetrahedrite-boulangerite-owyheeite-silver sulfides and sulfosalts-argentite-native silver (LI), quartz-chalcopyrite-ullmannite-(Ag-Sb) sulfosalts (LII), sphalerite-argentiferous tetrahedrite-quartz-calcite-dolomite (LIII) stage. Three types of fluid inclusions have been distinguished in quartz veins including (i) type 1 which is however a liquid-rich (H2O-N2-CH_4 $\pm$ CO_2-salt) while (ii) type 2 is relatively a vapor-rich (H2O-CO_2-CH_4-N2-salt), and (iii) the type 3 is composed essentially of two phases of aqueous fluid inclusions (H2O-salt). The fluid inclusions indicate the mineralizing fluids conditions ranging from 110 to 380° C with low-moderate salinity fluids 3.7-13.4 wt% NaCl equivalent. The wide range of homogenization temperatures indicates that two different fluids were trapped in quartz veins. P-T conditions of silver precipitation established in Roc Blanc are over 150 °C and pressures around ~ 1-1.2 kbar. Cooling was the dominant mechanism of silver minerals precipitation in the Roc Blanc deposit. The ore-forming fluids of the Roc Blanc deposit are generally characterized by boiling and mixing of the magmatic-metamorphic fluids with meteoric waters ultimately resulted in deposition of the Ag-Pb-Zn-(Cu-Sb) veins. Mineralogical and fluid inclusion evidence is consistent with an intermediate- to low-sulfidation meso-epithermal deposit. Two types have been identified on the basis of study on REE geochemistry: The first type characteristic to the acid volcanic rocks of the veins formation which is also a typical characteristic of Cu-Zn-Pb ore deposits. Geochemical characteristics of the second type indicate that the convective mixing of a little amount of sea water with hydrothermal fluids had happened with a lot of minerals which is not dissolved in the solvents in the residual phase. Lead isotope compositions are consistent with fluid-rock interaction that leached metals, indicating a magmatic origin for lead in the ore.

Mots-Clés: Roc Blanc Ag-Pb-Zn-(Cu-Sb) deposit, veins, fluid inclusions, meso-epithermal, Variscan, Jebilet, Morocco

Contexte géodynamique de la mise en place des filons de leucogranites intrusifs dans l'antiforme de Beni Bousera (Rif interne, Maroc)

Asmae El Bakili*[1,2], Adrien Romagny[3], Michel Corsini[1], Ahmed Chalouan[2], Jean-Marc Lardeaux[1]

[1] Géoazur – Univ. Nice Sophia Antipolis, Obs. Cote d'Azur, IRD : UR082, CNRS : UMR7329 – Bât 1, 250 rue Albert Einstein Les Lucioles 1, Sophia Antipolis 06560 Valbonne, France
[2] Univ. Mohamed V de Rabat – Avenue des Nations Unies, Agdal, Rabat, Maroc
[3] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR7327, INSU, Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie 45071 Orléans Cedex 2, France
@ : asmae.elbakili@gmail.com

Situé dans la partie interne de la chaîne du Rif correspondant à la partie marocaine du domaine d'Alboran, le massif de Béni Bousera appartient aux Sebtides inférieures. Ce massif est caractérisé par un empilement des unités crustales les plus profondes de la chaîne, dans lequel l'unité des schistes et des gneiss du Filali surmonte l'unité de Beni Bousera constituée de kinzigites et de roches ultrabasiques. L'ensemble du massif est plissé en antiforme d'axe NW-SE et recoupé par un réseau complexe de filons de leucogranites. La connaissance du contexte tectonique et de la chronologie de mise en place de ces filons est déterminante pour retracer l'évolution géodynamique de l'arc de Gibraltar et du bassin d'Alboran.
La cartographie et l'analyse tectonique détaillée des filons leucogranitiques et des failles, qui recoupent les péridotites de Beni Bousera et les unités crustales associées, montrent que leur mise en place est postérieure à l'empilement et au plissement des unités qu'ils traversent.
L'étude microtectonique des filons leucogranitiques indique qu'ils ont enregistré plusieurs évènements majeurs de l'évolution de la chaîne du Rif et du bassin d'Alboran :
- la première phase de déformation (D1) se réalise dans un contexte extensif, avec 2 systèmes de failles principales de moyen à fort pendage de direction NW-SE et NE-SW. La détermination des paléotenseurs des contraintes indique une direction de contrainte $\sigma 1$ verticale et $\sigma 3$ horizontale, orientée NNE-SSW. Cette phase d'extension contrôle la mise en place des filons granitiques. Elle est contemporaine de la fusion partielle des unités métamorphiques situées sous les péridotites de Béni Bousera (unité du Monte Hacho de Ceuta) ;
- la deuxième phase de déformation (D2) est compressive. Elle est enregistrée par le jeu de décrochements conjugués NW-SE sénestres et NE-SW dextres. Les décrochements NW-SE présentent une composante inverse et peuvent être corrélés avec les chevauchements de même orientation observés à l'échelle régionale;
- la troisième phase de déformation (D3) est également compressive. Elle fait jouer des décrochements dextres à composante inverse d'orientation NW-SE et des décrochements sénestres, orientés NE-SW. La détermination des paléotenseurs des contraintes indique une direction de contrainte $\sigma 1$ horizontale, orientée NNE-SSW et $\sigma 3$ horizontale, orientée ESE-WNW.
La phase d'extension et de mise en place des filons leucogranitiques, datée entre 22 et 20 Ma, est contemporaine de l'ouverture du bassin d'Alboran qui se réalise en contexte d'arrière-arc depuis le Miocène inférieur. Les deux phases de compression qui déforment les filons injectés pendant la première phase extensive sont attribuées au serrage de l'Arc de Gibraltar au cours du Miocène, avant le Pliocène.

Mots-Clés: rif interne, bassin d'Alboran, filons magmatiques, microtectonique

Evolution of Jurassic carbonate platform (NE Algeria)

Youcef Brahim El Hadj*[1], Mohammed Chadi, Rami Djeffal

[1] Univ. Constantine – Algérie
@ : chadi43@yahoo.fr

This study focuses on an area located at the convergence of the allochthonous and the Atlasic foreland of the Northern Algerian Alpine Belt. The objective of this work is to reconstruct the drowning history of the Jurassic carbonate shelf, and discuss its relationship with the geodynamic evolution of the Southern Tethyan margin.
The identification and interpretation of shelf drowning events can help significantly to the reconstruction of depositional, tectonics and eustatic history of these shelves.
The stratigraphic interpretation and correlation of study area Jurassic series from some cross-sections, have allowed the highlighting of the shelf physiography during this geologic period and individualizing three stratigraphic units.
The synthesis of bio-sedimentological data reveals diversified facies, involving various deposits environments ranging from supratidal to deep pelagic peleoenvironments. These facies have evolved within subsiding carbonate ramp. Thereof has experienced drowning (Toarcian) and filling (Tithonian, Berriasian) phases, in relation with the eustatic sea level changes at the global scale and regional tectonics.

Mots-Clés: Jurassic, platform, facies, drowning

Stratigraphie, Sédimentologie et Pétrogrologie des formations quaternaires (Régions de Sabadia - Al Hoceima) : Implications sur la provenance et le cadre géodynamique

Hajar El Talibi*[1], Said El Moussaoui[1], Khadija Aboumaria[1], Mohamed Najib Zaghloul[1]

[1] Univ. Abdelmalek Essaadi, Faculté des Sciences et Techniques de Tanger, Maroc

Les travaux entamés dans la région d'Al Hoceima, ont surtout concerné les terrains anté-quaternaires. Par ailleurs, les études faites sur les formations quaternaires du Rif marocain sont peu nombreuses et très limitées. Le présent travail se base sur une étude stratigraphique, sédimentologique et géochimique des formations quaternaires du littoral de " Sabadia" en vue d'une interprétation s'intégrant dans un contexte géodynamique régional. L'étude stratigraphique et sédimentologique montre que dans la région nord-ouest de la côte de Sabadia, des dépôts marins et éoliens d'âge quaternaire supérieur sont bien développés. Ils se répartissent en quatre grands lithofaciès : i) des conglomérats de base littoraux qui marquent le début d'une transgression, ii) des grès infralittoraux témoignant d'un maximum de transgression - début d'une régression, iii) une éolianite supralittorale marquant le maximum de la régression, localement bioturbées par des traces de racines. Cette succession a été tronquée par l'installation des sols rouges rubéfiés. Ces paléosols étaient élaborés pendant des phases de pédogenèse. Toutefois, les horizons rubéfiés et fossilisés dans les formations traduisent des épisodes d'arrêt de sédimentation éolienne littorale au profit de phases de pédogenèse rubéfiantes. Les encroutements calcaires sont généralement liés à l'alternance du climat humide et aride. La tendance verticale de ces formations quaternaires analysées montre différents lithofaciès avec des figures sédimentaires, représentées essentiellement par des structures généralement identifiées dans des environnements infratidaux et supratidaux. Les caractéristiques pétrologiques des arénites émanant de ces formations ont permis de distinguer deux petrofaciès: un premier sur des dépôts marins, montre une composition terrigène apparentée au groupe des litharénites ; un deuxième sur les éolianite dont les échantillons peuvent être classé comme des "Fe-Sand" Il s'agit principalement des sables riches en fer. Finalement, il s'avère que les formations quaternaires littorales de la côte de Sabadia a été soumise sous contrôle de plusieurs facteurs interactifs d'ordre climatique, tectonique et eustatique, responsables de la restructuration de l'histoire géologique de cette région au cours du Quaternaire.

Mots-Clés: sédimentologie, pétrographie, provenance, successions quaternaires, Sabadia, Al Hoceima, Maroc

Petrography of recent platform terrigenous sedimentation of the central portuguese continental margin (Western Portugal)

Hajar El Talibi*[1], Mohamed Najib Zaghloul[1], Daniela Gonçalves[2], Vitor Hugo Magalhaes[2], Luis Menezes Pinheiro[2], Khadija Aboumaria[1]

[1] Univ. Abdelmalek Essaadi, Faculté des Sciences et Techniques de Tanger, Maroc – Maroc
[2] Dep. Geociências and CESAM, Universidade de Aveiro – Portugal

Petrography and Mineralogy analysis for recent fine sediment from the Portuguese continental shelf (Barra and Stubal Canyons) are used to determine their provenance and to identify the main factors governing the sediment distribution patterns. Thirty three sand samples have been collected and examined from the continental slope and rise off the Grand Banks and from nearby seamounts.Sediments on the Portuguese shelf consist of predominantly i) carbonate-rich sands, ii) residual detritus calcareous skeletal debris of marine organisms and ii)subarkosic fluvial sand. Those petrofacies provide a variable composition and distribution; carbonate-rich sands occur over much of the outer shelf and upper slope and have an important CI (Poorly lithified intraclasts and micritic grains) and CE content, approaching "calcarenites" compositions. Whereas, the inner shelf is covered by subarkosic fluvial sand fluvial sands, derived mostly from Rio Mondego rivers drains the passive margin, This terrigenous component for all the samples result from weathering of crustal continental rocks and their sedimentary covertures transported by rivers as suspended load. Although most sediments are not in compositional equilibrium with the present-day shelf environment, there is considerable evidence to suggest that many may be in at least partial textural equilibrium. Holocene reworking has removed most fine-grained sediment, leaving only coarse to medium sand. Some fine-grained fluvial sediment escapes the estuaries and near-shore during floods and storms, but this influx is not sufficient to offset the effect of winnowing by currents and waves. A significant portion of the modern near-shore sediment, in fact, may be derived from landward transport of fine-grained sediment from the central and outer shelf. Despite the evidence of active sediment movement on the shelf, however, the net lateral transport of sand and gravel appears to be limited.Because of the lack of present-day terrigenous sedimentation, a primary source of modern shelf sediment is calcareous skeletal material. If the present-day surface were preserved in the geologic record, much of it probably would be a carbonate-rich layer, containing altered and reworked skeletal material representing a variety of depositional environments.

Mots-Clés: Western Iberian, coastal shelf, petrography, provenance, sediment distribution, Portugal

Impact des exploitations minières sur l'environnement : Cas des mines de baryte de l'Anti-Atlas oriental, Maroc

Abdelhafid Essalhi*, Mourad Essalhi[1], Abdeslam Toummite

[1] Géophysique, Géoressources et Patrimoine (ER-GGP). Dpt. de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques (FSTE Errachidia), Univ. Moulay Ismaïl – BP 509, Boutalamine, Errachidia, Maroc

L'Anti-Atlas oriental connait une activité minière très importante favorisée par l'existence d'une multitude de gisements filoniens de barytine, et l'abondance des autorisations d'exploitation artisanale.
Au cours des trois dernières décennies, la région a connu la prolifération d'une activité minière artisanale du minerai de barytine. La raison principale de cette prolifération est le fait que la commercialisation de cette substance n'exige pas de traitement couteux au préalable.
Ainsi, de nombreux gisements de type filonien ont connu et connaissent actuellement une exploitation intense et anarchique. Celle-ci se fait d'une façon très artisanale, qui n'utilise pas de techniques d'exploitation professionnelles qui permettent de préserver l'environnement et optimiser l'exploitation des corps minéralisés. Or, toute exploitation minière implique inévitablement une atteinte directe ou indirecte à l'environnement. Les exploitations de l'Anti-Atlas oriental affectent l'environnement immédiat par la déformation de sa physionomie naturelle.
De nombreux sites ont été visités dans le cadre de l'évaluation de l'impact de ces exploitations sur l'environnement naturel. Ces études ont montré que l'exploitation des caisses filoniennes se fait toujours du haut vers le bas, ce qui a pour conséquence la formation de tranchées de grandes extensions pouvant atteindre plusieurs kilomètres de long et plusieurs dizaines de mètres de profondeur. Ces tranchées sont souvent soutenues par des stots de minerai généralement de faible dimension.
Parmi les districts miniers dont l'impact de l'exploitation sur la physionomie du paysage est nettement marqué, on cite :
- le domaine de Ras Kammouna au sud de jbel Issimour ;
- le domaine de Tijjekht entre Ramlia et Jdaid ;
- le domaine de Chaib-Ras au sud de Rissani ;
- le domaine de Bouizrane au sud de Taous.
Les deux causes principales de cet impact négatif sur l'environnement sont :
- l'exploitation des caisses filoniennes qui se fait sans aucune prospection géologique préalable (cartographie, géophysique, sondages,...) ;
- l'abattage du minerai qui se fait exclusivement du haut vers le bas.
Ces deux facteurs obligent les artisans à n'exploiter que les parties superficielles visibles du filon, laissant derrière eux de longues tranchées qui défigurent le paysage naturel. Ce mode d'exploitation anarchique condamne les parties profondes des filons minéralisés.
Suite à cette étude, nous recommandons aux exploitants de la région de procéder comme suit :
- établir une étude géologique, et de prospection minière au niveau des gisements à exploiter afin d'évaluer leur potentiel minier avant tout démarrage de l'exploitation ; - suivre une méthode d'exploitation bien adaptée à la morphologie et aux différents paramètres géométriques et géotechniques du site en question ; - réhabiliter les sites miniers à la fin de leur exploitation.

Mots-Clés: exploitation, environnement, paysage naturel, Anti-Atlas oriental, barytine

Arguments minéralogiques et texturaux pour une origine métasomatique de la pyrophyllite de l'Ougnat, Anti-Atlas oriental, Maroc

Mourad Essalhi*[1], Abdelhafid Essalhi, Abdeslam Toummite

[1] Géophysique, Géoressources et Patrimoine (ER-GGP). Dpt. de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques (FSTE Errachidia), Univ. Moulay Ismaïl – BP 509, Boutalamine, Errachidia, Maroc
@ : mourad.essalhi@gmail.com

La pyrophyllite est un phyllosilicate d'aluminium de formule chimique Al2Si4O10(OH)2. Elle possède une certaine aptitude à se débiter en feuillets, d'où l'origine de son nom (de deux mots grecs = pyros : feu et phullon = feuille). La pyrophyllite, est l'équivalent alumineux du talc, formée par altération supergène ou hydrothermale de roches ignées felsiques et de schistes dérivés du métamorphisme de cendres volcaniques alumineuses. Ses propriétés physico-chimiques très proches lui confèrent des usages industriels analogues à ceux du talc.
L'Anti-Atlas marocain est riche en différents types de minéralisations comme les métaux précieux, les métaux de base et les minéraux industriels. Parmi ces derniers on trouve la pyrophyllite. A l'extrême est de l'Anti-Atlas oriental, La boutonnière précambrienne de l'Ougnat encaisse plusieurs indices et gisements de pyrophyllite au sein de terrains volcaniques d'âge néoproterozoïque. Deux gisements principaux de la boutonnière ont été étudiés, à savoir Isk n'Oudadène et Boumadine. L'observation et l'échantillonnage ont concerné différents stades d'évolution de la pyrophyllite, et ce en allant du protore rhyolitique intact à une pyrophyllite en stade avancé de maturation. Des analyses chimiques ont été réalisés auparavant et ont montré qu'il s'agit d'une pyrophyllite monoclinique qui présente une similitude géochimique avec celle Caroline du Nord, de Californie et de Japon.
Les résultats des analyses minéralogiques et texturales de la pyrophyllite et de son encaissant immédiat permettent de mettre en évidence son origine métasomatique à partir de protolites de nature le plus souvent rhyolitique. Le fluide minéralisateur a donc induit un changement de la composition chimique globale de la roche mère (rhyolite) en apportant d'autres éléments chimiques, ce qui a permis la cristallisation de la pyrophyllite de ces deux gisements. Comparée à d'autres gisements, l'origine du fluide métasomatique de notre pyrophyllite serait le granite de Mellab.

Mots-Clés: pyrophyllite, protolite, métasomatisme, rhyolite, Ougnat, Isk n'Oudadène, Boumadine

Deep structure of the Santos Basin-São Paulo Plateau System, SE Brazil

Mikaël Evain[1], Frauke Klingelhoefer[1], Alexandra Afilhado[2,3], Caesar Rigoti[4], Afonso Loureiro[3], Daniela Alves[3], Philippe Schnurle[1], Reinhardt Fuck[5], José Soares[5], M. Vinicius de Lima[6], Adriano Viana[4], Maryline Moulin*[1], Daniel Aslanian[1]

[1] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Géosciences Marines (REM-GM-LGS), Technopôle Brest-Iroise, CS 10070, 29280 Plouzané Cedex, France
[2] Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL) – Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 1959-007 Lisboa, Portugal
[3] Instituto Dom Luiz (IDL) – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa Campo Grande Edifício C8, Piso 3 1749-016 Lisboa, Portugal
[4] PETROBRAS/Research and Development Center – Rio de Janeiro, Brésil
[5] Instituto de Geociências, Universidade de Brasília (IG-UNB) – Campus Universitário Darcy Ribeiro ICC - Ala Central CEP 70.910-900 - Brasília DF Caixa Postal 04465. CEP 70919-970, Brésil
[6] Universidade Federal do Pampa – Universidade Federal do Pampa, Campus Caçapava do Sul, Caçapava do Sul, Brazil, Brésil

The structure and nature of the crust underlying the Santos Basin-São Paulo Plateau System (SSPS), in the SE Brazilian margin, is discussed based on Six wide-angle seismic profiles acquired during the SanBa experiment in 2011, conducted by Ifremer, FCUL, UnB and Petrobras. Velocity models allow us to precisely divide the SSPS in seven domains from unthinned continental crust (Domain CC) to normal oceanic crust (Domain OC). Beneath the continental shelf, a ~100 km wide necking zone (Domain N) is imaged where continental crust thins abruptly from ~40 km to less than 15 km. Most of the SSPS (Domain A and C) shows velocity ranges, velocity gradients and a Moho interface characteristic of thinned continental crust. A central domain (Domain B) has, however, a very heterogeneous structure. While its southwestern part still exhibits extremely thinned (7 km) continental crust, its northeastern part depicts a 2-4 km thick upper layer (6.0-6.5 km/s) overlying an anomalous velocity layer (7.0-7.8 km/s) and no evidence of a Moho interface. This structure is interpreted as atypical oceanic crust, exhumed lower crust or upper continental crust intruded by mafic material, overlying either altered mantle in the first two cases or intruded lower continental crust in the last case. Lastly, in a seventh domain (Domain D), forming a triangular shape region in the SE of the SSPS, the crust is only 5 km thick, characterised by high seismic velocities between 6.20 km/s in the upper crust and 7.4 km/s in the lower crust. As seismic velocity gradients seem to rule out a continental origin, and clear Moho reflections argue against serpentinised upper mantle, we propose that the crust underlying this region to be of oceanic origin. Deviations from normal oceanic crustal velocities in the lower crust (6.70-7.00 km/s) could be explained by accretion at slow spreading rates leading to the inclusion of serpentinite into the lower crust at the onset of organised seafloor spreading. Overall, the v-shaped segmentation of the SSPS confirms an initial episode of rifting oblique to the general opening direction of the South Atlantic central segment.

Mots-Clés: passive margin, Santos Basin, São Paulo Plateau, deep seismic structure

La métamorphisme HT/BP dans la ceinture Karagwe-Ankole Mésoproterozoïque du Burundi

David Evans*[1]

[1] The Natural History Museum (NHM) – Cromwell Road, London SW7 5BD, Royaume-Uni

La ceinture Karagwe-Ankole polymétamorphique de l'Afrique centrale contient des minéralisations pré-tectonique des sulfures de Ni-Cu et post-tectonique de Sn-W-Ta et Au. Les épisodes du magmatisme et minéralisation tardives étant bien-étudié récemment, je propose de tourner le regard vers les événements précoces. Une suite de échantillons des roches intrusives mafiques et des metasediments pélitiques encaissants de la partie orientale du Burundi a été examiné. Les plus grands corps mafique-ultramafiques (M-UM) préservent leurs textures and minéralogies primaires à l'intérieur. Or, leurs bordures et les plus petits corps métadoléritiques (sills) sont largement métamorphosé dans le faciès des schistes verts (chlorite-trémolite-gedrite-albite-épidote-rutile) mais souvent avec une bonne préservation des textures ignées. Les roches métapélitiques se divisent en deux domaines : 1) proximale, et 2) distale des intrusions M-UM. Les deux domaines contiennent actuellement des assemblages à quartz-muscovite-plagioclase-chlorite-rutile. Cependant, les roches métapélitiques des deux domaines préservent des témoignages d'au moins deux épisodes de métamorphisme HT : le premier seulement en domaine 1 en forme de la recristallisation de la matrice et croissance des poïkiloblasts à cordiérite-sillimanite-K feldspath (M1) ; le seconde en forme des porphyroblasts bien-formés de biotite, andalousite, staurolite and grenat dans une matrice lépidoblastique (M2). L'absence des caractéristiques de M2 en domaine 1 s'explique par la déshydration en proximité des intrusions M-UM pendant M1. L'assemblage des porphyroblasts M2 est synchrone avec la foliation de la matrice, qui est axial-planar aux plissements redressés et symétriques du litage. Les calculs avec le programme TWQ (Berman, 1991 avec le database de Berman et Aranovich, 2007) indique les conditions maximales de M2 à 524°C et 4.7 kbar. La métamorphisme thermique M1 est liée à l'intrusion des sills mafiques et les corps M-UM avec leur minéralisation associée des sulfures de Ni-Cu, misent en place au niveau peu profond (1-5 km) avant le plissement des roches encaissantes. Le deuxième épisode de métamorphisme (M2) a eu lieu avec l'emplacement des granites Kibariens (1380-1330 Ma) et synchrone avec le plissement régional. Une empreinte tardive du faciès des schistes verts qui touche la plupart des roches peut être liée à l'intrusion des granites à Sn-W-Ta (Néoprotérozoïque précoce), ou à la déformation pendant l'épisode Panafricain (Néoprotérozoïque tardif).

Mots-Clés: métamorphisme thermique, minéralisation des sulfures de Ni_Cu, thermobarométrie, événement Kibarien

Apport des reconstitutions sédimentaires pour l'estimation des quantiles de crues

Guillaume Evin[1], Bruno Wilhelm*[1], Anne-Catherine Favre[1]

[1] Lab. d'étude des transferts en hydrologie et environnement (LTHE) – INSU, OSUG, Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG) – ENSHMG – Univ. Grenoble Alpes – 1023-1025 Rue de la piscine - BP 53 38041 Grenoble Cedex 9, France
@ : guillaume.evin@univ-grenoble-alpes.fr
@ : anne-catherine.favre-pugin@ense3.grenoble-inp.fr

Déterminer les quantiles de crues (débit de crues d'une période de retour donnée) est un prérequis indispensable pour la gestion du risque, la réalisation d'ouvrages hydrauliques, etc. Une limite forte de l'estimation des quantiles est souvent la courte période couverte par les séries de débits. Afin d'étendre ces séries dans le temps et renforcer cette estimation, les informations historiques ont largement été exploitées, notamment via l'estimation *a posteriori* de débits de crues historiques.
Dans cette étude, nous proposons une approche nouvelle et complémentaire qui vise à intégrer une reconstitution des débits de crues du Rhône amont couvrant les 350 dernières années, et obtenue à partir de l'étude des sédiments du Lac du Bourget (Aix-les-Bains)1. L'estimation des quantiles est réalisée dans un premier temps à partir des données de débits mesurés (1925-2007) puis en combinant les informations sédimentaires (1650-2013). La confrontation des résultats obtenus nous permet de discuter la valeur ajoutée des informations sédimentaires, et les incertitudes associées.
En particulier, nous montrons que lorsque l'analyse fréquentielle est effectuée sur les débits mesurés, l'incertitude sur les estimations de quantiles associées à des périodes de retour élevées (e.g. 1000 ans) est très élevée et dépend fortement du modèle choisi2. La série reconstituée de débits de crues permet alors de compléter la série de débits mesurés. Cependant, ces débits de crue reconstitués sont censurés puisque les informations sédimentaires peuvent seulement être recueillies lors des crues les plus extrêmes. Nous explorons plusieurs approches afin d'incorporer cette information sur la queue de distribution des débits de crues, tout en tenant compte de l'incertitude liée à la reconstruction de ces données.

1 Jenny J.-P., Wilhelm B., Arnaud F., Sabatier P., Giguet-Covex C., Mélo A., Fanget B., Malet E., Ployon E., Perga M.E. (2014) A 4D sedimentological approach to reconstructing the flood frequency and intensity of the Rhône River (Lake Bourget, NW European Alps). Journal of Paleolimnology 51(4): 469-483
2 Klemeš, V. (2000). "Tall Tales about Tails of Hydrological Distributions. I." J. Hydrol. Eng., 5:3, 227-231

Mots-Clés: quantiles de crues, longues séries, données sédimentaires

Geomorphologic features and vulnerability to flooding of the Cap Vert Peninsula (Senegal)

Mamadou Fall*[1], Issa Sakho[2], Sophie Gladima Siby, Mouhamadoul Bachir Diouf, Serigne Faye, Abdoulaye Faye

[1] Fall – Dpt. de Géologie, UCAD, Sénégal [2] Cité Malick SY, BP A 967 Univ. Thiès, Sénégal
@ : bemfall@yahoo.fr

La Presqu'île du Cap Vert constitue un milieu dynamique que les outils et méthodes géologiques permettent d'étudier pour en comprendre l'origine et le fonctionnement. Les données recueillies à partir des diverses disciplines géologiques (sédimentologie, stratigraphie, géomorphologie, hydrologie, hydrogéologie...) permettent d'élaborer des documents cartographiques qui donnent une vision globale de facteurs naturels et/ou anthropiques qui peuvent expliquer la vulnérabilité de la Presqu'île de Dakar face aux inondations durant l'hivernage. Ainsi, l'objectif de cette étude est de montrer le rôle de l'héritage géologique de la Presqu'île du Cap vert sur la vulnérabilité de la ville de Dakar et de sa banlieue face aux phénomènes des inondations. Les résultats ont montré que la vulnérabilité de Dakar et de sa banlieue face aux inondations pluviales est liée à l'héritage géologique de la Presqu'île du Cap Vert (depuis -65 millions d'années). Deux zones aux niveaux de vulnérabilité contrastés sont définies. Les quartiers de la Ville de Dakar sont moins vulnérables aux inondations. Certains (le Plateau,...) sont érigés sur le horst de Dakar, mis en place suite à une déformation tectonique vers -65 millions d'années et d'autres sur des falaises de laves volcaniques (Mamelles, Cape Manuel, Anse Bernard,...). Cependant, vers -5000 ans BP, la ligne de rivage atteignait la côte de +3 m par rapport à son niveau actuel. Le continent inondé était alors sillonné par de nombreux golfes marins. Jusque vers -3000 ans, Dakar était une île séparée du reste de la presqu'île par une mer. Les quartiers de la banlieue de Dakar les plus vulnérables face aux inondations pluviales se sont développés sur ces anciens golfes marins.

Mots-Clés: flooding, vulnerability, geomorphologic features, Dakar, Sénégal

Paramétrage d'une interpolation

Nellie Falleau*[1]

[1] Arethuse Geology – France

Une étude de ressources est une chaîne de calculs complexes permettant d'évaluer les ressources d'un projet minier. De ce calcul va découler toute l'économie de la mine (investissements, exploitation...). L'interpolation des ressources, par krigeage, est la dernière étape de la chaîne de calculs, et la plus délicate.
L'ajustement des paramètres de krigeage dépend des données disponibles sur le gisement, et est déduit des étapes de calcul statistique précédant l'estimation. Les paramètres d'interpolation ont une incidence majeure sur le résultat final des ressources, et doivent impérativement être affinés pour refléter la réalité du gisement. Une étude poussée des choix disponibles et de leur impact est nécessaire pour optimiser le résultat.
L'enjeu final est à la fois industriel et commercial : l'estimation de ressources détermine la durée de vie d'un site minier et le volume des investissements.
Pour observer l'impact de l'évolution de chaque paramètre sur les ressources, l'interpolation et le calcul de ressources de trois types de gisements a été réalisé un nombre de fois n, en modifiant à chaque fois légèrement le paramètre X étudié. L'évolution du modèle en fonction du paramètre X a ainsi été suivie.
Les gains d'une telle étude sont multiples : la connaissance de l'impact de chaque paramètre sur le résultat final, couplée à la comparaison et la validation du modèle par rapport aux données initiales, a permis d'augmenter le savoir-faire et de maitriser les techniques d'interpolation dans le détail, en créant des modèles de ressources proche de la réalité.
Les tests ont été réalisés sur trois types de gisements/substances minérales, permettant ainsi de déduire des tendances de comportements pour chaque type de minéralisation.

Mots-Clés: ressources, paramétrage, interpolation

Etude sismique haute résolution des dépôts contouritiques le long du plateau de Demerara (Guyane-Surinam)

Anne-Sophie Fanget*[1], Lies Loncke[1], Cédric Tallobre[1], Tania Marsset[2], Laurence Droz[3], Equipe scientifique IGUANES

[1] Centre de formation et de recherche sur l'environnement marin (CEFREM) – INSU, CNRS : UMR5110, Univ. Perpignan – 52 Av Paul Alduy, 66860 Perpignan Cedex, France
[2] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER (IFREMER) – Géosciences Marines – BP 70 29280 Plouzané, France
[3] Domaines Océaniques – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), Institut d'écologie et environnement, INSU, Observatoire des Sciences de l'Univers, CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France

A la jonction entre l'océan Atlantique central et équatorial, le plateau marginal de Demerara représente une prolongation, d'une longueur de 380 km et d'une largeur de 200 km, du plateau continental de la marge transformante Guyane-Surinam. Il est limité à l'Ouest et à l'Est par des segments divergents (d'âge Jurassique et Crétacé inférieur, respectivement) et au Nord par un segment transformant (d'âge Crétacé inférieur). Du Sud vers le Nord la profondeur d'eau augmente progressivement de 200 à 4500 m de profondeur, et au Nord, une pente continentale particulièrement abrupte (jusqu'à 15°) reflète une transition continent-océan très étroite.
Les travaux préalablement menés ont permis de mettre en avant les caractéristiques atypiques du plateau de Demerara et son importante variabilité latérale. Malgré des apports sédimentaires faibles, il a notamment été démontré l'importance de glissements gravitaires majeurs qui affectent de manière récurrente le plateau de Demerara depuis le Crétacé (Pattier et al., 2013). Par ailleurs, des courants de contour influent de façon très importante sur la sédimentation du plateau depuis le Miocène (Tallobre et al., 2016).
L'étude détaillée des données sismiques haute résolution 72-traces acquises lors de la campagne IGUANES (Mai 2013, N/O l'Atalante) permet de préciser l'architecture des dépôts sédimentaires du plateau de Demerara et souligne notamment que depuis le Pliocène, la sédimentation est dominée par des processus contouritiques. Ces corps contouritiques sont étroitement liés au courant profond nord atlantique (NADW) et leur géométrie complexe est probablement liée aux processus d'instabilité de pente qui contrôlent les paléo-topographies et interférent avec les courants de fond. L'étude des données géophysiques du plateau de Demerara permet ainsi d'appréhender de manière détaillée (1) les relations complexes entre structure de la marge, glissements gravitaires et sédimentation contouritique, et (2) les liens entre sédimentation contouritique, climat, circulation océanique et dynamique des courants de fond.

Equipes IGUANES : C. Basile, S. Bermell, H. Berrenstein, C. Cathalot, J.C. Caprais, D. Graindorge, B. Hebert, A. Heuret, J.F. Lebrun, A. Maillart, M. Mercier de Lépinay, F. Pattier, E. Poetisi, W.R. Roest, C. Sotin, B.C. Vendeville

Pattier et al. (2013). Mass-transport deposits and fluid venting in a transform margin setting, the eastern Demerara Plateau (French Guiana). Mar. Pet. Geol. 46, 287-303

Tallobre et al. (2016). Description of a contourite depositional system on the Demerara Plateau: results from geophysical data and sediment cores. Mar. Geol. 378, 56-73

Evaluation non destructive 3D d'un pilier de carrière par techniques photogrammétriques et électriques

Yannick Fargier*[1], Cyrille Fauchard[1], Ludovic Dore[1], Sérgio Palma Lopes[2], Raphael Antoine[1]

[1] Cerema – Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la mer, chargé des relations internationales sur le climat – France
[2] Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR) – 14-20 Boulevard Newton - Cité Descartes, Champs sur Marne - 77447 Marne la Vallée Cedex 2, France
@ : yannick.fargier@cerema.fr

Le monitoring des carrières abandonnées reste un enjeu majeur en matière de sécurité et de gestion des risques. Les propriétaires de ces carrières recherchent en particulier des solutions techniques performantes en matière de méthodologie et de pratique, leur offrant les outils requis pour une bonne gestion de ces structures.
L'utilisation classique de l'imagerie électrique reste aujourd'hui insuffisante pour évaluer l'état interne (zones de faiblesse) des piliers de carrières. En effet, leur géométrie 3D, souvent complexe, limite les résultats que l'on peut attendre d'un relevé électrique traditionnel.
Dans ce travail, un pilier de carrière de craie, situé à Vendômes (45) est spécifiquement étudié pour montrer comment l'intégration d'une topographie parfaitement définie par relevé photogrammétrique, permet des inversions de mesures électriques de qualité. Plus de 100 photographies ont été prises autour du pilier, d'un diamètre de 25 m et d'une hauteur de 3 m. Le modèle numérique de terrain, réalisé grâce au logiciel libre MicMac permet d'obtenir une densité de 10 points/cm2. La précision de la position des électrodes est +/- 0,4 cm, comparée à la position des points de contrôle relevés au laser.
3 relevés électriques, constitués de 64 électrodes espacées de 37 cm et deployées autour du pilier à 3 hauteurs différentes, ont été réalisés en dispositif Wenner-Schlumberger. Afin d'évaluer la qualité du dispositif et la faisabilité de sa mesure, des modélisations électriques 3D, prenant en compte le MNT photogrammétrique, sont effectuées en éléments finis à l'aide du logiciel Comsol. Les inversions électriques 3D sont réalisées à l'aide d'un code spécifique développé au Cerema. La modélisation prend en compte la simulation de 3 anomalies cylindriques au sein du pilier et montre que la détection et la caractérisation de ces anomalies dépendent fortement de la topographie initiale, de la précision sur la position des électrodes en particulier, et du maillage initié dans le modèle.
En prenant en compte les conclusions issues des modélisations, les mesures de résistivité apparente inversées sur le pilier montrent des variations de plusieurs centaines d'ohm.m au sein du pilier, traduisant une variabilité notable des propriétés physiques de la craie. Les faibles résistivités (autour de 100 ohm.m) sont à corréler avec la teneur en eau potentiel au sein du pilier, qui mécaniquement traduisent des points de faiblesse qu'il convient de surveiller dans le futur.
L'ensemble de ce travail mené par des outils issus de la recherche est envisagé de manière systématique sur certains piliers, et initie une première phase de monitoring qui permettra le suivi des zones de faiblesse mécaniques. Cette expérimentation apporte aussi les éléments techniques et méthodologiques adéquats pour d'autres applications géophysiques, pour le couplage des mesures géophysiques avec les MNT que l'on peut obtenir par voie aérienne notamment.
Ce travail a été soumis sous forme d'article au journal Geophysics en juin 2016.

Mots-Clés: photogrammétrie, résistivité électrique, inversion, pilier de carrière

Combinaison de données aériennes et de mesures geophysiques pour l'étude des falaises des Vaches Noires (14)

Cyrille Fauchard*[1], Olivier Maquaire[2], Raphael Antoine[1], Stéphane Costa, Robert Davidson[2], Yannick Fargier[1], Jean-Luc Sorin[3]

[1] Cerema – Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la mer, chargé des relations internationales sur le climat – France
[2] Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géophen) – Univ. Rennes II - Haute Bretagne, Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Univ. Nantes, CNRS : UMR6554, Univ. Caen Basse-Normandie, Univ. Angers – Campus 1 Esplanade de la Paix - BP 5186 14032 CAEN Cedex 5, France
[3] Ifsttar – Ministère de l'Environnement, de l'énergie et de la mer, chargé des relations internationales sur le climat – France
@ : cyrille.fauchard@cerema.fr

Les Falaises des Vaches Noires, situées entre Houlgate et Villers-sur-Mer (14), en bordure du bassin de Paris, sont régulièrement soumises à des processus de basculements/glissements de matériaux et à une forte évolution des coulées boueuses et du trait de côte. Surveillées depuis de nombreuses années par le LETG par techniques laser et photogrammétriques déployées au sol (notamment dans le cadre du Service National d'Observation DYNALIT), ces falaises ont récemment fait l'objet de nouveaux relevés aériens et terrestres.
Des clichés dans le domaine du visible et de l'infrarouge thermique ont été acquis par drone en avril 2016. Le traitement des images par photogrammétrie, réalisé avec le logiciel libre MicMac, a permis d'obtenir un modèle numérique de terrain (MNT) avec une résolution au sol pluri-centimétrique, sur une zone représentant en surface projetée environ 400m*250m. Les clichés thermiques, eux aussi traités par photogrammétrie, mènent à l'obtention d'un MNT thermique qui, superposé au MNT visible, révèlent la géolgie locale, mais aussi la répartition globale des matériaux plus ou moins consolidés (zones de décollements/glissements et zones de coulées), ainsi que les zones préférentielles d'écoulements fluides.
Conjointement à ces mesures, des tomographies de résistivité électrique ont été réalisées au sol, en pied de falaises au travers de coulées boueuses actives, mais aussi depuis le plateau jusqu'à l'estran. L'intégration des images inversées de résistivité apparente dans le MNT des falaises enrichit notablement l'interprétation des mesures et la connaissance actuelle de la géologie locale.
Cette étude, réalisée à un instant donné, est la première étape de plusieurs campagnes envisagées dans les années à venir (projet M2NUM, GRR Normandie). Elle entend suivre l'évolution des processus d'érosion par la comparaison des MNT dans le temps, tout en complétant chaque campagne par des mesures de résistivité, permettant d'associer aux processus visibles d'érosion des falaises leur évolution interne.

Mots-Clés: photogrammétrie, infrarouge thermique, imagerie de résistivité électrique

Caractérisation des écoulements souterrains en milieu semi-perméable par approche couplée géochimie-hydrodynamisme – Application sur les formations molassiques tertiaires dans le secteur de Gondrin (Gers, France)

Anita Faucher*[1,2], Alain Dupuy[2], Michel Franceschi[2], Laurent André[1], François Larroque[2], Nicolas Pédron[1], Arnaud Wuilleumier[1]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 Avenue Claude Guillemin, 45100 Orléans, France
[2] GEORESSOURCES ET ENVIRONNEMENT – Univ. Michel de Montaigne - Bordeaux III : EA4592 – ENSEGID, 1 allée Daguin F-33607 Pessac Cedex, France

Dans le sud du Bassin d'Aquitaine, la couverture molassique tertiaire contribuerait à la recharge de l'aquifère des Sables Infra-Molassiques sous-jacent (André, 2002 ; Douez, 2007 ; Malcuit, 2012). Au sein de cette couverture molassique assimilée à un aquitard, de nombreuses hétérogénéités existent, avec la présence d'aquifères locaux de natures géologiques variées et d'épaisseur variables.
Les hétérogénéités jouant un rôle déterminant dans les modalités d'écoulement au sein des Molasses (vitesses de transfert, qualité de l'eau...), la détermination des propriétés hydrodynamiques et des caractéristiques hydrogéochimiques au sein de cet ensemble molassique s'avère primordial pour appréhender le fonctionnement du système, en particulier les mécanismes de transferts verticaux.
Le secteur de Gondrin (Gers, France) est constitué par des formations géologiques d'âge oligocène à miocène (comprenant les Calcaires de l'Agenais blancs et gris, les calcaires de Gondrin/Herret, les calcaires de Pellecahus, Lectoure inférieur et Larroque St-Sernin) et constituant un analogue accessible aux molasses plus profondes. Le site a été retenu en raison de la présence de nombreux points d'eau (sources, puits, forages) accessibles à la mesure et aux prélèvements en vue d'analyses géochimiques.
Des mises en solution d'échantillons solides de chaque horizon et la caractérisation minéralogique de ces roches (DRX) sont réalisées en vue de déterminer l'existence de variations lithologiques ou de structures géologiques qui ne sont pas visibles à partir d'investigations géologiques classiques.
Concomitamment, la chimie en éléments majeurs (Ca, Mg, K, Na, HCO3, Cl, SO4, SiO2) et en éléments traces (Al, As, Ba, B, Cu, Fe, Li, Mn, Rb, Sr, Se, Zn...) des sources est suivie afin d'obtenir des renseignements sur les mécanismes d'écoulement, l'origine et le cheminement de l'eau dans les aquifères présents au sein de la Molasse.
Les caractéristiques hydrodynamiques des horizons présents au sein de la Molasse sont obtenues par essais de perméabilité (Kh et Kv) en laboratoire sur des cylindres (plugs) prélevés directement à l'affleurement. La détermination des perméabilités associée aux campagnes piézométriques en hautes eaux et en basses eaux, permettront de déterminer les directions et sens de l'écoulement de l'eau souterraine.
L'ensemble de ces résultats permettra d'apporter les premiers éléments de compréhension du fonctionnement qualitatif du système en préalable à toute approche quantitative ultérieure.

Mots-Clés: hydrogéologie, géochimie, formations semi-perméables, Aquitard, Bassin Sud, Aquitain

Caractéristiques structurales et minéralogiques d'un paléo-système géothermal. L'exemple de Terre-de-Haut (Archipel des Saintes, Guadeloupe, Antilles Françaises)

Alexiane Favier*[1,2], Chrystele Verati[1], Jean-Marc Lardeaux[1], Michel Corsini[1]

[1] Géoazur – Univ. Nice Sophia Antipolis, INSU, Obs. Cote d'Azur, IRD, CNRS : UMR7329 – Bât 1, 250 rue Albert Einstein Les Lucioles 1, Sophia Antipolis 06560 Valbonne, France
[2] UMR Géosciences Montpellier à Univ. Antilles (GM - UA) – Campus de Fouillole, 97159 Pointe à Pitre, Guadeloupe
@ : favier@geoazur.unice.fr

L'archipel de la Guadeloupe appartient à la zone de subduction des Petites Antilles où l'arc insulaire est divisé en deux parties. La partie Est de l'archipel est un arc ancien, formé d'îles surmontées par des plates-formes calcaires qui couvrent le sous-sol volcanique. Au contraire, la partie Ouest de l'archipel est un arc récent (< 3 Ma), encore volcaniquement actif dont font partie les îles des Saintes. Il se compose de roches volcaniques calco-alcalines typiques des arcs insulaires. Du fait du fort gradient géothermique affectant l'arc insulaire, ces roches sont susceptibles de subir à de faibles profondeurs des transformations métamorphiques liées à la circulation de fluides hydrothermaux contrôlée par les failles existantes et/ou les évènements magmatiques.
L'archipel des Saintes se situe au Sud-Est de l'île de la Basse-Terre de la Guadeloupe. Il fait partie des domaines les plus anciens érodés et/ou exhumés, de la partie Ouest de l'archipel de la Guadeloupe, servant ainsi d'analogues potentiels des parties profondes de Basse-Terre, où un système géothermal actif est exploité à Bouillante. L'étude de terrain de l'île de Terre-de-Haut permet la description d'un paléo-système géothermal en contexte d'arc magmatique, qui pourrait être l'équivalent des parties profondes de l'actuel système de Basse-Terre. L'étude de ces systèmes fossiles, facilement accessible à l'affleurement, constitue donc un intérêt primordial pour caractériser: (1) les processus et les vitesses de transferts de fluides dans les zones en subduction, (2) les processus de transformations rhéologiques (dissolution/cristallisation, naissance de la schistosité) que subissent les roches calco-alcalines en profondeur, (3) les paragenèses métamorphiques associées pour établir l'évolution des conditions P-T dans le temps des systèmes géothermaux.
L'analyse structural au niveau de Terre-de-Haut (3 à 2 Ma) a déjà permis de mettre en évidence la présence de quatre directions principales de systèmes de failles [Verati et al.2016]: N000-N020, N050-N070, N090-110 et N130-N140. Nos observations sur le terrain montrent de plus la naissance de structures schisteuses, dont deux directions majeures ressortent: N070-N090 et N150-N160. Ces zones schisteuses sont présentées (direction, pendage, minéralogie, géochimie des éléments majeurs et traces) afin de quantifier les différents degrés des transformations métamorphiques affectant les formations volcaniques. Une discussion pourra être menée sur la question (1) du rôle de l'héritage structural dans les transferts de fluides, (2) de la position de la transition fragile/ductile à l'échelle de l'arc, (3) de la géométrie attendue d'un système géothermal dans l'arc des Petites Antilles.

Mots-Clés: géothermie haute énergie, arc des Petites Antilles, transformations métamorphiques, Les Saintes, Terre de Haut, pétrographie, minéralogie, étude structurale

Caractérisation d'un réservoir géothermique dans l'arc des Petites Antilles. Exemples de l'Archipel de la Guadeloupe, de Saint-Martin et de Saint-Barthélemy, dans le cadre du projet GEOTREF

Alexiane Favier*[1,2], Vivien Navelot[3], Gildas Beauchamps[4], Lucie Legendre[1], Jeanne Mercier de lÉpinay[5], Chrystele Verati[2], Jean-Marc Lardeaux[2], Michel Corsini[2], Yves Geraud[3], Marc Diraison[5], Béatrice Ledésert[4], Ronan Hebert[4], Danièle Bartier[6], Mélody Philippon[1], Jean-Frédéric Lebrun[1], Yves Mazabraud[1], Marc Munschy[5]

[1] UMR Géosciences Montpellier – Univ. des Antilles (GM - UA) – Campus de Fouillole, 97159 Pointe à Pitre, Guadeloupe
[2] Géoazur – Univ. Nice Sophia Antipolis, INSU, Obs. Cote d'Azur, IRD, CNRS : UMR7329 – 250 rue Albert Einstein Les Lucioles 1, Sophia Antipolis 06560 Valbonne, France
[3] GeoRessources – Univ. Lorraine, CNRS : UMR7359 – Campus Brabois - ENSG – 2 rue du Doyen Marcel Roubault TSA 70605 54518 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex, France
[4] Lab. Géosciences et Environnement Cergy (GEC) – Univ. Cergy Pontoise : EA4506 – 5, mail Gay Lussac, Neuville-sur-Oise - 95031 Cergy-Pontoise Cedex, France
[5] Institut de physique du globe de Strasbourg (IPGS) – université de Strasbourg, INSU, CNRS : UMR7516 – 5 Rue René Descartes 67084 STRASBOURG Cedex, France
[6] GeoRessources – Univ. Lorraine, CNRS : UMR7359 – Campus Aiguillettes - rue Jacques Callot, BP 70239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex, France
@ : favier@geoazur.unice.fr

La zone de subduction des Petites Antilles présente un arc insulaire se divisant en deux arcs magmatiques dans sa partie Nord: l'arc externe, actif de l'Eocène à l'Oligocène et l'arc interne, actif depuis le Mio-Pliocène, constitué d'îles volcaniques actives dont certaines présentent un potentiel géothermique.
Le projet GEOTREF (GEOThermie haute énergie dans les REservoirs Fracturés) vise à améliorer la compréhension du fonctionnement des réservoirs géothermiques fracturés et la maîtrise du procédé d'exploration de la ressource géothermale dans l'arc des Petites Antilles. Un permis exclusif de recherche (PER) de gîtes géothermiques à haute température a été défini au niveau de Vieux-Habitants (Basse-Terre, Guadeloupe), afin de poursuivre le développement de la géothermie haute-énergie dans cette région volcanique active. Dans la phase exploratoire du projet, la caractérisation du réservoir géothermique de la Basse-Terre passe par l'étude d'analogues potentiels en surface, dans des paléo-systèmes géothermaux exhumés (Îles volcaniques: de l'arc externe à Saint-Martin et Saint-Barthélemy; de l'arc interne au Complexe Basal, Nord de Basse-Terre et Terre-de-Haut, Les Saintes). Des études de terrain permettent:

- la caractérisation géophysique, structurale multi-échelles (du km au μm) et la quantification des propriétés physiques des roches saines et transformées, afin d'obtenir des informations sur la géométrie du réservoir et la dynamique des écoulements ainsi que de comprendre l'extension en 3D de certaines lithologies et structures géologiques,
- la caractérisation pétrographique des altérations hydrothermales, dans le but d'étudier la distribution et l'évolution minéralogique des roches transformées,
- la caractérisation du champ de déformation à l'échelle régionale et de son évolution depuis l'Eocène afin d'identifier les structures principales permettant la migration des fluides hydrothermaux.

Les caractérisations structurale et pétrographique des lithologies hydrothermalisées permettent de préciser les processus qui contrôlent les transformations rhéologiques (dissolution/cristallisation ; naissance de la schistosité) subies par les roches calco-alcalines en profondeur, ainsi que les paragenèses métamorphiques associées pour établir l'évolution des conditions P-T dans le temps des systèmes géothermaux. L'étude des analogues profonds met en évidence des transferts de fluides hydrothermaux à travers des drains verticaux et sub-horizontaux dans une croûte pré-structurée sous les volcans actuels pouvant servir à l'élaboration d'un modèle de réservoir géothermique dans le but de valider les méthodes de qualification de la ressource géothermale. Ces études seront ensuite comparées à la description pétrographique du forage d'exploration, permettant ainsi de caractériser la distribution et l'évolution minéralogique des altérations hydrothermales en profondeur dans le réservoir géothermique actuel au niveau du site démonstrateur du PER.

Mots-Clés: géothermie haute énergie, arc des Petites Antilles, réservoirs géothermiques, Guadeloupe, Saint Martin, Saint Barthélemy

New insight into the microtexture of chalks from NMR analysis

Ophélie Faÿ-Gomord*[1], Jeroen Soete, Konstantina Katika, Serge Galaup, Bruno Caline, Fanny Descamps, Eric Lasseur, Idda Lykke Fabricius, Jessica Saiag, Rudy Swennen, Sara Vandycke

[1] Katholieke Universiteit Leuven (KUL) – Celestijnenlaan 200D, BE-3001 Heverlee, Belgique

An integrated petrographical and petrophysical study was carried out on a set of 35 outcrop chalk samples, covering a wide range of lithologies and textures. In this study various chalk rock-types have been characterized, in terms of microtextures and porous network, by integrating both geological, sediment-petrological and petrophysical data, including porosity, permeability, low-field NMR (Nuclear Magnetic Resonance), MICP and specific surface area (BET) measurements. The data allow an in depth understanding of the NMR signal of chalks, with a focus on tight chalks, including all low reservoir quality chalks independently of their sedimentological and/or diagenetic history. The study aims to develop an NMR-based approach to characterize a broad range of chalk samples. The provided laboratory low-field NMR chalk classification can be used as a guide to interpret NMR logging data. Based on the petrographical and petrophysical analysis, 6 groups of samples were identified, each of them characterized by a unique NMR signature: (1) micritic chalks, (2) grainy chalks, (3) cemented chalks, (4) marl-seam chalks, (5) argillaceous chalks and (6) silicified chalk. NMR T2 distributions were linked to pore body size and T2 logarithmic (T2lm) was calculated. It is apparent that tight chalks, whether their characteristics are sedimentological or diagenetic, yield smaller pore body sizes (T2lm $<$ 20 ms), as well as narrower pore throats (average radius $<$ 150 nm) and lower permeability values (typically below 0.2 mD). Grainy chalks possess T2 distributions reflecting larger pore sizes (T2lm $>$ 60 ms) and pore throats (average radius $>$ 290 nm) and higher permeabilities (up to 13 mD). The marl-seam chalk samples yield bimodal T2 distributions, with a first peak related to the micritic matrix pores and a second peak related to intraparticle pores within fossils. For all samples, permeability was inferred from NMR spectra using SDR (Schlumberger Doll Research) model.

Mots-Clés: NMR, chalk, petrography, petrophysics, microporosity, marl, seams, MICP

Toward a better understanding of fluid-flow during tectonic reactivation in chalk, Selwicks Bay (UK)

Ophélie Faÿ-Gomord*[1], Cécile Allanic, France Champenois, Michaël Verbiest, Bruno Caline, Sara Vandycke, Rudy Swennen

[1] Katholieke Universiteit Leuven (KUL) – Celestijnenlaan 200D, BE-3001 Heverlee, Belgique

Flamborough Head chalks are located at the eastern termination of the E-W trending Howardian-Flamborough Fault Belt, and the southern termination of the N-S trending Peak Through fault system (Yorkshire, UK). In the field, rock deformation is mainly expressed in Selwicks Bay where two large displacement faults (up to 20m) can be observed. This integrated study aims to constrain the paragenesis of Flamborough Chalks and to propose an evolution of the chalk deposits through the combination of fracture characterization in the field and on high-resolution images, petrographical observations and geochemical analyses on veins and hydraulic breccia.

In Selwicks Bay especially, a high density of calcite veins swarm is observed, and the main fault is characterized by an intensely E-W trending vertical brecciated zone associated with a thick hydraulic breccia. Cross-cutting relationships allowed to differentiate three vein generations: (I) crack and seal veins crosscutting stylolites (II) hydraulic breccia with typical puzzle structure of chalk pieces including crack and seals and stylolitic features, and (III) a third generation of calcite vein crosscutting the two previous generations. Selective sampling was performed on these three sets for petrographical observations (optical microscopy and cathodoluminescence) and for geochemical analysis including stable isotopes measurements (d13C and d18O), ICP-OES analyses for trace elements quantification and Sr isotopes analysis (on 8 selected samples). Geochemical analyses reveal that the 3 generations have the same chemical characteristics, thus very likely come from the same source. Strontium isotopes analyses show that the veins ratio reached up to 7.11 while the ratio signal of the matrix equals 7.707, in agreement with the local sea signature from late Cretaceous. These measurements indicate that the fluid originates from an external source, and reflects an open system. The very high Sr-isotope ratios, combined with low iron concentration measured by ICP-OES (Fe $<$ 400ppm) suggest that fluids migrated through siliciclastics deposits. Carbon isotopes results show that some samples display low d13C (-2‰), which may be related to contamination by soil derived organic matter. Together with petrographical observation of calcite cements, these results point to a meteoric origin of the fluids. d18O isotope values (-9‰) of the vein samples allow to estimate paleodepth temperature when veins crystallized within the chalk, compatible with a depth as low as about 400m.

The fluids were possibly confined in an underlying aquifer and probably became remobilized by tectonic activity forming the hydraulic breccia. Besides the understanding of the local paragenetic evolution of Flamborough Head chalk deposits, this study offers a unique understanding of the behavior of overpressured fluids along fault zones in chalk.

Mots-Clés: chalk, hydraulic breccia, calcite veins, stable isotopes, strontium isotopes, trace elements

L'anticlinal de Ben Zireg : une fenêtre ouverte sur une histoire de 300 Ma (Bechar, Sahara algerien nord occidental)

Ahmed Hamza Fellah*[1,2], Abdelkader Oualimehadji[1], Abderrahmane Mekkaoui[2]

[1] Lab. paléontologie stratigraphique et paléoenvironnement, Univ. Oran 2 – Algérie
[2] Univ. TAHRI Mohamed BEHAR – Route de Kenadsa Bechar, Algérie

L'anticlinal de Ben Zireg, enclavé dans la marge septentrionale du Bassin de Béchar (Sud-Ouest, Algérie), se situe au pied du revers méridional des monts des Ksour (Atlas saharien). Il s'agit d'une zone charnière entre le Maider-Tafilalt (Anti-Atlas, Maroc) et la Saoura et l'Ahnet (Algérie) (Fellah et al, 2014).
La structure de Ben Zireg se présente en forme de " V ", orientée dans la direction Ouest – Est, est l'œuvre de l'orogénèse hercynienne et elle porte les stigmates alpins. Elle est constituée d'un puissant empilement de terrains paléozoïques, allants du Cambrien au Carbonifère, sur lesquels reposent en discordance angulaire des séries mésozoïques sub-tabulaires, s'échelonnant du Permo-trias au Crétacé.
Cette structure a été investiguée par les première explorateurs géographes (Flamand, 1897 et 1911 ; Poirmeur, 1904 et Gautier, 1904), puis, par des études de reconnaissance régionale dans le cadre d'exploration minière et pétrolière (Menchikoff, 1930 et 1936 ; Perrodon, 1951 ; Massa et al., 1965; Legrand, 1976, 1968 et 1983; Fabre, 1976 et 2005 et SGA, 2000). Récemment, cette structure a connu quelques études universitaires d'ordre stratigraphique et paléoenvironnementale (Paryen, 1961 ; Alberti, 1983 ; Malti, 2002 ; Malti et al, 2008 ; Fellah, 2009 et 2014 ; Mahboubi, 2014 et Benyoucef et al 2015).
Cet anticlinal représente une entité d'extension géographique restreinte (quelques Km^2 de surface), qui conserve une histoire géologique d'une période de **300Ma** en continu du Sahara algérien. Il revêt un intérêt majeur dans la compréhension de l'évolution dynamique d'une partie de la marge Nord gondwanienne au Paléozoïque. Cette histoire est enregistrée sur un empilement de **4000m** d'épaisseur, manifestée par une succession de sables et argiles au Cambo-Ordovicien, une sédimentation argileuse en milieu anoxique riche en graptolites au Silurien, installation des plateformes carbonatées au Dévonien. Le Carbonifère se singularise par une sédimentation particulière ; des spectaculaires olistostromes, dits dans le jargon local " Wild flyshs de Ben Zireg " (Pareyn, 1961), au Viséen, alternée d'une succession d'épisodes récifaux ainsi que l'immense série des schistes verts.

Mots-Clés: Ben Zireg, anticlinal, Paléozoïque, marge Nord Gondwannienne, Bassin de Bechar, Sahara Algérien

Impacts des caractéristiques morphologiques et lithologiques sur le régime d'écoulement dans le bassin versant de la Seybouse (Nord-Est Algérien)

Yassine Ferrah*[1]

[1] Dpt. de Géologie, Faculté des Sciences de la Terre (LGR) – Univ. Badji Mokhtar, Annaba, Algérie

Le bassin versant étudié est situé à l'extrême Nord Est algérien. C'est un grand bassin de l'oued Seybouse de la région d'Annaba.
La basse plaine de la Seybouse présente une superposition de deux nappes. La première nappe superficielle est constituée par des formations sablo-argileuses ; la seconde profonde est formée par des dépôts graveleux avec une matrice sablo-argileuse. Ces deux nappes sont confondues dans la partie Sud mais plus on se dirige vers le Nord et plus les deux nappe sont séparées par une couche argileuse devenant de plus en plus épaisse (0 à 50 m). Cette couche joue un rôle isolant entre les deux nappes avec une perméabilité verticale de 10-9 à 10-8 m/s. Cette propriété n'empêche pas un contact entre les deux nappes par effet de drainance. L'écoulement général des eaux souterraines dans la nappe des graviers se fait selon la direction Sud- Nord avec un gradient important en amont de l'aquifère (6.10-4) et plus faible en aval (4.10-4) Le coefficient de perméabilité moyen de l'ensemble de l'aquifère est de.10-4 m/s.
En plus des caractéristiques importantes de la surface et de sa forme, l'indice de compacité relatif au bassin de la Seybouse est élevé par rapport aux autres bassins versant de la région à cause du changement de sa forme dans la partie Nord où il devient plus allongé.
Le régime d'écoulement est fortement influencé par les caractéristiques physiques des bassins versants : à la morphologie (pente et orientation) s'ajoutent la nature lithologique du terrain, le couvert végétal et les caractéristiques du réseau hydrographique. Le bassin de l'oued Seybouse est situé entre trois zones physiquement distinctes.
La haute Seybouse se caractérise par des pentes relativement faibles et une lithologie qui favorise l'infiltration. La densité de drainage et le coefficient de torrentialité sont faibles.
Au nivaux de la Moyenne Seybouse, située un peu plus au nord, les pentes deviennent plus fortes, le drainage et le caractère torrentiel plus importants tandis que la perméabilité du terrain diminue.
Dans la Basse Seybouse les pentes redeviennent faibles, le terrain perméable et la densité de drainage ainsi que le coefficient de torrentialité diminuent.
Cette étude a pour objectif l'analyse de l'interaction entre la morphologie, la lithologie du terrain et la dynamique actuelle des cours dans un bassin versant

Mots-Clés: Mots clés : morphologie, lithologie, écoulement, bassin versant, Seybouse, Algérie

Programme CarMoThaP 2016 Les feux de la grotte Chauvet-Pont d'Arc : expérimentations

Catherine Ferrier*[1], Axel Bellivier[2], Delphine Lacanette[3], Jean-Claude Leblanc[4], Jean-Christophe Mindeguia[3], Gildas Auguin[5], Camille Bourdier[4], Evelyne Debard[6], Damien Deldicque[7], Virginie Dréan[5], Valérie Feruglio[1], Nadine Fourrier[2], Philippe Malaurent[3], Fabien Naessens[3], Alain Queffelec[1], Jean-Noël Rouzaud[7], Fabien Salmon[3], Sharon Sarfati[5], Colette Sirieix[3], Mathieu Suzanne[2], Isabelle Théry-Parisot[8], Adissa Traoré[2], Thanh-Toan Truong[2], Cécile Verdet[3]

[1] PACEA – Univ. Bordeaux, CNRS : UMR5199 – France
[2] Lab. Central de la Police de Paris – France
[3] I2M – Univ. Bordeaux, CNRS : UMR5295 – France
[4] TRACES – Univ. Toulouse - Jean Jaurès, CNRS : UMR5608 – France
[5] Efectis France, direction Recherche& Innovation – France
[6] LGLTPE – Univ. Lyon, CNRS : UMR5276 – France
[7] Lab. de Géologie – ENS Paris, CNRS : UMR8538 – France
[8] CEPAM – Univ. Nice Sophia-Antipolis, CNRS : UMR7264 – France
@ : catherine.ferrier@u-bordeaux.fr

Le programme CarMoThaP a pour objectif d'alimenter la discussion sur la fonction des feux réalisés au Paléolithique dans l'endokarst. Ils ont généré des traces (changement de coloration et de dureté des matériaux, thermoclastie, formation de charbons et de suies) dont l'étude vise à restituer les températures atteintes, la nature des combustibles utilisés ainsi que les contraintes dues aux fumées et aux gaz toxiques.
La démarche, interdisciplinaire, comprend trois volets :
- développer et valider un outil de simulation avec couplage aéro-thermo-mécanique,
- constituer une base de données sur la nature physico-chimique des carbonisats,
- identifier les mécanismes responsables de l'évolution des matériaux chauffés.
En 2016, les recherches ont porté sur les traces de feu étudiées depuis 2010 dans la grotte Chauvet-Pont d'Arc et qui se situent sur les parois mais aussi en plafond, parfois à plusieurs mètres de hauteur (secteur de l'Entrée, Galerie des Mégacéros).
Un premier programme d'expérimentation de feu en domaine souterrain (IThEM), financé en 2012 et 2013 par le LaScArBx, a permis d'établir les relations entre les températures et les changements d'état du calcaire, de proposer un paléothermomètre à partir de l'analyse des charbons par spectrométrie Raman et de réaliser les premières simulations de feu dans la Galerie des Mégacéros.
Dans le cadre du programme CarMoThaP nous avons pu dimensionner et caractériser un foyer produisant des températures supérieures à 400°C, à 2,50 m sur un plafond calcaire. Le module de feu expérimenté (125 kg de bois de pin sylvestre répartis en 30 fagots de 4 kg environ disposés en tipi, alimentation par deux fagots toutes les 1mn 30 pendant 40 mn) a reproduit les thermoaltérations visibles dans la grotte. Les données acquises grâce à l'instrumentation vont être utilisées pour simuler ce foyer dans une géométrie 3D d'une partie de la grotte Chauvet-Pont d'Arc. Le but est de préciser au mieux la quantité minimale de bois nécessaire à l'obtention des altérations thermiques et de discuter de la possibilité d'une alimentation en continu du feu, compte tenu des températures et du dégagement de CO, en particulier dans les secteurs profonds de la cavité. Le mécanisme responsable de l'évolution de l'état de surface de la roche (notamment sa teneur en eau) est étudié par un dispositif *in situ* de tomographie de résistivité électrique et par des analyses en laboratoire. Sa compréhension est indispensable pour évaluer le rôle de ces transformations dans le choix des supports opéré par les artistes, à l'Aurignacien.

Mots-Clés: Chauvet, Pont d'Arc, taphonomie, thermo-altération, modélisation aérothermomécanique, palethnologie, ingénierie incendie, suies

Organisation stratigraphique du "Continental Intercalaire" saharien, de l'Algérie à la Libye, par synthèse des données de puits pétroliers

Serge Ferry*[1], Jean-Loup Rubino, Jean-Yves Reynaud

[1] Univ. Lyon 1 – Retraité – France
@ : jean-loup.rubino@total.com, jean-yves.reynaud@univ-lille1.fr

L'analyse de plusieurs centaines de puits pétroliers corrélés de proche en proche, associée à un réexamen des affleurements, complète et révise la synthèse antérieure de G. Busson. Elle confirme les idées de Busson sur l'âge barrémien et non albien des grès de Chenini/Oum ed Diab de Tunisie du Sud, avec ses conséquences sur la révision obligatoire de la stratigraphie récente des vertébrés et plantes fossiles du secteur. Le jeu sédimentaire de la faille de la Jeffara et de la flexure des Chotts est précisé, de même que les érosions et lacunes vers la Libye. Au Sahara algérien, les corrélations de détail conduisent également à des révisions stratigraphiques importantes, par exemple l'âge au plus barrémien des grès "albiens" du Tinrhert. Nous montrons que deux grands épandages gréseux généralisés se manifestent, des confins marocains à la Libye, l'un à l'hauterivien, l'autre au barrémien, respectivement contemporains des grès de Boudinar et de Sidi Aich affleurants en Tunisie centrale. Mais des déformations tectoniques provoquent des emboîtements localisés sur les arches panafricaines sahariennes qui ont rejoué à plusieurs reprises au cours du Crétacé inférieur. Les grès albiens, quant à eux, sont déjetés vers le Sahara algérien, par suite d'un mouvement d'exhaussement en Tunisie le long de la faille de la Jeffara. Dans l'Atlas saharien algérien occidental, le "delta des Ksour" de Delfaud (1974), alimenté depuis le Jurassique supérieur, correspond à la chenalisation dans le rift atlasique des apports anti-atlasiques qui débordent également à l'aplomb du Grand Erg Occidental dans le bassin lagunaire saharien où ils s'effilochent. Nous tentons d'affiner l'analyse séquentielle afin de comprendre les rapports entre faciès fluviatiles et marins dans les épandages gréseux. L'importance des dépôts tidaux a été largement sous-estimée, jusqu'aux confins méridionaux du Tinrhert.

Mots-Clés: Sahara, Crétacé, continental intercalaire

Loi de Walther et modèles de faciès a priori. Un cas d'école : les calcaires urgoniens subalpins

Serge Ferry*[1]

[1] Univ. Lyon 1 – Retraité – France

La signification des faciès calcaires urgoniens et de la séquence progradante urgonienne classique sont révisés à la lumière des relations plate-forme/bassin, notamment le calendrier séquentiel des types d'apports gravitaires en zone profonde (bassin subalpin français).

L'application de la loi de Walther à partir d'une suite de facies construite *a priori*, par opposition à une approche pragmatique de terrain, conduit à deux interprétations diamétralement opposées des faciès à rudistes par rapport aux calcarénites "externes" (Quesne, 1998). Dans l'interprétation classique, les faciès sont censés tous coexister dans le système de dépôt, les calcarénites "péri-urgoniennes" sont interprétées comme bordant les calcaires à cnidaires et rudistes, ces derniers considérés comme des faciès de plate-forme interne protégés, très peu profonds, voire de lagon dans certaines interprétations. Dans la réinterprétation proposée, deux systèmes différents se suivent dans le temps. En bas niveau marin relatif, un prisme calcarénitique à dominance de houle borde la plate-forme exondée. Le système suivant, transgressif et de haut niveau marin, est quasi dépourvu de calcarénites, il correspond à l'installation d'une plate-forme ouverte d'ennoyage, modérément profonde, à ceinture corallienne isolant un domaine interne à rudistes et passant rapidement à des boues vers le large. La profondeur de dépôt de ces faciès à rudistes internes pourrait être de quelques dizaine de mètres en milieu marin ouvert et non représenter un faciès de lagon. Le paradoxe est que les faciès à rudistes, bien que surmontés par une surface d'émersion, sont ici transgressifs et non régressifs. La platitude du système de dépôt explique l'inexistence de prisme progradant lors de la chute du niveau marin relatif.

Les correspondances plate-forme/bassin apportent un argument supplémentaire. La séquence de bassin (bassin vocontien) comporte deux types de dépôts gravitaires, un système turbiditique calcarénitique à la base et un système de coulées boueuses au sommet, précédant l'ennoyage suivant. Dans l'interprétation classique de la séquence urgonienne, les calcarénites externes de plate-forme, au moment de leur progradation maximale, seraient complètement déphasées par rapport au système turbiditique de bassin. La réinterprétation proposée permet de construire un système logique.

Cet exemple conduit à porter un jugement négatif sur une tendance actuelle dans les publications sédimentologiques où il est demandé de faire un inventaire préliminaire des faciès ou "éléments architecturaux", à signification évidemment préconçue, et donc dans les faits de bâtir un modèle *a priori*. Le modèle devrait au contraire suivre de façon raisonnée la description des coupes et des corrélations, être une conclusion, et non cet *a priori*.

Mots-Clés: Urgonien, stratigraphie séquentielle, turbidites

Unravelling the late Miocene exhumation in the West-Central Pyrenees

Charlotte Fillon*[1], Raphaël Pik, Frédéric Mouthereau[1], Nicolas Bellahsen[2], Cécile Gautheron[3], Projet Orogen

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France

[2] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – 4, place Jussieu, BP CC129, 75252 Paris Cedex 05, France

[3] Géosciences Paris-Sud (GEOPS) – CNRS : UMR8148, INSU, Univ. Paris XI - Paris Sud – 91405 Orsay Cedex, France

During the last decade, the Pyrenees have been extensively studied for understanding various geodynamic processes, from hyper-extension to post-orogenic evolution of foreland basins. In this framework, numerous low-T thermochronological studies (around 300 ages across the range) have been published, documenting the different phases of pre-, syn-, and post-orogenic exhumation. The orogen climax is dated to late Eocene, with rates of 2.8 mm/yr, as revealed by AFT/AHe vertical profiles performed in the cristalline massifs of the central Axial Zone. The latest compressionnal features in the southern Pyrenean foreland are dated of late Oligocene and the orogen is supposed to be mainly inactive since then.

Nevertheless, there is growing evidence from independant methods that a late Miocene (around 10 Ma) uplift occured in the south central and western Pyrenees, as well as to the north-east. To the South, we linked the post-orogenic exhumation to the excavation of the foreland valleys caused by the opening of the endorheic Ebro basin towards the Mediterranean Sea. To the West, the tectonic out-of sequence reactivation of the Gavarnie thrust has been invoqued to explain the late Miocene AHe ages in the Bielsa massif.

In this study, we present time-Temperature paths from a new dataset of AHe, AFT and ZHe ages from three different massifs in the western/central part of the Axial Zone. The thermal modeling was conducted using QTQt and consists of inversions of 3 age/elevation profiles (AHe, ZHe and AFT) from 10 samples in the Bielsa massif, 4 in the Bordères-Louron massif and 9 in the Neouvielle massif.

From these paths, we precisely position the signal of 10 Myr-exhumation in the central cristalline massif (Neouville pluton). The other massifs to the East and South do not seem to have recorded this exhumation. Moreover, the time-Temperature paths recently published, show a similar phase of exhumation in westernmost massifs of "Cauterets".

This study thus summarizes the evidences for the post-orogenic phase and attempt to provide preliminary explanation for it: is exhumation linked to the Aquitaine foreland basin evolution? Does it reflect a tectonic reactivation of the Pyrenees? or is the signature of a regional/global climate change conditions ?

This study is part of the Orogen projet, an academic-industrial collaboration (CNRS-Total-BRGM).

A Cellular Automata-based Deterministic Inversion Algorithm for the Characterization of Linear Structural Heterogeneities

Pierre Fischer*[1], Abderrahim Jardani[1], Nicolas Lecoq[1]

[1] Morphodynamique continentale et côtière (M2C) – Normandie Univ – UNIROUEN – UNICAEN – CNRS : UMR6143 – 76000 Rouen, France

Inverse problem algorithms permit to image subsurface properties by producing model which reproduce field investigation data. The model produced can be physically constrained by a priori information on the properties distribution. Geostatistical information are often chosen as a priori information, because they are simple to incorporate (as a variogram function) and they produce realistic model in many cases. But when field properties present a spatial locally-distributed high variability, a geostatistical approach on the properties distribution becomes inefficient. In fact, if the variogram function permits to estimate spatial variabilities, it is not especially adapted to localize these ones.
Therefore, we propose a new algorithm, based on a Bayesian approach, adapted for fields presenting linear structures (such as a fractured field). The Cellular Automata-based Deterministic Inversion (CADI) method is, as far as we know, the first inversion method using a dynamic optimization to generate different linear structures iteratively. In this method the model is partitioned in cellular automaton subspaces, each one controlling a different zone of the model. A cellular automata subspace structures the properties of the model in two units ('structure' and 'matrix') and control their dispensing direction and their values. The partitioning of the model in subspaces permit to monitor a large-scale structural model with only a few pilot-parameters and to generate linear structures with local direction changes. Thereby, the algorithm can easily handle with large-scale structures. Moreover, a sensitivity analysis is done on these structural pilot-parameters, which permits to considerably accelerate the optimization process in order to find the best geometry for the structure. The algorithm has been successfully tested on simple, to more complex, theoretical models with different inversion technics (linear, non-linear and joint inversion), by using seismic and hydraulic data.

Mots-Clés: inverse problem, karstic aquifer, model heterogeneity

Evolution morpho-structurale du Rif interne au Maroc : Approche morphométrique et estimation des taux de surrection récents à partir de systèmes de terrasses alluviales

Aurèlie Flamand*[1], Bruno Scalabrino[1], Carole Petit[1], Michel Corsini[1], Laetitia Leanni[2], Régis Braucher[2], Didier Bourlès[2], Abdelkhalak Ben Moussa[3]

[1] Géoazur – Univ. Nice Sophia-Antipolis, CNRS : UMR7329, Obs. Cote d'Azur, IRD : UR082 – France
[2] Cerege – Aix-Marseille Univ. - AMU – France
[3] Faculté des Sciences de Tétouan, université Abdelmalek Essaadi – Maroc

La chaîne du Rif, située dans la partie occidentale de la Méditerranée est une région clef afin de comprendre les liens entre les processus profonds et les processus de surface. D'un point de vue de la tectonique régionale, les processus responsables de la morphogénèse rifaine ainsi que son évolution spatio-temporelle sont encore mal contraints. Localisées au nord de la chaîne rifaine, les parties internes présentent des particularités morphologiques (hauts reliefs, bassins Pliocènes surélevés et terrasses marines et alluviales) traduisant des phénomènes tectoniques récents induisant des mouvements verticaux de la lithosphère. Afin de caractériser et quantifier les mouvements verticaux de cette région, nous avons mené une étude couplant une analyse morphométrique détaillée des bassins versants avec la caractérisation et la datation de terrasses alluviales en utilisant l'isotope cosmogénique 10Be. Les principaux résultats de cette étude suggèrent : 1) le rajeunissement des bassins versants de l'Ouest vers l'Est marqué par la forme des courbes hypsométriques (convexe à l'E puis concave à l'O) associée aux valeurs des intégrales (0.5 $<$HI$<$ 0.6 à l'E et HI $<$ 0.3 à l'O). Ce déséquilibre dans l'état de maturité des bassins versants est lié à une segmentation de la marge par des structures tectoniques récentes d'orientation NE-SW, compartimentant le Rif interne en blocs individuels évoluant de façon indépendante ; 2) la présence de structures extensives récentes orientées NW-SE, mises en évidence par l'analyse de profils de rivière et d'indices de pente. Ces failles normales seraient responsables de l'évolution récente de la morphologie du Rif interne comme l'atteste la présence de bassins Pliocènes surélevés mais également la présence de vallées perchées sur la bordure méditerranéenne ; 3) des taux d'incision/surrection de l'ordre de 1mm/an dans la partie centrale du Rif interne. Nous apportons pour la première fois l'âge absolu d'abandon de terrasses alluviales dans le Rif interne (vallée de Oued Laou) où 4 systèmes de terrasses ont été datés entre 40 ka et 6 ka. Toutefois, il semblerait qu'un couplage entre les processus tectoniques et climatiques soit responsable des taux obtenus. L'intégration de ces résultats nous permet de proposer que la région du Rif interne est marquée au Quaternaire par un régime extensif radial accommodant un bombement différentiel de la marge, conséquence directe des processus en profondeur sur la topographie de la région.

Assessment of the solid flux of a braided river using high resolution topo-bathymetric data

Jules Fleury*[1], Michal Tal[1], Praktan Wadnerkar[1], Philippe Dussouillez[1], Claude Vella[1], T. Ahlborn[1], Virginie Pothin[1]

[1] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., INSU, IRD, CNRS : UMR7330 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
@ : fleury@cerege.fr

We have studied the fluvial system of the Buech river (southern french Alps) in its downstream part near the Durance confluence. It is a braided style river in a mountaneous area with a bimodal hydrological regime undergoing mediterranean rains in spring and autumns and also snow melting in spring. The 10km long study reach is a braided river system with gravel D50 of 32mm. Although the presence of a dam far upstream, the river hydrology and behavior can be considered mainly natural. In the lower part of the study area, there is a gravel pit that is dredged every year to avoid the sediment infilling of the Sisteron dam and subsequent consequences such as city flooding.
Our goal was to calibrate different methods of calculation of the bedload solid flux using high resolution imagery and topo-bathymetric data from Lidar and SfM-Photogrammetric surveys, all beeing less than 10cm accurate vertically. We propose several ways of assessing the bathymetry and try to compare their efficiency and robustness. The first of it is an extrapolation of cross-section profiles regularly spaced along the reach, the second is the refraction method of SfM-photogrammetry, and the last is the use of the water color depth law calculated from the orthophotography. For the dry surfaces, an uncertainty model of the topography is proposed based on the landcover type, the slope, and a set of ground truth points, thus allowing us to derive an error for sediment budgeting.
Despite the very low hydrology since the start of our experiment two years ago, we could use the sediment budgets at different period to assess the beload flux using the morphological method. Our estimations were then compared with real input volumes entering the gravel trap.

Mots-Clés: solid flux, braided river, sediment budget, SfM, photogrammetry, bathymetry

The Cenomanian lignitic clays of Hucheloup (Écouflant, Maine-et-Loire) : palaeobotanical and palaeoenvironmental study

Rolf Fleury*[1], Fabrice Redois, Didier Néraudeau[1], Benoît Mellier, Christine Strullu-Derrien, Jean-David Moreau[1], Grégoire Maillet[2], Denis Audo, France Polette

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Bâtiment 15 - Univ. Rennes 1 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] Bio-indicateurs Actuels et Fossiles (LPG-BIAF) – CNRS : UMR6112, OSUNA, Univ. Angers – 2 boulevard Lavoisier 49045 Angers Cedex, France
@ : rolf.fleury@gmail.com

The Anjou region is located in the western part of the Paris Basin at the south-east of the Armorican Massif. The Cenomanian clays of *Le Brouillard* quarry (near Ecouflant, Maine-et-Loire) yielded exceptionally preserved plant macroremains. They included centimetric compressions of Conifers, Ginkgoales, and Angiosperms. This quarry was studied during the second half of the 20th century but was partially filled in 2005, rendering further studies impossible. However, in 2006, new fossiliferous deposits were discovered in the *Hucheloup* quarry, located one kilometer west of *Le Brouillard*. The *Hucheloup* quarry displays a succession of sand and clay, presumably Cenomanian in age. Clays yield a diverse fossil assemblage which was already, partly, studied by Néraudeau *et al.* (2013) and Durand (2014). It is dominated by coastal marine and brackish bivalves, mostly of the genera *Brachidontes* (fam. Mytilidae) and *Protocardia* (fam. Cardiidae), and contains an important diversity of plant impressions and compressions, mainly preserved as fragmented leaf remains, with or without cuticle. The plants have been transported, only the brackish bivalves seem to be autochtonous. Plants were ascribed to diverse Pinales (29%), Pteridophytes (29%), Ginkgoales (24%), Angiosperms (17%) and Cycads (1%). The most abundant species are *Frenelopsis alata* (Pinales) and *Eretmophyllum andegavense* (Ginkgoales). The co-occurence of those two species is frequently found in Europe in estuarine mid-Cretaceous deposits. The fauna also includes arthropod remains such as insect eggs and a fragmented carapace of *Meyeria* sp. (Crustacean), as well as bryozoans and brachiopods. The taphonomical, sedimentological, and palaeoecological data revealed that the fossil remains were deposited in a brackish lagoon or the lower part of what was likely an estuary. It allowed the preservation of a rich biodiversity that developed under a tropical climate, at the ocean/land transition.

References :

Durand, M., 2014. Stratigraphie et paléontologie des argiles à plantes et bivalves de la carrière de Hucheloup (Écouflant, Maine-et-Loire). Mémoire de Master 2 de l'Univ. Rennes 1, 20p. (unpublished)

Néraudeau, D., Redois, F., Ballèvre, M., Duplessis, B., Girard, V., Gomez, B., Daverio-Gomez, V., Mellier, B. & Perrichot, V., 2013. L'ambre cénomanien d'Anjou : stratigraphie et paléontologie des carrières du Brouillard et de Hucheloup (Ecouflant, Maine-et-Loire). Annales de Paléontologie 99, 361-374.

Mots-Clés: Cenomanian, Anjou, fossil plants, lignite, taphonomy, Eretmophyllum

Catchment very-high frequency hydrochemistry: the CRITEX Chemical House

Paul Floury*[1], Jérôme Gaillardet[1], Gaëlle Tallec[2], Caroline Gorge, Patrick Ansart, Arnaud Blanchouin

[1] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – Univ. la Réunion, Univ. Paris VII - Paris Diderot, IPG PARIS, INSU, CNRS : UMR7154 – IPGP, 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05 ; Univ. Paris Diderot, Bât. Lamarck A case postale 7011, 75205 Paris Cedex 13, France
[2] Hydrosystèmes et bioprocédés (UR HBAN) – Irstea – 1 rue Pierre-Gilles de Gennes 92761 Antony Cedex, France

Exploring the variations of river quality at very high frequency is still a big challenge that has fundamental implications both for understanding catchment ecosystems and for water quality monitoring. Within the French Critical Zone program CRITEX, we have proposed to develop a prototype called "Chemical House", applying the "lab on field" concept to one of the stream of the Orgeval Critical Zone Observatory.
The Orgeval catchment (45 km^2) is part of the Critical Zone RBV ("Réseau des bassins versants") network. It is a typical temperate agricultural catchment that has been intensively monitored for the last 50 years for hydrology and nutrient chemistry. Agricultural inputs and land use are also finely monitored making Orgeval an ideal basin to test the response of the Critical Zone to agricultural forcing [1]. Geology consists of a typical sedimentary basin of Cenozoic age with horizontal layers of limestones, silcrete and marls, covered by a thin loamy layer. Two main aquifers are present within the catchment: the Brie and the Champigny aquifers. Mean runoff is 780 mm/yr.
The Chemical House is a fully automated lab and installed directly along the river, which performs measurement of all major dissolved elements such as Na, Cl, Mg, Ca, NO3, SO4 and K every half hour. It also records all physical parameters (Temperature, pH, conductivity, O2 dissolved, Turbidity) of the water every minute. Orgeval Chemical House started to measure river chemistry on June 12, 2015 and has successfully now recorded several months of data. We will present the architecture of the chemical house and the first reproducibility and accuracy tests made during the summer drought 2015 period. Preliminary results show that the chemical house is recoding significant nychtemeral (day/night) cycles for each element. We also observe that each element has is own behaviour along a day.
[1] J. Garnier et al. (2014) Journal of Environmental Management. 144, 125- 134.

Mots-Clés: critical zone, high frequency geochemistry

Modélisation de la glaciation Gaskiers, le rôle des mouvements rapides des continents à l'Ediacarien

Frédéric Fluteau*[1], Boris Robert[1], Guillaume Le Hir[1], Christophe Dumas[2], Jean Besse[1], Marianne Greff-Lefftz[1]

[1] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – Univ. Paris VII - Paris Diderot – CNRS : UMR7154 – Univ. Sorbonne Paris Cité (USPC) – 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05, France
[2] Lab. des sciences du climat et de l'environnement (LSCE) – Univ. Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ) – Gif sur Yvette, France
@ : fluteau@ipgp.fr

L'Ediacarien (635-542Ma) est une période charnière dans l'histoire de la Terre. Elle est marquée notamment par l'oxygénation des eaux de fond des océans en remplacement d'un environnement anoxique et ferrugineux, le développement d'une faune marine riche, une anomalie négative majeure en δ13C (l'événement de Shuram–Wonoka) enregistrée dans les carbonates et enfin la dernière phase de glaciation du Néoprotérozoïque. Bien qu'enregistrée sur différents cratons, la glaciation dite de Gaskiers n'est pas considérée comme une glaciation globale, contrairement aux glaciations Marinoenne (vers 635Ma) et Sturtienne (vers 720Ma). La particularité de cette glaciation réside dans sa distribution temporelle des dépôts glaciaires. Si la glaciation Gaskiers, datée à 583Ma$\pm$2Ma, est clairement identifiée, il existe sur différents cratons, des évidences de glaciations antérieures et postérieures à la phase Gaskiers. Cette étude vise à comprendre les causes possibles de l'hétérochronie des dépôts glaciaires lors de l'Ediacarien.
Cette glaciation se déroule au cours d'une période marquée par des changements paléogéographiques majeurs au cours de laquelle de grands et rapides mouvements de l'axe de rotation de la Terre (i.e. true polar wander) pourraient s'être produits entre 620 Ma et 560 Ma (cf Robert et al., RST2016). C'est aussi durant cette période que se forme progressivement le continent Gondwana, occasionnant des orogenèses majeures. Ces événements conduisent donc à une modification importante et rapide de la position des continents durant l'Ediacarien et le développement de vaste chaîne de montagne.
L'objectif de ce travail est de tester l'impact de ces bouleversements paléogéographiques sur le climat et plus particulièrement sur l'extension des glaces continentales. Pour cela, nous allons simuler à l'aide du modèle couplé océan-atmosphère FOAM, le climat pour 3 périodes de l'Ediacarien, 615Ma, 580 Ma et 565 Ma. Du fait de l'absence de contrainte sur la teneur atmosphérique en CO_2, nous allons tester plusieurs scénarii de manière à tester la sensibilité du climat à ce paramètre. A l'aide du modèle de calotte de glace GRISLI, nous calculerons l'extension des calottes de glace pour chaque simulation climatique réalisée. Ces résultats seront confrontés aux indicateurs paléoclimatiques, notamment aux preuves de glaciation.

Mots-Clés: vlaciation, Ediacarien, Gaskiers, paléogéographie, modélisation

Contribution de la géotechnique pour l'évaluation archéologique du sol urbain à Bourges

Mélanie Fondrillon*[1], Amélie Laurent-Dehecq[2], Xavier Rolland[3]

[1] Communauté d'agglomération Bourges Plus – UMR 7324 CITERES – 9 rue du général Ferrié, France
[2] Conseil départemental du Loiret – Lab. Archéologie et Territoires (UMR 7324 CITERES) – France
[3] Communauté d'agglomération Bourges Plus – Communauté d'agglomération Bourges Plus – France
@ : amelie.laurent@loiret.fr

La multiplication des opérations d'archéologie préventive dans le centre ancien de Bourges a favorisé le développement d'études de topographie urbaine dans les années 1990. Mais l'estimation du potentiel archéologique de la ville, initiée à cette époque, n'a pas été actualisée depuis. Cette approche évaluative, essentielle pour la connaissance de l'histoire urbaine dans la longue, repose sur la mesure de plusieurs indicateurs : toit et nature du substrat, épaisseur de *sol urbain* et séquençages internes, à partir desquels il est possible d'émettre des hypothèses topo-historiques.
Le service d'archéologie de Bourges Plus a engagé un projet d'évaluation du potentiel archéologique, avec une première expérimentation à l'échelle d'un îlot urbain (*Jardins de l'Archevêché*) durant l'été 2016. Ce projet comporte deux volets : le premier consiste à collecter l'ensemble des informations d'ordre topographique et historique, à partir de sources diversifiées (fouilles archéologiques, données géotechniques et géologiques, sources textuelles et planimétriques) ; le second volet concerne l'acquisition de nouvelles données par une campagne de prospections non destructrices, opérée en juillet 2016 dans les Jardins de l'Archevêché. Une place importante sera donnée au PANDA© (pénétromètre dynamique léger assisté par ordinateur), appliqué depuis 2002 sur différents contextes archéologiques urbains (Tours, Lyon, Blois, Orléans) et en particulier à Bourges depuis 2009, dans le cadre d'opérations de diagnostics archéologiques. Sur la base du référentiel pénétrométrique, alimenté au fil des opérations, il est possible de caractériser les niveaux sondés et de repérer le toit du socle calcaire. Cette prospection géotechnique sera couplée à une campagne de prospection électrique.
L'utilisation de ces méthodes d'évaluation a pour objectif de reconnaître le toit du substrat, l'épaisseur et la nature de la stratification ; il s'agit également de tester la présence de certaines structures d'ampleur sur le site (terrassement du versant oriental de l'éperon à l'époque antique, tracés des systèmes défensifs antiques et médiévaux, limites du bâti médiéval et moderne). Le traitement numérique (SGBD couplé à un SIG) de l'ensemble des données stratigraphiques collectées permettra d'établir des cartes de modélisation du toit du substrat (topographie initiale, tracé d'un possible thalweg) et des paléo-MNT par période sur la base de la stratigraphie repérée.

Mots-Clés: sol urbain, archéologie urbaine, modélisation, géotechnique, SIG

La cinématique de la plaque ibérique au cours du Mésozoïque : limitations et perspectives

Eric Font*[1]

[1] Fundaçao da FCUL (FFCUL) – IDL-FCGUL, Faculdade de Ciências de Lisboa Campo Grande, 1749-016 Lisboa, Portugal

Au cours du Crétacé, la séparation du supercontinent Pangée et l'ouverture de l'Atlantic Nord ont causé la séparation de la microplaque Ibérique entre l'Eurasie et l'Afrique, donnant lieu à l'ouverture de la Baie de Biscaye, la rotation de l'Ibérie et la formation de la chaine Pyrénéenne. Comprendre l'évolution paléogéographique et cinématique de la microplaque Ibérie au cours du Mésozoïque est donc d'une importance capitale pour mieux contraindre les modelés de la formation des Pyrénées. Cependant la rotation de l'Ibérie est encore un sujet controversé dans la littérature. Plus particulièrement, l'intégration des pôles paléomagnétiques de l'Ibérie et des pôles de euler déduites des anomalies marines dans une base de donnée globale (courbe globale de dérive polaire apparente, GAPWP, Torsvik et al., 2012) indique que les modèles cinématiques sont cohérents entre 60 et 100 Ma, mais que les pôles de euler et les pôles paléomagnétiques et de euler sont incompatibles entre 100 et 160 Ma. Cette incompatibilité est interprétée comme le résultat de la faible qualité des données paléomagnétiques dans cette intervalle géologique, et sur l'interprétation erronée des anomalies magnétiques du fond océanique.

The Corbières orocline –inversion of an inherited crustal transfer zone

Mary Ford*[1,2], Frédéric Christophoul[3], R. L. Menzer[1,2], Jules Simonis[1,3], Mickael Coutard[1,2]

[1] Univ. Lorraine, ENSG, INP – Univ. Lorraine – rue du Doyen-Marcel-Roubault, 54501 Vandoeuvre-lès-Nancy, France
[2] Centre de recherches petrographiques et géochimiques (CRPG) – CNRS : UMR7358 – 15 Rue Notre Dame des Pauvres, 54501 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex, France
[3] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – CNRS : UMR5563, Univ. Toulouse Paul Sabatier – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France

Orogens inherit the lateral crustal segmentation of rift systems and passive margins. Each segment can have a different rheology and structure, which will influence its response to convergence. What parameters control the degree and style of reactivation of transfer zones ? What is their role in partitioning foreland deformation on local and orogen scales? How does the presence of salt influence transfer zones inversion?
In the easternmost North Pyrenees the NE-SW Tethyan Jurassic-Cretaceous rift system linked with the E-W Pyrenean rift system. The inversion of this salt –rich (Keuper) transfer zone created the 60 km wide Corbières orocline linking the north vergent fold and thrust belts of the North Pyrenean Zone and the Pyrenean-Provencal zone to the NE. The thin-skinned west vergent Corbières nappe, long recognised as a gravitational nappe, is the principal structure of the progressive orocline. The kinematics and origin of the Corbières nappe have long been debated. How much shortening did the nappe and its emplacement accommodate? How much rotation occurred? How can the North Pyrenean Frontal Thrust link directly to the Corbieres Thrust? Using a series of restored cross sections based on new stratigraphic and structural mapping we analyse the change in shortening and kinematics around the orocline and reconstruct pre-orogenic rift geometries. We show that:
(1) The nappe preserves Jurassic and Early Cretaceous rift structures that were passively transported over 17 km onto the foreland above a salt décollement.
(2) Apto-Albian rifted fault blocks are preserved in the Corbières autochton
(2) E-W folds in the North Pyrenean Zone die out abruptly as the orocline is approached.
(3) The North Pyrenean foreland basin closes to the east recording a long-lived syn-orogenic uplift of an eastern crustal segment.

Mots-Clés: Pyrenees, crustal transfer zone, Corbières orocline

Propriétés élastiques des roches saturées, du terrain au laboratoire : prise en compte de l'effet de fréquence

Jérôme Fortin*[1], Lucas Pimienta, Jan Borgomano, Yves Guéguen

[1] Lab. de Géologie – Ecole Normale Supérieure de Paris - ENS Paris – France

La mesure des vitesses des ondes élastiques est une technique couramment utilisée en laboratoire. D'un autre coté, à l'échelle d'un réservoir pétrolier, ou d'un champ géothermique, les géophysiciens mesurent également les vitesses des ondes élastiques pour cartographier les zones où les fluides sont présents.
Peut-on extrapoler les résultats de laboratoire au terrain ?
Pas directement, car la confrontation des données expérimentales de laboratoire et des données acquises in situ nécessite de prendre en compte l'effet de fréquence. En laboratoire, les fréquences utilisées pour la mesure des ondes élastiques sont de l'ordre du MHz, alors que sur le terrain les fréquences utilisées sont de l'ordre du kHz pour les mesures en diagraphie. Dans cet exposé nous exposerons les raisons théoriques qui expliquent les effets liés au changement de fréquence. Nous présenterons ensuite les approches expérimentales développées au laboratoire de géologie de l'ENS pour comprendre le changement d'échelle en fréquence.

Mots-Clés: vitesses des ondes, fréquence, grès, carbonate

Infering the relation of hydrometeorological variability on the durance watershed (southeastern france) to large scale circulation from anatem reconstructed series

Manuel Fossa*[1], Thibault Mathevet[2], Joël Gailhard[2], Nicolas Massei[1]

[1] Morphodynamique continentale et côtière (M2C) – Normandue Univ, UNIROUEN, UNICAEN, CNRS : UMR6143 – 76000 Rouen, France
[2] EDF-DTG – EDF – 1, Avenue de l'Europe, 38000 Grenoble, France

An original reconstruction method for rainfall and temperature called ANATEM has been developed by Electricité de France in 2013 (Kuentz et al., 2015) combining both a nearby time series (TEM) and a climate field (i.e: geopotential height)(ANA) as predictors. ANATEM was used to reconstruct daily rainfall time series from 25 stations of the Durance watershed in South of France, spanning 1883-2010. This study focused on extracting the large scale information contained in the reconstructed series. Wavelet analyses were used to decompose the signal into 4 time scales variabilities while composite map analyses enabled to show the links between mean rainfall over the durance and climate fields in the Euro-Atlantic sector. The study showed that ANATEM reconstruction can indeed improve on long term/large scale reconstructions and thus that reconstructions can be used to infer climate processes. Wavelet Multiresolution analysis over the Durance watershed showed a dip in long-term rainfall from 1950 to the end of the 20th century. Composite analysis revealed that rainfall variation (from low to high rainfall) over the Durance watershed is mainly associated with transition from positive NAO-like pattern to negative NAO-like one. The spatial large scale information shows a strong variability with season. In summer, large scale forcing seem less apparent. Long term oscillations showed distinct spatio-temporal patterns compared to shorter term oscillations highlighting the role of local morphology such as relief.

Mots-Clés: hydrometeorological variability, multi resolution analysis, ANATEM

Multiresolution analysis (MRA) classification of plurennial to multi-decadal climate drivers to streamflow in France using Wavelet Transform and Geostatistical Euclidean Distance Clustering

Manuel Fossa*[1], Marie Nicolle[1], Nicolas Massei[1], Benoit Laignel[1], Matthieu Fournier[1]

[1] Morphodynamique continentale et côtière (M2C) – Normandue Univ, UNIROUEN, UNICAEN, CNRS : UMR6143 – 76000 Rouen, France

Streamflow exhibits variabilities at different time scales. Those originate from the different internal physical processes that are created within the water volume as well as those from the forcing that drive streamflow (e.g. climate drivers). In the context of climate change it is of prime importance to identify the signature of climate signals within local variables like streamflow. The presence of climate driver signatures within time series of local variables (e.g. rainfall, streamflow, temperature) has already been established for different time scales of variability by multiple studies. However, the spatial repartition of such signatures hasn't been, to the best of our knowledge, done on streamflow in France and considering the different time scales. This study assesses if a classification of climate drivers of streamflow in France is possible for three time scales of variability: 6 years, 10 years and 21 years. This study assesses the link between 152 streamflow measurement stations in France and five climate drivers fields (geopotentials, zonal and meridional winds, sea surface temperature and air humidity) and the spatial repartition of climate patterns that force streamflow in France. First, the link between streamflow and climate fields is established using a point-wise correlation analysis, then a specifically developed clustering method named Geostastical Euclidean Distance Clustering (GeoEDC) classifies the stations based on the global similarity of their climate driver fields allowing establishing cluster maps for each of the five climate drivers. Results show that clear spatial patterns exist for each climate driver and for each of the three time scale of variability considered. The study also shows that the GeoEDC method is very robust producing cluster with smooth gradient of similarity from clusters centroids

Mots-Clés: multiresolution Analysis, field correlation analysis, geostatistical Euclidean distance clustering, streamflow, climate drivers

Le mécanisme de formation des brèches nord-Pyrénéennes : nouvelles contraintes apportées par les brèches du Moulin de Ferrand en Espezel, Pays de Sault

Serge Fourcade*, Michel de Saint Blanquat[1], Yves Lagabrielle[2], Camille Clerc

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III – 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France
[2] Géosciences Rennes – Univ. Rennes 1 – Rennes, France
@ : sg.fourcade@orange.fr, yves.lagabrielle@univ-rennes1.fr

Dans la Zone Nord-Pyrénéenne, un linéament quasi continu de brèches mono- à polygéniques jalonne le système de failles limitant le nord de la Zone Interne Métamorphique (ZIM). La signification de ces brèches n'est pas consensuelle. Au sud d'Espezel, dans la partie nord de la ZIM, dans l'axe de la terminaison W du massif Nord Pyrénéen de Béssèdes de Sault, des cavités karstiques ouvertes dans ces brèches permettent d'observer la géométrie de ces matériaux dans des conditions d'affleurement exceptionnelles sur des surfaces lisses et sur des distances métriques. Le protolithe présumé liasique, est composé de marbres gréseux calcitiques à dolomitiques montrant une foliation marquée par des alternances centimétriques de lits blancs et gris-bleutés. Les minéraux classiques du métamorphisme HT pyrénéen (muscovite, phlogopite, scapolite) sont alignés dans la foliation. La déformation ductile synmétamorphique est caractérisée par des plis complexes, à apparence de plis en fourreau. Une déformation fragile, à disposition actuelle en failles normales, segmente ces plis et culmine avec une fragmentation de la roche en " dominos " où la dislocation des plis jusqu'à une brèche +/- isotrope est bien visible. Ces brèches renferment des clastes exotiques de taille millimétrique à métrique de manteau (serpentine, lherzolite), de méta-ophite calcitisée, et de carbonates riches en talc dans un ciment jaunâtre contenant les mêmes minéraux que les marbres, mais de granulométrie plus fine. Le plus gros de ces clastes, de taille métrique et grossièrement sphérique, est une ophicalcite. L'ensemble de la brèche est recoupé ensuite par une déformation fragile de caractéristiques pyrénéennes, en chevauchement à vergence N-NE, avec ciment rougeâtre. Une intense stylolitisation des brèches, accompagnée de fissures à remplissage sparitique est à rattacher pro parte à cette phase compressive. Ces observations suggèrent : 1) que ces brèches se rattachent à l'épisode extensif deu Crétacé *s.l.* et semblent se développer dans la continuité de la transition ductile/fragile. D'origine tectonique, elles intègrent des composants exotiques érodés dans une deuxième phase de leur histoire et peuvent donc être qualifiées de tectono-sédimentaires ; 2) qu'entre les jalons lherzolitiques du Bois de la Pinouse (Ariège) et de Salvezines (Aude) le manteau a aussi été exhumé au fond des bassins albo-cénomaniens de cette partie du Pays de Sault, sans couverture sédimentaire, comme en témoigne la présence d'ophicalcites.

Mots-Clés: brèches, zone nord pyrénéenne, ductile, cassant, tectonosédimentaire

Enregistrement de l'activité sédimentaire dans les parties médiane et distale du système turbiditique du Gange-Brahmapoutre (baie du Bengale)

Lea Fournier*[1], Kelly Fauquembergue[1], Sébastien Zaragosi[1], Thibault De Garidel-Thoron[2], Bruno Malaize[1], Franck Bassinot[3], François Leparmentier[4], Christophe Colin[5], Ronan Joussain[6], Catherine Kissel[3], Eva Moreno[7,8]

[1] EPOC – UMR CNRS 5805 – Univ. Bordeaux – Allée Geoffroy St Hilaire, Pessac, France
[2] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., INSU, IRD, CNRS : UMR7330 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[3] Lab. des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – CEA, CNRS : UMR8212, UVSQ – Bât 12, avenue de la Terrasse, 91198 Gif-sur-Yvette Cedex, France
[4] TOTAL SA (PN) – La Défense, France
[5] Géosciences Paris-Sud (GEOPS) – Univ. Paris Sud - Paris XI, CNRS : UMR8148 – 91405 Orsay Cedex, France
[6] State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University – Chine
[7] Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) – 57, rue Cuvier - 75231 Paris Cedex 05, France
[8] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – 4, place Jussieu BP CC129 75252 Paris Cedex 05, France

Le système turbiditique de la baie du Bengale est le plus grand système sédimentaire répertorié à ce jour. Il est principalement alimenté par les fleuves Gange et Brahmapoutre. La baie du Bengale se caractérise par un plateau continental très large au niveau des deltas du Gange-Brahmapoutre et de l'Irrawaddy (environ 250 km) et un talus abrupt sur l'ensemble de la baie. Le système turbiditique du Gange-Brahmapoutre est caractérisé par la présence de nombreux systèmes chenaux-levées dont un seul est toujours actif actuellement.

Les données acquises lors de la mission MONOPOL en 2012 ont permis d'étudier l'activité sédimentaire de ce système à travers des carottages situées sur les levées des chenaux turbiditiques. Les carottes MD12-3412 et MD12-3417 ont été prélevées dans la partie médiane du système turbiditique entre 350 et 450 km du canyon principal, tandis que la carotte MD12-3423 a été prélevée dans la partie distale du système, à plus de 1300 km de ce canyon. Si la carotte MD12-3417 localisée sur la levée principale du chenal actif enregistre une activité turbiditique intense sur les derniers 9800 ans cal BP, les carottes MD12-3412 et MD12-3423 ont permis, en enregistrant l'activité sédimentaire sur plusieurs cycles climatiques, de mettre en évidence l'importance des variations du niveau marin dans l'alimentation du système.

La comparaison de la nature et de la fréquence des séquences turbiditiques des parties médiane et distale du système nous a également permis de mieux comprendre l'évolution amont-aval des transferts sédimentaires sur des parcours supérieurs à 1000 km.

Mots-Clés: baie du Bengale, turbidité, niveau marin, climat

Evolution structurale des systèmes source-to-sink sur la marge Tanzanie/Mozambique depuis le Paléocène

Lea Fournier*[1], Sébastien Zaragosi[1], François Leparmentier[2], Julien Bourget[3], Luc Beaufort[4], Laurine San Pedro[5], Yann Le Faou[6], Thierry Garlan[6], Bruno Malaize[1]

[1] EPOC – UMR CNRS 5805 – Univ. Bordeaux – Allée Geoffroy St Hilaire, Pessac, France
[2] TOTAL SA (PN) – La Défense, France
[3] School of Earth and Environment (UWA) – 35 Stirling Highway Crawley WA 6009, Perth, Australie
[4] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., INSU, IRD, CNRS : UMR7330 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[5] Lab. Domaines Océaniques (LDO) – CNRS : UMR6538, Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), Univ. Bretagne Occidentale (UBO) – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
[6] Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) – Ministère de la Défense – 13 rue du Chatellier 29200 Brest, France

Le système turbiditique du Rovuma-Rufiji (RRTS) et le système turbiditique du Zambèze sont à ce jour les plus grands systèmes source-to-sink décrits sur la marge est-africaine. La partie amont du RRTS situé sur la marge tanzanienne se localise au niveau des grabens de Kerimbas et de Makonde formés par initiation de la ride de Davie. Ces structurations complexes de la marge sont liées à la prolongation du rift est africain dans le domaine marin.

Les transferts sédimentaires en provenance des rivières de Tanzanie/Mozambique, ainsi que la morphologie des canyons et chenaux sous marins associés, sont orientés par la structuration de la marge. Les écoulements vont tout d'abord être reconcentrés dans les grabens, véritables bassins de drainage intrapentes, puis vont ensuite être dirigés vers les bassins plus profonds, tels que la plaine abyssale de Somalie au nord, et le bassin des Comores au sud.

Si le relief de la ride de Davie lui confère un rôle de barrière des transferts sédimentaires sur la marge Tanzanie/Mozambique, il semblerait cependant que son flanc oriental ait été incisé par de nombreux chenaux, fossilisés à ce jour par un drapage sédimentaire dont l'épaisseur varie du nord au sud de la ride.

La mise en place de la ride de Davie et des grabens d'intrapente associés ont contraint à dévier les écoulements vers le nord et le sud de la ride, entraînant ainsi l'arrêt de l'activité turbiditique sur la façade est de la ride de Davie, et le remplissage sédimentaire des chenaux. L'évolution des systèmes source-to-sink sur la marge tanzanienne semble contemporaine aux grandes phases tectoniques présentes depuis le Paléocène sur le continent est-africain.

Mots-Clés: Rift est-africain, ride de Davie, système source-to-sink

Etude du fonctionnement de la zone critique en petit bassin agricole : déploiement d'instruments innovants pour lever les verrous de connaissance identifiés à partir d'un monitoring long-terme et multi-disciplinaire – Le projet Critex sur l'ORE AgrHyS

Ophélie Fovet*[1], Gérard Gruau[2], Laurent Ruiz[1], Anne-Catherine. Pierson-Wickmann[2], Jérôme Gaillardet[3], Laurent Longuevergne[2], Olivier Bour[2], Tanguy Le Borgne[2], Chantal Gascuel-Odoux[1], Chris Fléchard[1], Laurent Prévot[4], Bernard Cappeleare[5], Jérôme Demarty[5]

[1] INRA Rennes (UMR Sol Agro hydrosystèmes Spatialisation) – Agrocampus Ouest – 65 rue de St Brieuc 35042 Rennes, France
[2] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - 35042 Rennes Cedex - France
[3] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – Univ. Paris VII - Paris Diderot, CNRS : UMR7154, 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05, France
[4] INRA – UMR LISAH – 2 pl. Viala, 34000 Montpellier, France
[5] Hydrosciences Montpellier – IRD, CNRS : UMR5569, Univ. Montpellier II – Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5, France

L'observatoire de recherche en environnement Agrhys (SOERE Réseau des Bassins Versant http://www6.inra.fr/ore_agrhys) a pour objet l'étude des temps de réponse des hydrosystèmes agricoles notamment en termes de flux hydriques et hydrochimiques (cycles de l'eau, du C, N et P). Depuis près de 25 ans, les recherches menées sur la bassin de Kervidy-Naizin (Bretagne, 5 km^2) par une équipe inter-disciplinaire incluant hydrologues, hydrogéologues, biogéochimistes des eaux et du sol, agronomes, pédologues et bioclimatologues, ont permis l'acquisition de données environnementales dans différents compartiments de la zone critique et à diverses temporalités (évènements de crue ou intervention agricole, saisonnalité intra-annuelle et variabilité interannuelle). L'analyse de ces données a permis la mise en évidence des processus dominants impliqués dans les cycles biogéochimiques à l'échelle des bassins versants élémentaires sur socle imperméable, notamment le rôle de la nappe superficielle sur les flux d'azote (Molenat et al., 2008) et la mobilisation des formes dissoutes du Carbone organique (Lambert et al., 2013) et du phosphore (Dupas et al., 2015). L'exploitation de ces observations pour alimenter ou développer différents modèles biophysiques ont permis de quantifier les contrôles de ces flux par la topographie (Beaujouan et al., 2002), les éléments du paysage (Benhamou et al., 2013), les pratiques agricoles (Beaujouan et al., 2001) et la variabilité climatique (Aubert et al., 2013; Humbert et al., 2015). Le déploiement d'instrumentations innovantes dans la cadre de l'Equipex Critex permet aujourd'hui d'aborder de nouvelles questions émergentes sur la base de la compréhension acquise du système. En particulier, (i) la mesure de l'évapotranspiration réelle par eddy covariance permettra de compléter la mesure de toutes les composantes du bilan hydrologique et d'évaluer le stock du bassin et l'incertitude des estimations actuelles dues aux éventuelles pertes profondes. D'autre part, (ii) la mesure haute fréquence et à haute résolution spatiale de la température dans le cours d'eau par fibre optique apparaît comme une voie intéressante pour caractériser la variabilité spatiale des contributions hydrologiques (profond, sub-surface et surface) le long du réseau hydrographique et entre les différents versants qui montrent aujourd'hui des différences de fonctionnement notables, avec des conséquences fortes sur la dynamique des stocks et émissions de C, N et P entre ces versants. Enfin (iii) l'installation d'une station de mesure en continu de la chimie de l'eau à l'exutoire du bassin versant va permettre l'étude du régime de crues, un calcul fin des flux exportés et l'estimation des incertitudes sur ce calcul lorsqu'on dispose d'une mesure à plus basse fréquence ; et l'étude des cycles jour-nuit de température et de concentrations en éléments chimiques majeurs.

Mots-Clés: zone critique, flux d'eau et de nutriments, cycles, bilans, RBV, critex, ORE Agrhys

Role of partial melting on the spatial and temporal strain partitioning. An example from the Variscan Belledonne - Pelvoux area

Kévin Fréville*[1], Pierre Trap[2], Jérémie Melleton[3], Olivier Blein[3], Michel Faure[1]

[1] Institut des science de la Terre d'Orléans (ISTO) – BRGM – Univ. Orléans, CNRS : UMR7327 – 1A rue de la Férollerie, 45071 Orléans Cedex 2, France
[2] Lab. Chrono-environnement – CNRS : UMR 6249– Univ. Franche-Comté – 16 route de Gray, 25000 Besançon, France
[3] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – ISTO – UMR 7327, 3 avenue Claude Guillemin, F-45060 Orléans Cedex 2, France

The Variscan basement of the Alpine Belledonne and Pelvoux External crystalline massifs is a key target to study the feedback relations between partial melting and deformation, characterizing the late orogenic crustal flow. In this contribution we present new structural, petrological and geochronological data in order to (1) redefine the litho-tectonic architecture of these two massifs, (2) propose a tectonic scenario with three main deformation/metamorphism events and (3) discuss the role of late-orogenic crustal flow on the evolution of the Southern segment of the French Variscan Belt.
The Belledonne-Pelvoux area consists of a tectonic pile in which the uppermost unit is the Chamrousse Ophiolite nappe. It overthrusts a volcano-sedimentary unit, cropping out in the eastern Belledonne and western Pelvoux composed of an alternation of volcanoclastic rocks, and metapelites. The lowermost litho-tectonic unit is made of felsic and mafic migmatites and granitoids that form the major part of the Pelvoux massif. An unmetamorphosed Visean sandstone-conglomerate series with felsic lava, named the Taillefer unit, unconformably overlies the nappe stack. Structural analysis reveals three main Carboniferous tectono-thermal events, named D1-D2-D3. The tectonic pile formed during eastward directed nappe stacking (D1/M1 event), responsible for westward dipping foliation (S1) and E-W trending stretching lineation (L1). D1 mineralogical assemblages in staurolite-bearing micaschists yield M1 barrovian metamorphic conditions at 6-8kbar and 600-680°C. Monazite and zircon LA-ICP-MS U-Pb analyses constrain the D1/M1 event at 338 $\pm$ 6 Ma.

In the unmolten middle crust (i.e. Belledonne Massif), a D2 event is characterized by the upright folding of S1 and the development of NE-SW trending pervasive sub-vertical S2 foliation. In the partially molten domain (i.e. Pelvoux massif), D2 is also represented by the development of C-C' sub-vertical shear zones. D2 event is interpreted as a transpressive tectonic setting that occur under post-solidus conditions coeval with the emplacement of S-type granitoïds between ca. 320-295 Ma. The Taillefer unit is deformed by the D2 event.
At the transition zone between the molten and the unmolten domains, the D1 and D2 fabrics are transposed by a flat laying S3 foliation, with a NW-SE L3 stretching lineation and a top-to-the NW shearing. The D3 event is interpreted as the response to a vertical shortening and a horizontal stretching due to the flow of the deep partially molten crust toward the SE. D2 and D3 were contemporaneous but partitioned between the deep migmatitic part and the upper unmolten crust along the anatectic front. These observations are replaced in the late tectono-thermal evolution of the Southern part of the Variscan belt.

Mots-Clés: Variscan belt, external crystalline massifs, strain partitioning, geochronology, metamorphism

Dynamiques spatio-temporelles de la contamination en plomb dans le bassin versant de l'Orge : impacts couplés de l'usage des sols et de l'hydrologie

Claire Froger*, Sophie Ayrault[1], Cécile Quantin[2], Gaël Monvoisin, Louise Bordier

[1] LSCE – CEA, CNRS : UMR8212, Univ. Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ) – France
[2] Universite Paris XI - Paris Sud – 15 Rue Georges Clemenceau, 91400 Orsay, France
@ : sophie.ayrault@lsce.ipsl.fr

L'urbanisation croissante a engendré une pression importante sur les écosystèmes aquatiques. Le ruissellement sur les surfaces imperméabilisées, le lessivage et l'érosion des sols contaminés ainsi que les rejets industriels ont conduit à une forte contamination des rivières, notamment dans le bassin de la Seine (Thévenot et al. 2007, Lorgeoux et al. 2016). A l'échelle du bassin versant, la connaissance des sources et de la dynamique de transfert des polluants est essentielle pour une gestion raisonnée de ces milieux, récepteurs de multiples pollutions.
Le bassin versant de l'Orge (900 km^2), situé au sud Est de la région parisienne, est un sous-bassin de la Seine, très réactif aux changements météorologiques, présentant un fort gradient d'urbanisation amont - aval (Le Pape et al. 2012). Ses caractéristiques en font un très bon observatoire de l'impact de l'urbanisation sur les milieux aquatiques. Ainsi, l'objectif principal de l'étude est de comprendre le comportement des éléments traces métalliques au sein du bassin, dans les compartiments dissous et particulaires, en intégrant à la fois une dimension spatiale et temporelle. Les quatre points de prélèvement sur l'Orge décrivent le gradient d'urbanisation. Les campagnes d'échantillonnage ont été planifiées afin d'englober différentes périodes hydrologiques (hautes eaux, étiage, pics de crues). Les analyses des éléments majeurs et mineurs des fractions dissoutes et particulaires ont été effectuées par Spectroscopie d'Absorption Atomique (après mise attaque acide pour les matières en suspension), celles des éléments traces ainsi que des isotopes du plomb sur spectrométrie de masse quadripolaire à plasma à couplage inductif (ICP-QMS).
Les isotopes stables du plomb permettent d'identifier les sources de plomb (additifs plombés de l'essence, contamination industrielle, fond géochimique, etc.) (Priadi et al. 2011) et d'évaluer leurs contributions (Ayrault et al. 2014, Le Pape et al. 2013).
Ainsi, les rapports isotopiques 206Pb/207Pb et 208Pb/206Pb montrent que les variations spatiales de la contribution des sources de plomb à la contamination de la rivière sont dépendantes du fonctionnement hydrologique de la rivière. En période de hautes eaux, on observe une variation du pôle " naturel " vers le pôle " urbain " de l'amont vers l'aval, variation qui suit le gradient de pression urbaine. En période d'étiage, et bien que l'amont soit déjà marqué par des apports anthropiques, on observe également un gradient amont-aval. Au contraire, après un orage d'été, les signatures sont beaucoup plus homogènes spatialement autour d'un pôle qui semble être celui du plomb apporté par la combustion du charbon (Semlali et al., 2004). Comparées à des données antérieures, ces résultats montrent une nette diminution de la contribution des additifs plombés dans l'essence dont l'utilisation a été interdite en 2000.

Mots-Clés: rivière, gradient d'urbanisation, isotopes du plomb, discrimination des sources

Quelles sont les conditions nécessaires pour induire et conserver des déformations sédimentaires induites par le passage d'un mascaret ?

Lucille Furgerot*[1,2], Bernadette Tessier[2], Dominique Mouazé[2], Sylvain Haquin[2], Laurent Perez[2]

[1] LIttoral ENvironnement et Sociétés (LIENSs) – CNRS : UMR7266, Univ. La Rochelle – rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle, France
[2] Morphodyamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France

De récentes études s'intéressent à la description des signatures sédimentaires étant liées au passage d'un mascaret, que cela soit dans des dépôts récents (Tessier & Terwindt, 1994 ; Greb & Archer, 2007; Fan *et al.*, 2014) ou dans des enregistrements anciens (Martinius & Gowland, 2011; Fieldding & Joeckel, 2015). Deux signatures ont été identifiées (synthèse de Tessier *et al.*, 2015) : (*1*) une surface d'érosion recouverte par un lit massif de sable (*Tidal bore couplet*, TBC) et (*2*) des déformations sédimentaires (*Soft-sediment deformations*, SSD). Les TBC sont corrélés avec les processus sédimentaires identifiés lors du passage d'un mascaret: érosion du fond, advection des sédiments vers le haut puis dépôt rapide (Furgerot *et al.*, 2016). Quand aux SSD, les processus à l'origine de ces structures et de leur conservation sont encore très mal identifiés.
Afin d'améliorer la compréhension de ces processus de déformation, une large gamme de tests en canal a été réalisée. Ces tests nous ont permis de choisir les conditions d'expérimentation (méthode de sollicitation, hauteur d'eau initiale, choix du sédiment,...) et de visualiser les différentes étapes de la déformation (réarrangement, liquéfaction, déformation). Ensuite, l'objectif a été d'identifier les paramètres critiques de l'écoulement et des caractéristiques du sédiment permettant une potentielle déformation. Les premiers résultats montrent la nécessité (1) d'un écoulement entrainant de fortes contraintes normales et tangentielles sur le fond (selon les profils de vitesse) ; (2) d'un sédiment lité avec une alternance de lits sablo-silteux et silto-argileux (granulométrie, composition) ; (3) d'un sédiment au moins faiblement plastique (selon l'indice de plasticité) et (4) d'un temps minimum de dépôt pour que le sédiment soit dans sa phase plastique (mesure de la densité sèche).

Fan et al. (2014). Marine Geol., 348, 1-14
Fielding and Joeckel (2015). J. Sedim. Res., 85, 118–123
Furgerot et al. (2016). Proc. of the Tidalites 2012 Conf.
Greb and Archer (2007). Geology, 35, 435–438
Martinius and Gowland (2011). Sedimentology, 58, 285-324
Tessier and Terwindt (1994). CR Acad. Sci. Paris, 319, 217–233
Tessier. et al. (2015). 9th Int. Conf. on Tidal Sedim., Puerto Madryn, Argentina

Mots-Clés: mascaret, déformations sédimentaires (SSD), canal

Les chondrichthyens de la série callovo-oxfordoenne de Normandie

Marjolaine Furic[1], Jean-Philippe Pezy*[2], Elisabeth Pennetier, Gérard Pennetier, M.-C. Perchey, Romain Vullo[3], Laurent Picot[1]

[1] Paléospace – Paléospace – Avenue Jean Moulin 14640 Villers sur mer, France
[2] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[3] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, CNRS : UMR6118 – 35042 Rennes, France
@ : jean-philippe.pezy@unicaen.fr

Les faunes de chondrichthyens du Jurassique moyen-supérieur du Calvados ont suscité peu d'intérêts depuis les débuts de la paléontologie en Normandie. Cette période fait pourtant le lien entre les faunes marines du Trias/Jurassique inférieur, dominées par les hybodontes, et celles du Crétacé, dominées par les néosélaciens. Une étude sur les requins de la série callovo-oxfordienne de Normandie, réaliséé à partir de trois collections privées, a révélé au moins neuf genres et seize espèces différentes. Les divers morphotypes dentaires illustrent la diversité des régimes alimentaires et des modes de vie. La majorité des fossiles appartient aux hybodontiformes, avec les genres *Asteracanthus, Hybodus, Planohybodus* et *Egertonodus*. *Planohybodus* a également livré des restes squelettiques en trois dimensions dans l'Oxfordien supérieur de la région de Villerville. Les néosélaciens sont présents, avec des dents et aiguillons de plus petites tailles appartenant à *Sphenodus, Notidanoides, Paracestracion* et *Palaeocarcharias*. Enfin, les holocéphales sont représentés par des plaques dentaires et fragments d'aiguillons dorsaux d'*Ischyodus*.

Mots-Clés: Callovien, Oxfordien, Normandie, hybodontes, néosélaciens, holocéphales, paléoécologie

Stratigraphie et stratification hydrochimique des eaux souterraines : exemple de la dénitrification dans les calcaires du Bathonien à Vimont (Calvados, France)

Thierry Gaillard*[1]

[1] Suez Consulting – Suez Environnement – 15/27 rue du Port 92022 Nanterre Cedex, France
@ : thierry.gaillard@safege.fr

La dénitrification des eaux souterraines dans les calcaires du Bathonien de la plaine de Caen explique l'absence de nitrates de certains captages d'eau potables (Cagny, Saint Pierre sur Dives). L'origine du processus et sa pérennité sont importants à étudier pour appréhender les relations avec les zones humides, et décider des investissements à engager pour la production d'eau potable. A ces fins, RES'EAU a mis en place en 2014, avec le concours financier de l'AESN, une plateforme de forages dans le marais de Vimont (Calvados, France).

Cet article présente le rôle de la stratigraphie sur la dénitrification et la stratification chimmique des eaux souterraines.

Les calcaires du Bathonien de la plaine de Caen sont une succession de formations géologiques calcaire et de niveau de caillasse. Du point de vue hydrogéologique, la formation des Bancs-Bleus constitue le mur de la nappe bathonienne.

Le site retenu pour la création d'une plateforme expérimentale est situé autour d'un forage de reconnaissance réalisé en 2003, dans le marais de Vimont. Les processus les plus probables pour explique l'absence de nitrates sont une dénitrification assimilatrice par les bactéries du marais, ou une dénitrification dissimilatrice avec la dissolution de pyrite intra-bathonienne.

Un sondage a été carotté sur toute la hauteur du Bathonien (83 m). La pyrite, la porosité totale et la faune microbienne ont été analysés sur chaque formation géologique. L'ensemencement de milieux aqueux avec et sans nitrates a permis de déterminer les souches bactériennes responsables de la dénitrification dans chaque formation.

A partir de ce sondage, cinq piézomètres ont ensuite été équipés afin de comparer les potentiels dans chaque formation. Les premières mesures montrent que l'aquifère dénitrifié est en charge sous le marais. Enfin, des sondages à la tarière et une campagne géophysique ont démontré que les canaux du marais drainent essentiellement une formation de sable calcaire quaternaire.

Ces données ont permis de définir un modèle conceptuel du fonctionnement hydrochimique des eaux dans les calcaires du Bathonien. La formation des calcaires de Langrune reste enrichie en nitrates et alimente par débordement les canaux à l'entrée du marais. La recharge des formations bathoniennes plus profondes répond à un modèle gravitationnel qui présente l'avantage d'expliquer la stratification chimique en nitrates en faisant intervenir les variations redox et la stratification microbienne dans le phénomène de dénitrification. Le rôle des niveaux de caillasses est primordial pour expliquer cette stratification. In fine, la nappe du Bathonien doit davantage être considérée comme un multicouche qu'un aquifère libre, tant du point de vue chimique qu'hydrodynamique. Les études hydrogéologiques et la façon de concevoir les futurs forages devront en tenir compte pour une meilleure connaissance de ces phénomènes.

Mots-Clés: stratification, dénitrification, Bathonien, pyrite, *Thiobacillus*

Le programme interdisciplinaire CRITEX

Jérôme Gaillardet*[1], Laurent Longuevergne[2], Guillaume Nord[3], Tanguy Le Borgne[2], Fatim Hankard[1]

[1] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – Univ. la Réunion, Univ. Paris VII - Paris Diderot, INSU, CNRS : UMR7154, 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05, France
[2] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[3] Lab. d'étude des transferts en hydrologie et environnement (LTHE) – Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG), Univ. Joseph Fourier - Grenoble I, INSU, OSUG, CNRS : UMR5564, IRD : UR012 – ENSHMG - 1023-1025 Rue de la piscine - BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9, France

Nous vivons sur une mince pellicule de la planète qui est à la fois une couche limite pour la planète, et la zone (critique) sur laquelle l'humanité de développe. Aussi importante qu'elle soit, sa compréhension intégrée, sur les échelles de temps et d'espace imbriquées reste pauvre. La zone critique comprend le sol, la basse atmosphère, le régolithe, les êtres vivants, en particulier la biosphère profonde, l'homme, et tout ces acteurs agissent d'une manière interdépendante et contrôlent l'évolution de la zone critique sur des échelles de temps allant de la seconde au million d'années. Un des aspects clés pour une meilleure compréhension de la zone critique est de développer des instruments innovants permettant de l'ausculter dans l'espace et dans le temps. Le programme d'équipement d'excellence CRITEX répond à ce besoin crucial de développer des capteurs ou de les coupler sur des objets de recherche communs. Ces objets sont des observatoires de la zone critique implémentés par divers organismes de recherche et réunis dans le cadre des SOERE sélectionnés par l'Alliance Allenvi. CRITEX est porté par les réseaux H+ (SOERE des sites hydrogéologiques) et RBV (SOERE du Réseau des Bassins versants). CRITEX vise d'une part à développer la mesure haute fréquence de la zone critique, en particulier au travers du développement d'instruments innovants et de capteurs et d'autre part d'organiser des campagnes d'observation multi-instruments sur des " hot moment " et des " hot spot " de la zone critique. Nous ferons le tour de quelques uns des développements réalisés grâce à CRITEX.

Mots-Clés: zone critique, équipement, infrastructure, SOERE

Deep structure across the Tucano rift and Jacuipe margin from onshore-offshore wide-angle seismic data

Flora Gallais[1], Mikaël Evain[1], Philippe Schnurle[1], Afonso Loureiro[2], Joao Marcelo Pinheiro, Frauke Klingelhoefer[1], José Cupertino, Adriano Viana, Maryline Moulin*[1], Daniel Aslanian[1], Team Salsa

[1] Géosciences Marines (GM) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Technopôle Brest-Iroise, CS 10070, 29280 Plouzané Cedex, France
[2] Instituto Dom Luiz (IDL) – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa Campo Grande Edifício C8, Piso 3 1749-016 Lisboa, Portugal

Acquisition of wide-angle reflection and refraction seismic data along passive continental margins is essential to precisely constrain their crustal architecture and understand processes leading to their formation. Such data were acquired for the first time along northeastern Brazilian margin in 2014 as part of the SALSA (Sergipe-ALagoas Seismic Acquisition) project: a collaboration between the Department of Marine Geosciences (IFREMER: Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER, France), the Laboratory of "Oceanic Domain" (IUEM: Institut Universitaire et Européen de la Mer, France), the Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (IDL, Portugal), the Universidade de Brasilia (Brazil) and PETROBRAS (Brazil). Seismic shot, Multi-Channel Seismic acquisition (MCS) and Ocean Bottom Seismometers (OBS) deployments were performed by the N/O L'Atalante (IFREMER) along 12 profiles amongst which five were extended onshore by Land Seismic Stations (LSS). We will present here the initial results along three of these profiles (2 dip lines and 1 strike line) that image the deep crustal structure from the Tucano and Reconcavo Basins onshore to the Jacuipe Basin offshore. P-wave velocity models were constructed based on the joint interpretation of multi-channel and wide-angle seismic data using the RAYINVR software. Velocity models show that Tucano and Reconcavo Basins are underlain by well-defined continental crust from clear upper and lower crust refracted arrivals and reflected arrivals on the Moho. Velocities appear slightly lower than normal in both the upper and lower crust just beneath the rifted basins and the geometry of the Moho is flat at 39 km depth. Toward the coast, continental crust thins very sharply to less than 5 km thick below the Jacuipe basin. The necking and transition zones are also characterized in depth by a continuous and anomalously high velocity crustal body that extends offshore up to the normal oceanic crust. Crust seems absent locally coinciding with lower than normal mantle velocities. Finally the Jacuipe Volcanic complex corresponds to an area of very thin (~ 5 km thick) and anomalously high velocity crust underlain by unaltered mantle. In regards of the variations observed in the velocity structure of the Tucano rift and Jacuipe margin we will discuss the nature of these bodies and their geodynamic implications.

Mots-Clés: Tucano rift, Jacuipe margin, margin architecture

Isotopic constraints on the Magnesium budget of the meromictic crater lake Pavin, France

Albert Galy*[1], François Mathon[1], Imene Bedja[1], Vincent Busigny[2]

[1] Centre de recherches petrographiques et géochimiques (CRPG) – CNRS : UMR7358, INSU – 15 Rue Notre Dame des Pauvres - BP 20 54501 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex, France
[2] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – Univ. la Réunion, Univ. Paris VII - Paris Diderot, INSU, CNRS : UMR7154, 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05, France

Pavin Lake is characterized by the presence of two stratified layers: the mixolimnion in the upper ~60m and the monimolimnion, a permanent anoxic layer of ~30m depth. Water mass balance implies that only 46% is supplied by surface runoff, the remaining corresponding to sub-lacustrine springs. Dissolved magnesium (Mg) concentrations ranges from 55 mmol/L close to the surface to 320 mmol/L near the bottom of the water column. Most of the concentration gradient is restricted to the upper 15m of the monimolimnion and is a stable feature, with samples from 1992 & 2007 within the analytical uncertainty of 5% for a given depth. The shape of such concentration profile has been approximated by an advection-diffusion reaction model where the advection rate is determined on conservative tracers profiles such as chlorine concentration or temperature (Michard et al. 1994). If the chemical reaction term is negligible based on the bottom 25m of the monimolimnion, deviation of the concentration profile towards the precipitation of Mg-bearing phases in the top 7m of the monimolimnion cannot be ruled out. The investigation of such effect, superimposed to the effect of advection and diffusion has been carried out with the measurement of the Mg isotopic composition along the concentration profile sampled in 2007. The 26Mg/24Mg of the samples were measured on the DSM3 scale, with a precision of 0.09‰ at 95% confidence level, using the standard sample bracketing technique by MC-ICP-MS after chemical purification. The overall isotopic composition only varies by 0.27 permil with identical variability within the mixolimnion and within the monimolimnion despite a variation in the Mg concentration in these 2 layers of 10 and 95 %, respectively. The surface input is, however, enriched in 24Mg by 0.28 permil compared to the average composition of the mixolimnion while the deep springs are likely to have an isotopic composition undistinguishable from Mg-rich springs sampled in the area and the average composition of the monimolimnion. Such lack of isotopic variation, especially along the concentration gradient toward the top of the monimolimnion support the experimental observation of a lack of isotopic effect by diffusion in an aqueous fluid for Mg (Richter et al. 2006). The weighted mean average difference between the isotopic compositions of the 2 layers is 0.093 permil, just outside the long-term reproducibility of the method, and consistent with the source of the dissolved Mg to the mixolimnion.

Michard et al. (1994) Chemical Geology 115: 103-115
Richter et al. (2006) Geochimica et Cosmochimica Acta 70:277-289

Mots-Clés: water, isotope, 26Mg, anoxic

Relations Tectonique-minéralisations dans les cratons précambriens

Denis Gapais*[1],F. Cagnard[2],P. Ledru[3]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] BRGM – 3 Avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 2, France [3] AREVA Resources Canada, 817 - 45th Street West, Saskatoon S7L5X2, Saskatchewan, Canada

Plusieurs exemples de terrains issus de différents cratons archéens et paléoprotérozoïques (Afrique du Sud, Canada, Finlande, Terre Adélie) démontrent que les modalités de la déformation des lithosphères continentales chaudes diffèrent fortement de celles connues dans les zones orogéniques modernes. Ceci est parallèlement argumenté par la modélisation analogique. Modélisation et terrain nous ont ainsi conduits à proposer un nouveau modèle tectonique des structures compressives observées dans les zones de déformation affectant les cratons archéens ou paléoprotérozoïques [1]. Ce modèle montre que beaucoup de structures sont interprétables en termes de descente de portions de croûte supérieure qui s'empilent le long de zones de déformation verticales. Ce processus purement tectonique ne nécessite pas d'effet gravitaire, comme précédemment proposé dans les modèles de sagduction souvent invoqués pour les ceintures de roches vertes archéennes. Une condition nécessaire est une lithosphère molle avec un manteau lithosphérique ductile, lithosphère molle dans laquelle la croûte supérieure fragile descend sous le simple effet de la compression. Les zones le long desquelles s'empilent préférentiellement les portions de croûte supérieure descendantes sont des zones de forte déformation potentiellement connectées avec le manteau ductile sous-jacent. Elles sont caractérisées par des foliations très pentues et des linéations d'étirement fortement plongeantes. Leur caractère durable et leur géométrie subverticale, impliquant l'incorporation et le métamorphisme de sédiments syntectoniques, en font des zones particulièrement favorables aux transferts de fluides d'origines variées, de la surface au manteau, et aux interactions fluides-roches.
Nous présentons des exemples de terrain (Afrique du Sud, Canada) qui montrent que ce processus tectonique peut être un support clé pour la localisation de minéralisations variées (e.g. Sb, Au, Ni) à différents niveaux structuraux (de la croûte supérieure aux domaines de fusion crustale) dans les cratons archéens et paléoprotérozoïques. D'autres exemples, incluant le cas des gisements d'uranium à la base du bassin de l'Athabasca (Canada) sont aussi discutés.

Références:
[1] Gapais D. et al. (2014) Tectonophysics 618: 102–106.

Mots-Clés: tectonique, minéralisations, Précambrien

Surveillance du permafrost par interférométrie différentielle

Franck Garestier*[1], Stéphane Guillaso, Elena Zakharova, Alexei Kouraev, Roman Desyatkin

[1] Morphodynamique continentale et côtière (M2C) – Normandie Univ. – UNICAEN – UNIROUEN – CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France

As permafrost environment underlies an estimated 20 % of the world's land surface, active remote sensing techniques present the advantage of wide coverage, while remaining not drastically affected by the atmosphere, for assessment of the ground physical parameters. The active layer thickness over different soils and surface types needs to be known, as well as the dynamics of soil moisture during the annual freeze/thaw cycle, as these parameters control carbon transfers with the atmosphere. In this initiating work, time series of X-Band SAR data are investigated for surface change detection. Intensity at different polarizations, polarimetric and interferometric estimators are evaluated as a function of the ground measurements for characterization of the processes occurring in the active layer and on the surface. It is shown that vertical ground movements due to change of the water state and its migration in porous soils during the freeze/thaw cycle are detected using differential interferometry at different polarizations. The adapted InSAR approach for permafrost survey will be briefly presented and amphasis will be put on the high sensitivity of the technique to the surface changes, allowing detection of the processes at high resolution.

Mots-Clés: permafrost, dinsar

Mesure magnétique à trois composantes pédestre et en drone pour l'archéologie : équipements multi-capteurs et interprétation pour la prospection à différentes échelles

Bruno Gavazzi*[1], Marc Munschy[1], Rozan Alkhatib Alkontar[1]

[1] Institut de physique du globe de Strasbourg (IPGS) – université de Strasbourg, CNRS : UMR7516 – 1 rue Blessig 67084 STRASBOURG Cedex, France
@ : bgavazzi@unistra.fr

A la suite de différents processus, l'objet d'étude archéologique se retrouve fréquemment totalement ou partiellement enfoui. Afin d'offrir des fenêtres d'analyse plus larges que la fouille, extrêmement précise mais ponctuelle à l'échelle d'un site, des méthodes géophysiques d'imagerie du sous-sol sont de plus en plus utilisées. Parmi les différentes techniques à disposition, les plus populaires sont celles faisant intervenir le magnétisme, le plus souvent à l'aide de gradiomètres scalaires ou vectoriels. Les appareils sont en effet légers et simples à mettre en œuvre et permettent de cartographier rapidement la position horizontale d'éléments à faible profondeur montrant un contraste d'aimantation suffisant avec leur encaissant (fours, foyers, murs, fondations...). Les récents développements de l'*Institut de Physique du Globe de Strasbourg (IPGS)*, notamment en collaboration avec le laboratoire *Archéologie et Histoire ancienne : Méditerranée-Europe*, se concentrent sur l'utilisation de magnétomètres à trois composantes pour élargir les champs d'application de la mesure magnétique. Ces capteurs sont les seuls offrant la possibilité de compensation des perturbations magnétiques de l'équipement emporté lors de la mesure, tout en offrant un poids (80g) et une consommation énergétique (< 1W) très faibles permettant aussi la mesure magnétique en drones. S'ils sont couramment utilisés dans la recherche spatiale ou la mesure aérienne, ils ne le sont jamais en archéologie du fait de la difficulté d'obtenir un étalonnage précis. Ce problème peut être contourné à l'aide d'un simple processus de mesure sur le terrain pour obtenir une précision au minimum d'un demi nano-Tesla. L'IPGS a mis au point un système d'acquisition multi-capteurs (jusqu'à 8) et géo-référencé pour l'acquisition de données à différentes échelles pouvant atteindre le centimètre. L'utilisation de transformations du signal issues des méthodes potentielles telles la double réduction au pôle ou la dérivée verticale fractionnaire permettent de cartographier précisément des structures enfouies sous plusieurs mètres de sédiments ou présentant des contrastes d'aimantation très faibles. La collaboration étroite avec les archéologues a permis également la mise au point d'une méthode d'inversion sur le signal analytique pour estimer la profondeur des structures.

Mots-Clés: magnétisme, compensation magnétique, méthodes potentielles, archéologie, multi capteurs

Reconstitution des dynamiques sédimentaires dans un bassin versant insulaire de Méditerranée (Lilas, Eubée, Grèce) au cours des deux derniers millénaires : une approche " from source to sink "

Matthieu Ghilardi*[1], Andy Bicket[2], Yannick Crest[3], Doriane Delanghe[1], Christopher Collana[1], Sylvian Fachard[4]

[1] CEREGE – Aix Marseille Univ., IRD, CNRS : UMR7330 – Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[2] WESSEX archaeology – Royaume-Uni
[3] Histoire naturelle de l'Homme préhistorique (HNHP) – CNRS : UMR7194, Univ. Perignan Via Domitia – 52 avenue Paul Alduy, 66860 Perpignan Cedex 9, France
[4] Unité d'Archéologie Classique, Univ. Genève – 24 rue du Général Dufour, 1211 Genève, Suisse
@ : ghilardi@cerege.fr

Cette contribution a pour objectif de montrer l'importance d'étudier l'histoire sédimentaire d'un cours d'eau à l'échelle de son bassin versant afin de mieux distinguer les forçages naturels et ceux d'origine anthropique. L'île d'Eubée, Sixième île de Méditerranée de par sa superficie (3655 km^2), se situe à environ 100 km au nord d'Athènes et a été occupée dès le Néolithique. L'empreinte morphologique des occupations romaine, byzantine, vénitienne et ottomane a été peu étudiée, même si des travaux de référence (Genre, 1989), déjà anciens, ont permis de mieux appréhender la formation des terrasses historiques dans cette île. Afin de pouvoir reconstituer les grandes étapes de la morphogenèse fluviale depuis la période romaine, le bassin versant du Lilas (le plus grand de l'île avec une superficie de 285 km^2) a été choisi pour analyser, depuis l'amont vers l'aval, les dynamiques sédimentaires. L'approche géoarchéologique s'est fondée sur 1) l'inventaire des sites archéologiques situés dans le bassin versant puis leur intégration dans un Système d'Information Géographique et 2) l'obtention de séquences chronostratigraphiques de référence dans la partie amont (effectuées sur des terrasses fluviatiles) et dans la partie distale du cours, au niveau de son embouchure (réalisation de 5 carottages dans le delta actuel). La réalisation de datations OSL (collaboration avec le SUERC, Glasgow) a permis de mettre en évidence une première phase d'accumulation majeure pendant l'époque romaine alors que la seconde phase est enregistrée entre les 12e et 14e siècles ap. J.-C (période vénitienne). Il est important de noter que ces périodes d'accrétion sédimentaire sont séparées par une phase d'incision, correspondant en terme de chronologie à l'époque byzantine. Dans le delta du Lilas, les datations par le radiocarbone, effectuées à partir de coquilles marines prélevées dans les carottages, sont toutes concordantes et permettent de constater un phénomène de progradation deltaïque qui s'amorce vers le milieu de la période ottomane, alors qu'aucune avancée probante du trait de côte n'a pu être enregistrée pendant les époques romaine et vénitienne. Au cours de ces deux dernières périodes, les sources et vestiges archéologiques nous informent que le bassin versant du Lilas était alors fortement mis en culture (au détriment des forêts). Ces résultats suggèrent donc un important stockage sédimentaire dans la partie médiane du cours d'eau ou alors, un temps de transfert relativement long, dans un contexte hydro-climatique marqué par une aridité estivale importante. A travers cet exemple, il est intéressant de constater que le forçage d'origine anthropique (mise en culture intensive aux époques romaine et vénitienne) soit principalement responsable d'une forte accrétion dans la partie amont du bassin versant tandis que le forçage climatique (Petit Âge de Glace) semble être plutôt responsable d'un phénomène de progradation deltaïque, d'ailleurs observé pour d'autres deltas grecs à la même période.

Mots-Clés: géomorphologie fluviale, géoarchéologie, bassin versant, Eubée, Méditerranée, OSL, carottages, terrasses alluviales

New insights into the late Quaternary evolution of the Bristol Channel

Philip Gibbard*[1], Philip Hughes[2], Christopher Rolfe[1]

[1] Department of Geography, University of Cambridge – Downing Place, Cambridge CB2 3EN, Royaume-Uni
[2] Geography, School of Environment, Education and Development, University of Manchester – Oxford Road, Manchester M13 9PL, Royaume-Uni
@ : philip.hughes@manchester.ac.uk

A synthesis of new publicly-available borehole and bathymetric data associated with the Atlantic Array and EMODnet projects, combined with a wealth of other existing disparate data sources, reveals new insights into the Pleistocene history of the Bristol Channel. The history of the latter shares much in common with the English Channel (la Manche). Although it was initiated during the Neogene, sediment boreholes throughout the Bristol Channel confirm the area was glaciated in the Pleistocene. till is present below marine deposits and in some areas is visible morphologically as submerged moraines. In the central and eastern Bristol Channel the submerged valley course of the proto-Severn is visible in new high-resolution bathymetric surveys. This former river course, and associated tributaries, cross-cut through glacial sediments in the Bristol Channel, it is therefore presumably of Devensian (Weichselian) late-glacial age. At least two phases of glaciation are recorded in the Bristol Channel, one related to the southern limits of a Late Devensian Welsh Ice Cap which reached into Swansea Bay and another older glaciation that is associated with ice that filled the entire outer and central Bristol Channel. The age of the older glaciation is still open, although it predates the Late Devensian. On Lundy, an island in the outer Bristol Channel, exposure ages from glaciated bedrock suggest an early Devensian age for ice retreat. However, it remains possible that the 'older' Bristol Channel glaciation is represented by more than one event, with tills found in borehole records being of different ages in the outer and central areas. It is evident therefore, that Pleistocene glacial and fluvial activity, combined with subsequent post-glacial marine transgression (from c. 10.0 14C ka BP), directly account for current morphometries of the Bristol Channel and Severn Estuary, and the current geography of the SW British Isles.

Mots-Clés: Quaternary, fluvial, glacial, marine transgression, Pleistocene, Holocene

Application conjointe des outils géophysique (RMP) et géochimique à l'étude de fonctionnement hydrique du BV du Strengbach

Jean-François Girard*[1], Anatoli Legtchenko[2,3], Marie-Claire Pierret[4]

[1] Institut de physique du globe de Strasbourg (IPGS) – université de Strasbourg, INSU, CNRS : UMR7516 – 5 Rue René Descartes 67084 STRASBOURG Cedex, France
[2] Institut de Recherche pour le Développement (IRD) – Le Sextant 44, bd de Dunkerque, CS 90009 13572 Marseille Cedex 02, France
[3] Lab. d'étude des transferts en hydrologie et environnement (LTHE) – Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG), Univ. Joseph Fourier - Grenoble I, INSU, OSUG, CNRS : UMR5564, IRD : UR012 – ENSHMG - 1023-1025 Rue de la piscine - BP 53 38041 Grenoble Cedex 9, France
[4] Lab. d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg (LHyGeS) – INSU, université de Strasbourg, CNRS : UMR7517, ENGEES – 1 rue Blessig, F-67084 Strasbourg Cedex, France

Les aquifères de socles possèdent une forte hétérogénéité spatiale et une faible capacité de stockage d'eau souterraine, ce qui rend difficile la gestion durable de la ressource en eau. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'apport de la méthode géophysique RMP pour contraindre la modélisation hydrogéologique en contexte de socle et plus spécifiquement sur le bassin versant granitique du Strengbach, situé dans le massif des Vosges (France), qui bénéficie d'un suivi climatique, géochimique et hydrologique depuis 25 ans.
Pour cartographier les stocks d'eau et les propriétés hydrodynamiques de l'aquifère, 32 sondages RMP ont été réalisés durant deux campagnes de terrain. Ces sondages ont été complétés par des mesures hydrologiques et géochimiques. Les résultats ont permis d'estimer (1) l'épaisseur du principal réservoir que constitue l'horizon altéré (8 - 24 m), (2) la quantité d'eau dans cet horizon (une colonne d'eau de 10 - 54 cm) et (3) la transmissivité (5×10-6 – 8×10-5 m2/s).
Les contrastes mis en évidence par la méthode RMP ont conduit à un schéma hydrogéologique conceptuel comprenant 5 zones avec des propriétés hydrogéologiques distinctes. Ce schéma va contribuer à établir un modèle hydrodynamique à base physique dans la perspective d'étudier l'évolution de la ressource en eau en fonction des changements climatiques et anthropiques. Une comparaison de ce schéma hydrogéologique conceptuel avec des résultats de l'étude géochimique des eaux de sources et de ruisseaux ont mis en évidence une bonne correspondance et complémentarité entre ces méthodes.

Mots-Clés: Critex, RMP, MRS, Strengbach, géochimie

Histoire thermique et d'enfouissement des séries protérozoïques et paléozoïques de l'Adrar de Mauritanie, Bassin de Taoudenni : Apport des inclusions fluides et de la thermochronologie

Jean-Pierre Girard*[1]

[1] TOTAL EP – CSTJF, Avenue Larribau - 64018 Pau, France

Les bassins cratoniques anciens présentent souvent une difficulté particulière dans la reconstruction de leur histoire. Il est en effet généralement ardu de contraindre les évolutions thermiques et les paléo-enfouissements en raison d'épisodes, parfois nombreux et successifs, d'uplift et érosion. C'est le cas notamment du bassin de Taoudenni, Afrique de l'Ouest, qui fait l'objet d'un regain d'intérêt pour la prospection pétrolière. Ce large bassin cratonique abrite une épaisse série sédimentaire siliciclastique et carbonatée d'âge protérozoïque et paléozoique. La présence de sédiments mésozoïques n'y est pas reconnue, mais des dépôts Jurassique-Crétacé connus plus au Nord pourraient avoir été présents et érodés. Par ailleurs, les sédiments sont traversés par de nombreuses intrusions doléritiques d'âge Permien à Jurassique, qui ont pu affecter sensiblement l'histoire thermique des sédiments. L'objectif de ce travail était donc d'évaluer, à l'échelle régionale de l'Adrar de Mauritanie, les paléo-régimes thermiques et les épaisseurs de sédiments érodés en utilisant une approche basée sur la caractérisation des inclusions fluides dans les ciments diagénétiques et la thermochronologie (FT et He) sur apatite et zircon.

L'étude a porté sur une large série d'échantillons d'affleurements et de forages, représentant la section stratigraphique dans son ensemble depuis le Méso-Protérozoïque jusqu'au Dévonien. Les résultats permettent de tirer les conclusions suivantes : 1) la région de l'Adrar a connu une histoire thermique et d'enfouissement à la fois complexe et variable spatialement; 2) les températures d'enfouissement maximales enregistrées dans les formations protérozoïques sont élevées, pouvant atteindre 150-200°C ; 3) des régimes thermiques moins chauds semblent avoir prévalu dans la zone Nord-Est de l'Adrar en relation avec des érosions importantes et/ou des gradients géothermiques plus faibles; 4) un épisode d'uplift et refroidissement est documenté vers ~100-150 Ma, associé à une érosion de près de 3km de sédiments probablement mésozoïques; 5) les fluides diagénétiques étaient principalement des saumures de salinité variable (8-25 wt% eq. NaCl); 6) des températures anormalement élevées ($> 200°C$) sont enregistrées en overprint, et sont à relier à la mise en place des intrusions doléritiques.

Ces observations apportent des informations critiques à la compréhension de l'histoire géologique et d'enfouissement des séries sédimentaires anciennes du bassin de Taoudenni.

Mots-Clés: Taoudenni, inclusions fluides, thermochronologie

Première preuve d'un effet vital dans les rostres de bélemnites du Jurassique inférieur ?

Igor Girault*[1], Emmanuelle Pucéat[1], Pierre Pellenard[1], Pascal Neige[1]

[1] Biogéosciences – Univ. Bourgogne, CNRS : UMR6282 – 6 Bvd Gabriel 21000 Dijon, France

@ : igor.girault@neuf.fr, emmanuelle.puceat@u-bourgogne.fr

Depuis les travaux pionniers d'Urey et al. (1951), le δ18O des rostres de bélemnites a été massivement appliquée aux reconstitutions paléoclimatiques du Mésozoïque. L'interprétation paléoenvironnementale de ce signal présuppose que le rostre a précipité à l'équilibre isotopique avec l'eau de mer. Or, certains organismes marins actuels présentent des effets vitaux lors de la précipitation de leur coquille. Les connaissances actuelles sur les effets vitaux des bélemnites restent en revanche limitées et les études existantes parfois contradictoires. Elles se basent uniquement sur des analogies avec les coléoïdes modernes et sur des comparaisons avec d'autres marqueurs paléoenvironnementaux. Dans cette étude, nous proposons de vérifier pour la première fois la présence d'un effet vital chez les bélemnites par un test inspiré des travaux de Auclair et al. (2003). En supposant que chaque incrément de croissance est isochrone, les variations latérales intra-incrément de δ18O et de δ13C ne peuvent pas être dues à des changements paléoenvironnementaux et ne peuvent donc être expliquées que par un effet vital. Trois rostres ont été sélectionnés pour ce test : 1) un spécimen de *Gastrobelus umbilicatus* (zone à Davoei du Pliensbachien inférieur ; Fresnay-le-Puceux, Calvados, France) ; 2) un spécimen de *Passaloteuthis armatus* (zone à Davoei du Pliensbachien inférieur, Fresnay-le-Puceux, Calvados, France) ; 3) un spécimen de *Dactyloteuthis irregularis* (Toarcien ; forage A901, Aisne, France). Les rostres ont été sciés dans le plan de symétrie bilatérale, afin d'obtenir des sections homologues. Les sections longitudinales ont été polies et leur état de préservation a été contrôlée par cathodoluminescence. Au total, sept incréments ont été échantillonnés et analysés en spectrométrie de masse isotopique. Dans tous les incréments, le δ13C et le δ18O augmentent vers l'apex avec l'épaisseur de l'incrément. Les différences maximales entre les parties antérieures et postérieures d'un même incrément atteignent 0,7‰ pour le δ13C et 0,3‰ pour le δ18O. L'hypothèse privilégiée retenue est l'existence d'un gradient de pH dans le fluide extrapalléal. Dans ce cas la variation intra-incrément de 0,3‰ du δ18O équivaudrait à une erreur de 1,5°C sur le calcul des paléotempératures.

Auclair, A.-C., Joachimski, M. M., Lécuyer, C. (2003) Chemical Geology 202, 59–78

Urey, H. C., Lowenstam, H. a., Epstein, S., McKinney, C. R. (1951) Bulletin of the Geological Society of America 62(April), 399–416

Mots-Clés: bélemnites, effet vital, Jurassique, isotope du carbone, isotope de l'oxygène, biominéralisation

Caractérisations élémentaire (HXRF) et isotopique (C, O) de rostres de bélemnites du Pliensbachien/Toarcien du Bassin de Paris (forage A901, Aisne, France)

Igor Girault*[1], Pierre Pellenard[1], Christophe Durlet[1], Cédric Bougeault[1], Pascal Neige[1], Théophile Cocquerez[1], Emilia Huret[2]

[1] Biogéosciences – Univ. Bourgogne, CNRS : UMR6282 – 6 Bvd Gabriel 21000 Dijon, France
[2] Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) – Parc de la Croix Blanche, rue Jean Monnet, 92298 Chatenay Malabry France
@ : igor.girault@neuf.fr, pierre.pellenard@u-bourgogne.fr

L'intervalle Pliensbachien/Toarcien est connu pour montrer des oscillations paléoclimatiques de grande amplitude dans les bassins nord-ouest téthysiens. Le forage A901, réalisé par l'ANDRA en 1989 à Montcornet (Aisne, France) dans le nord du Bassin de Paris, a été récemment réexaminé du point de vue de la biostratigraphie des ammonites et réétudié à haute résolution pour ses évolutions minéralogique et géochimique. Dans cette étude, les rostres de bélemnites du forage A901 ainsi que d'autres rostres de secteurs et d'âges variés ont fait l'objet d'une approche multianalytique originale (cathodoluminescence, HXRF, ICP-OES, ICP-MS, spectrométrie de masse isotopique). Soixante-dix-huit rostres de bélemnites ont été récoltés et coupés longitudinalement. Les sections longitudinales ont été polies et triées en fonction de leur niveau d'altération diagénétique par des observations sous cathodoluminescence puis par des analyses en HXRF, afin d'utiliser uniquement de la calcite biogène dans les reconstitutions de paléotempératures. La HXRF a été au préalable calibrée à partir d'un jeu de données de bélemnites, dont les valeurs élémentaires ont été déterminées par ICP-OES et ICP-MS. Les éléments considérés comme marqueurs de l'altération diagénétique sont le Sr et le Fe (concentrations mesurées en HXRF) et le Mn (enrichissement relatif observable en cathodoluminescence). Les parties luminescentes des rostres ainsi que deux échantillons présentant des concentrations en Sr inférieures à 1000 ppm ont été interprétés comme altérés diagénétiquement et ont été exclus des reconstitutions de paléotempératures. Bien que la variabilité du signal des rostres de bélemnites (intra-rostre et intra-banc) soit importante, les résultats isotopiques sont cohérents avec la compilation de δ18O et δ13O de bélemnites de Martinez et Dera (2015) : l'évolution des valeurs du δ18O et de la concentration en Sr suggère un intervalle froid à la fin du Pliensbachien suivi d'un réchauffement important au début du Toarcien. Les valeurs de δ13C des rostres de bélemnites sont proches de celle du δ13C de la roche totale pour le Pliensbachien et montrent notamment une excursion négative au passage Sinémurien/Pliensbachien. En revanche, un découplage entre le δ13C des rostres de bélemnites et la roche totale est observée pour le Toarcien, ce qui pourrait être du à une modification de la position de vie des bélemnites dans la colonne d'eau. Martinez M., Dera G. (2015) *PNAS* 112(41), 12604-12609

Mots-Clés: bélemnites, Pliensbachien, isotopes du carbone et de l'oxygène, diagenèse, paléotempérature

How much hidden oolitic iron ore-hosted precious and base metals deposits should be encountered in the Variscan belt? Insights from France and Portugal

Eric Gloaguen*[1], Yannick Branquet[2,3], Pol Urien[1], Philippe Boulvais[2], Marc Poujol[2], Romain Tartèse[4]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – ISTO, UMR 7327, 3 avenue Claude Guillemin, F-45060 Orléans Cedex 2, France
[2] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[3] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR7327, BRGM – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie 45071 Orléans Cedex 2, France
[4] Institut de minéralogie, de physique des matériaux et de cosmochimie (IMPMC) – IRD : UR206, Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7590 –T4 place Jussieu 75252 PARIS, France
@ : e.gloaguen@brgm.fr

Palaeozoic oolitic ironstones layers are widespread in Europe and North Africa, mainly in external parts of the Variscan orogeny where they have been preserved from intense deformation and metamorphism. These ironstones are mainly of two types, either composed of carbonates and silicates (siderite-chlorite), or made of oxides and silicates (magnetite-chlorite). In the first case, ironstones are chemically very reactive to crustal fluid circulations. In the central domain of the Armorican Massif (Western France), it has been demonstrated (Gloaguen et al., 2007) that the oolitic iron ore from the Saint-Aubin-des-Châteaux quarry suffered an epigenetic transformation by hydrothermal fluids that led to the dissolution of the iron ore and its replacement by massive sulphide lenses. Such hydrothermal alteration is still localized at the intersection between the ironstone layer and Variscan right-lateral strike slip faults. Both, structural constraints, paragenetic sequence and geochronological results (Gloaguen et al., 2007; Tartèse et al., 2015) underline 100 Ma of successive fluid flows and polyphazed hydrothermal alteration of the ironstone. A very similar type of oolitic-hosted epigenetic gold deposit has been described by Couto and Moëlo (2011) in the Banjas gold mine (Dúrico-Beirã district, Valongo, Portugal; Couto et al., 1990; Combes et al., 1992). This argues for a widespread distribution of such epigenetic mineralization through these two orogenic segments of the Ibero-Armorican arc at least. Since these Palaeozoic ironstone layers are frequently hosted within, or close to, thick sandstone formations, outcrops are generally scarce. Moreover, because of the lack of magnetite and a thickness in a range 2 to 6 m, these layers are not well targeted by geophysical approaches. Then, development of a specific targeting focused on intersections between faults and palaeozoic siderite-bearing ironstone layers may lead to several significant new discoveries of Au-Ag-Sb, Cu-Pb-Zn ore deposits.

Combes et al., 1992. Chron Rech Min 509:3-15
Couto et al., 1990. Miner Deposita 25[Suppl]S:69-81
Couto and Moëlo, 2011. SGA 2011 Abstract vol
Gloaguen et al., 2007. Miner Deposita 42:399-422
Tartèse et al., 2015. Miner Petrol 109:485-500

Mots-Clés: oolitic iron ore, hosted gold deposit, base metals, epigenetic, Saint-Aubin-des-Chateaux, Banjas

Absolute chronology of diagenetic carbonates: recent advances in U-Pb dating by ID-MC-ICP-MS and LA-ICP-MS

Nicolas Godeau*[1,2], Pierre Deschamps[1], Abel Guihou[1], Axel Gerdes[3], Bruno Hamelin[1], Jean-Pierre Girard[2]

[1] Centre Européen de Recherche et d'Enseignement en Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Aix-Marseille Univ., CNRS : UMR7330, IRD, Collège de France – Europole de l'Arbois BP80 13545 Aix-en-Provence, France
[2] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau 64018 Pau Cedex, France
[3] J. W. Goethe Universität, Institut für Geowissenschaften – Frankfurt am Main, Allemagne

U-Pb dating has been mainly devoted to zircon and other accessory minerals characterized by high uranium concentrations. By contrast, less attention was paid to carbonates because of their low uranium content and in some cases overwhelming levels of common Pb level that made them impossible to date. Recent breakthroughs in mass spectrometry now allow us to revisit the potential of U-Pb dating on secondary carbonates. The new generation of MC-ICP-MS has significantly improved the overall analytical sensitivity, allowing analyses of very low U and Pb amounts by isotopic dilution (ID). Laser Ablation coupled to (MC)-ICP-MS now allows in situ isotopic measurement of U/Pb ratio and Pb isotopic composition on secondary carbonate at high resolution. In this study we investigated U-Pb dating of several carbonate phases occurring in different geological settings and we provide comparison of U-Pb ages of diagenetic events obtained by ID-MC-ICP-MS and LA-ICP-MS on the same samples. Maps of trace elements obtained by LA-ICP-MS reveal large variations of uranium content and U/Pb ratio in most carbonates at sub-millimetric scale, making them suitable for dating. U-Pb analyses obtained by ID-MC-ICPMS allows high accuracy and reproducibility, but does not allow to capture the whole range of U/Pb ratio variability highlighted by in situ analyses, because of the required amount of sample (tens of milligrams of carbonates). Laser ablation technic allows to circumvent this drawback. However, up to now, the major hurdle is the lack of understanding of the U-Pb system behavior during laser ablation and the lack of a matrix-matched standard, which makes the data correction more dubious. The standard used in this study is a natural calcite commonly used for carbonate dating. However, this standard reveals some small diagenetic domains that limit the reliability of the data correction. The use of an in-house homogeneous synthetic calcite standard, with controlled isotopic composition, will be presented. Our results show that U-Pb dating by LA-ICP-MS is a promising approach but that ID-MC-ICPMS technic, although more time-consuming, is still necessary to cross-check and validate the ages in many settings.

Mots-Clés: U-Pb dating, diagenetic carbonate, absolute chronology, laser ablation, MC-ICP-MS

Diagenetic evolution of μ-porous carbonates of Urgonian limestones constrained by U-Pb dating of calcitic cement

Nicolas Godeau*[1,2], Pierre Deschamps[1], Abel Guihou[1], Philippe Léonide[1], Anthony Tendil[1], Bruno Hamelin[1], Jean-Pierre Girard[2]

[1] Centre Européen de Recherche et d'Enseignement en Géosciences de l'Environnement (CEREGE) – Aix-Marseille Univ., CNRS : UMR7330, IRD, Collège de France – Europole de l'Arbois BP80 13545 Aix-en-Provence, France
[2] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau 64018 Pau Cedex, France

Our understanding of the diagenetic evolution of petroleum reservoir is commonly supported by a relative chronology with in most cases no robust milestone on the timing of fluid circulations. However absolute constraints of diagenetic events such as secondary carbonate precipitation, which are ubiquitous in reservoirs, are necessary for the reconstruction of burial and thermal history. Absolute dating is therefore the keystone for the understanding of the overall evolution of petroleum reservoir.
We report here, U-Pb ages of a late diagenetic calcite that affected the Urgonian platform in the South-East France, Provence. Urgonian limestones, known for their good reservoir properties, are an analog to the Karaib/Shuaiba reservoir formation, which exhibit the same type of μ-porous carbonates. Diagenetic processes such as early diagenesis, tectonic events and fluid circulation during telogenesis, are responsible for the major modifications of their petrophysical properties at regional scale. The latest diagenetic calcite event that preserve the microporosity development, called S2 (Léonide et al., Sedimentary Geology, 2014), is characterized by coarse calcitic cements, which infill both inter- and intragranular porosity and vuggy porosity. This calcite was sampled in the same interval at two different locations (Rustrel and Gorge de la Nesque outcrops) separated by ca 20 km.
U-Pb ages of this calcite S2 obtained by ID-MC-ICP-MS (Neptune+ at CEREGE) give an age of 95.86 $\pm$ 0.46 Ma and 89.13$\pm$ 0.87 Ma for Rustrel and Gorges de la Nesque respectively. These precise ages indicate a major fluid flow circulation during a phase of burial just after the Durancian phase at regional scale. This results prove that microporosity development is due to early diagenetic processes that occur probably due to a long-time emersion phase during the Durancian Uplift. Furthermore, the indistinguishable common lead of the two 238U-206Pb isochrones support the hypothesis of a single source of fluid. Further effort are however required to better constrain the duration of this events with more ages at different locations in this Urgonian μ-porous carbonates.

Mots-Clés: U-Pb dating, diagenetic carbonate, cement, porosity, absolute chronology

Les archives pédo-sédimentaires d'une vallée littorale normande, témoins de l'évolution des paysages et de l'anthropisation des milieux à l'Holocène : l'exemple de la vallée de la Scie (Normandie, France)

Adrien Gonnet*[1], Dominique Todisco[1], Damase Mouralis[1], Michel Rasse[2], Chantal Leroyer[3], David Aoustin[3]

[1] IDEES – Univ. Rouen, CNRS : UMR6266 – 7 rue Thomas Becket, 76821 Mont-Saint-Aignan, France
[2] Archéorient – CNRS : UMR5133, Univ. Lumière - Lyon II – Maison de l'Orient et de la Méditerranée Jean-Pouilloux, 7 rue Raulin, 69365 Lyon Cedex 07, France
[3] CReAAH – Ministère de la culture, CNRS : UMR6566, Univ. Rennes 1 – Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France

Au Nord de la Seine-Maritime (Normandie, France), la vallée littorale de la Scie a fait l'objet d'occupations humaines ponctuelles depuis le Néolithique. Le diagnostic archéologique réalisé préalablement à l'implantation d'un viaduc a mis en évidence des traces d'occupations humaines dans le fond de vallée, attribuées au Néolithique et associées à des niveaux tourbeux, riches en macro-restes végétaux. L'étude paléoenvironnementale présentée ici a permis d'observer, de dater et d'analyser le remplissage sédimentaire holocène de ce tronçon de vallée. Cette étude permet d'appréhender les mutations paysagères holocènes en lien avec l'anthropisation des milieux et de renseigner le corpus de données régionales, encore peu documenté. Des prospections électriques et électromagnétiques ont permis d'identifier des paléochenaux tourbeux et les variations latérales des dépôts. Les données palynologiques obtenues sur deux logs stratigraphiques renseignent l'évolution du couvert végétal dans cette vallée, depuis le Préboréal, tout en complétant le référentiel palynologique régional. Le passage d'une chênaie mixte à un environnement de prairies humides est attribué à l'Antiquité tardive. L'étude xylologique de bois conservés en position de vie a permis de compléter ces données et de révéler l'existence d'une paléorypisylve présente entre 4600 cal BP et 2500 cal BP. Les données chronostratigraphiques, enrichies par une vingtaine de datations radiocarbones, font état, quant à elles, d'un premier remplissage sédimentaire tufacé attribué à la transition Tardiglaciaire/Holocène (10 650 cal BP - datation inédite pour la région), attribué à un forçage climatique. Un hiatus chronologique important est ensuite observé au cours de la première moitié de l'Holocène, jusqu'à la fin de l'Atlantique et le début du Subboréal, période à laquelle le détritisme semble généralisé dans la vallée. Le hiatus semble sous-tendre une période d'incision des dépôts tufacés au cours de la première moitié de l'Holocène. Les tourbes et les dépôts argileux organiques prennent place dans la seconde moitié de l'Holocène, avant qu'un atterrissement du fond de vallée sous forme de limons de débordement (provenant des versants anthropisés à l'âge du Fer) ne vienne sceller ces vastes zones humides. Ces données permettent également de préciser l'environnement du secteur au moment de son occupation, d'abord ponctuelle au cours du Néolitique, puis pérenne à partir de la Protohistoire et d'effectuer une remise en contexte régional et inter-régional des remplissages sédimentaires des petits hyrosystèmes à l'Holocène.

Mots-Clés: géoarchéologie, Normandie, archives sédimentaires fluviatiles, Holocène

Variability of organic matter (OM) and biogeochemical fluxes during emersion/immersion cycles in an intertidal mud bank (French Guiana, BIOBANK project)

Swanne Gontharet*[1], Lionel Denis, Nicolas Chevalier, Olivier Mathieu, Sandric Lesourd, Jacinthe Caillaud, Luis Felipe Artigas, Fernando Gomez, Gwendoline Duong, Vincent Klein, Maxime Gommeaux, Jean Lévêque, Sylvie Philippe

[1] Lab. d'Océanologie et de Géosciences (LOG) – Univ. Lille I, CNRS : UMR8187, Univ. Littoral Côte d'Opale – France
@ : lionel.denis@univ-lille1.fr

The 1600 km-long coast of South America between the mouths of the Amazon and the Orinoco is characterized by the occurrence of numerous unstable shore-attached mud banks. These structures, originating from the huge Amazon suspended sediment discharge, migrate northwestward through successive erosion/deposition cycles. They can be temporally emerged, which favors the development of microphytobenthos (MPB) and of opportunistic mangroves (i.e. *Avicennia germinans*). Due to intense erosion/deposition cycles and rapid biological colonization of mud banks, they represent preferential sites for accumulation and intense remineralization of organic matter (OM), thus playing a key role in global biogeochemical cycles. The BIOBANK project (PIG CNRS, 2014) mostly aimed to determine, at different air-exposure durations, **(i)** the characteristics of the sedimentary environment and its influence on the sedimentary OM degradation and release of nutrients for primary producers, **(ii)** the relative contribution of different OM sources to sediments and the intensity of inorganic compound fluxes at the water-sediment interface, with emphasis on the role of MPB biofilms. A field campaign was conducted in July 2014 to collect surface sediments and sedimentary cores on the intertidal mud bank near the East of pointe Isere. Three stations were selected according to their distinct topographic elevation and thus to their air-exposure duration, resulting in diverse degrees of mud compaction and biological colonization. Microscopic observations indicated that, despite a low MPB diversity, the community assemblages varied significantly between the sampling stations. Sediments, having homogenous textural and mineralogical compositions, showed an increase in their cohesion with the duration of the emersion period. Lower TOC and TN contents were observed, indicating either low terrestrial OM inputs and/or extensive remineralization induced by important and repeated remobilization of mud deposits. Elemental ratios, d13C and d15N values as well as lipid biomarkers compositions revealed that sedimentary OM might originate from marine suspended particulate matter (SPM), coastal mangrove plants and *in situ* development of MPB mats. OM preserved in the sediments is mostly derived from SPM associated with variable amounts of OM originating from mangrove plants and MPB. The relative contribution of MPB to total sedimentary OM was higher during emersion, which is consistent with the observed increase of the Chl *a* concentrations at the sediment surface. Sediment-water exchanges, as measured by whole core incubation technique, allowed quantifying a slow uptake of oxygen during immersion, indicating rather limited mineralization processes. These results contributed to a better understanding of the biogeochemical functioning of mud banks, and their role for associated pelagic and benthic ecosystems.

Mots-Clés: biogeochemical cycles (C, N), OM sources, sediment, water fluxes

Nature and distribution of recent sediments in the trench of the subduction margin of Ecuador

Miguel Gonzalez*, Jean-Noël Proust[1], François Michaud[2], Hugo Pouderoux[1], Gueorgui Ratzov[2], Camille Dufeu[1]

[1] Géosciences Rennes (GR) – CNRS : UMR6118, Univ. Rennes I – 35042 Rennes Cedex, France
[2] Géoazur – Univ. Nice Sophia Antipolis, INSU, Obs. Cote d'Azur, IRD, CNRS : UMR7329 – 250 rue Albert Einstein Les Lucioles 1, Sophia Antipolis 06560 Valbonne, France
@ : michelius.gonzalez@gmail.com

Recent deep marine sedimentation in subduction trenches is characterized by the inter-stratification of hemipelagic and turbidite sediments locally interbedded with debris flows, which can result from continental slope shaking by large earthquakes. The objective of this study is to describe the morphologic complexity on the Ecuadorian border of the Nazca tectonic plate where a set of deep marine asperities is subducting at different scales, and its consequences on the lateral distribution of the sediments in the different sub-basins.
The Ecuadorian active margin comprises three geomorphological segments: The northern segment characterized by a wide (5-10 km) and deep trench (3800 – 4000 m), a rough gullied continental slope and a shelf (10-40 km wide) with active subsidence. The central segment strongly influenced by the subduction of the Carnegie ridge which induced a narrow (0–5 km wide) and relatively shallow trench (3100 – 3700 m depth), a smooth and gullied slope with no canyons and a 15–40 km wide shelf characterized by areas with active subsidence and uplift. Finally the southern segment presents a wide (5–10 km) and deep (4000–4700 m) trench, an irregular and starved continental slope with canyon systems and a wide subsiding shelf (20–50 km).
Bathymetry, high-resolution seismic profiles and sedimentary cores collected during the scientific campaign "ATACAMES" along the active margin of Ecuador show that since the last glacial maximum, the trench is filled by turbidites, hemipelagites, volcaniclastic deposits, homogenites as well as slumps, debris flow and other mass transport deposits. Hemipelagites, turbidites and homogenites are found in all segments. Hemipelagite beds range in thickness 5cm to 1m reaching over 3m in the north. Turbidites are coarser and sandier showing a higher frequency in the central segment. Mass transport deposits are mainly found in the northern and southern segments when volcaniclastic deposits are mainly present in the central segment.
The distribution of sedimentary facies along the trench could be related to the subduction of the Carnegie Ridge. The ridge exerts a strong influence and control over the individualization of the three segments as well as on the nature and the lateral distribution of the sediments in the trench. Due to shallower deposition conditions, the central segment facing the Carnegie Ridge is full of sandy and silty turbidites in a proportion of 2:1 with respect to the other segments and its location on the main ash pathways might explain the concentration of the volcaniclastic deposits. The southern and northern segments, which are fed by large canyons and affected by isolated seamounts, show more slump, debris flows and mass-transport deposits.

Mots-Clés: recent sediments, trench, subduction margin, Ecuador

Les monuments mégalithiques submergés du Nord Finistère : approche pluridisciplinaire

Aneta Gorczynska, Bernard Le Gall[1], Pierre Stéphan*[2], Yvan Pailler

[1] Lab. Domaines Océaniques (LDO) – CNRS : UMR6538, Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Univ. Bretagne Occidentale [UBO] – rue Dumont d'Urville, 29280 PLOUZANÉ, France
[2] Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géomer) – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), CNRS : UMR6554, Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) – Place Nicolas Copernic 29280 PLOUZANE, France
@ : aneta.gorczynska@hotmail.com, pierre.stephan@univ-brest.fr

Les sociétés du Néolithique et de l'âge du Bronze ancien installées en Bretagne ont érigé de nombreux monuments mégalithiques (tombes, pierres dressées) en bord de mer. Aujourd'hui plusieurs de ces vestiges, ensevelis sous les dunes ou submergés par la mer, sont des témoins spectaculaires des changements de l'environnement côtier (transgression marine, modifications morphosédimentaires) et des activités humaines qui s'y sont déroulées, en particulier les activités d'extraction de la roche ayant permis leur édification. Afin d'apporter un éclairage nouveau sur les transformations de l'environnement et des activités humaines, une approche pluridisciplinaire mobilisant à la fois les compétences propres à l'archéologie, la géologie et la géomorphologie a été mise en œuvre sur trois monuments mégalithiques submergés, situés sur la côte nord du Finistère : allées couvertes de Kernic (Plouescat) et de Tréssény (Kerlouan), ensemble mégalithique (menhir et enceinte) de Saint-Cava (Plouguerneau). Dans un premier temps, le travail a porté sur l'acquisition de mesures en 3D des vestiges archéologiques. Plusieurs outils et méthodes (TLS, stéréophotogrammétrie) ont été testés afin de définir le plus adéquat au milieu intertidal, où le temps d'acquisition est souvent limité par la marée. Ces données ont permis d'affiner l'analyse technologique des blocs constituants les monuments, apportant des informations sur les modes de mise en œuvre et de débitage, sur les microformes d'érosion et leur genèse. Chaque bloc a également fait l'objet d'une détermination pétrographique afin de caractériser la nature des roches utilisées. Leur provenance a été retracée à partir d'une prospection géologique fine menée à l'échelle locale ayant permis de déterminer les secteurs d'extraction. Ce travail a révélé des stratégies originales dans le choix des matériaux de construction. Enfin, un ensemble de sondages et carottages ont été utilisés dans le but de reconstituer les changements de l'environnement côtier au voisinage des monuments. Ce travail souligne qu'en dépit de leur forte dégradation, ces vestiges sont encore en mesure de livrer des informations inédites permettant de mieux comprendre les sociétés côtières pré- et protohistoriques.

Mots-Clés: archéologie, mégalithe, 3D, pétrographie, paléoenvironnement

Mesure isotopique du silicium par ICP-MS/MS pour des études d'altération des verres nucléaires

Alkiviadis Gourgiotis*[1], Thomas Ducasse[2], Evelyne Barker[1], Patrick Jollivet[2], Stéphane Gin[2], Sylvain Bassot[1], Charlotte Cazala[1]

[1] IRSN – France
[2] CEA – France
@ : alkiviadis.gourgiotis@irsn.fr

La gestion des déchets nucléaires demeure un grand défi pour les pays ayant choisi l'énergie nucléaire comme ressource énergétique. De nos jours, la vitrification des déchets issus du retraitement de combustible nucléaire irradié est considérée comme la meilleure solution pour l'immobilisation à long terme des radionucléides. En France et dans d'autres pays, les actinides mineurs et les produits de fission sont confinés dans des verres borosilicatés, réputés résistants à l'épreuve du temps, notamment en vue de leur stockage en formation géologique profonde.
La présence d'eau est considérée comme l'une des causes de corrosion du verre nucléaire provoquant la libération des radionucléides solubles vers les couches géologiques. Dans des études de laboratoire visant à mieux comprendre l'altération du verre à fort progrès de réaction, des verres modèles sont mis en contact de solutions préalablement saturées vis-à-vis de la silice amorphe et enrichies en 29Si. La caractérisation précise des rapports isotopiques du silicium (29Si/28Si, 30Si/28Si) en phase aqueuse permet de mieux comprendre les mécanismes qui contrôlent le relâchement des radionucléides en situation de stockage [1].
Dans ce travail, nous présentons le développement analytique qui a permis pour la première fois la mesure isotopique du silicium par spectrométrie de masse quadripolaire et à source plasma. Nous avons utilisé le spectromètre de masse Agilent-8800, mis sur le marché en 2012. Cet appareil, unique en son genre, a la particularité de disposer de deux filtres de masse de type quadripolaire, de part et d'autre de la cellule de collision-réaction. Le rôle du premier filtre de masse est d'empêcher les ions ne disposant pas du bon rapport masse/charge d'entrer dans la cellule, permettant de cette façon un meilleur contrôle d'interférences spectrales.
Afin d'éviter les nombreuses interférences polyatomiques qui empêchent la mesure directe des isotopes du silicium, l'oxygène a été utilisé comme gaz de réaction et les formes SiO+ et SiO2+ ont été étudiées pour la détermination des rapports isotopiques du silicium.
La présente étude met en évidence que la mesure du silicium sous sa forme de SiO2+ est avantageuse grâce à l'absence totale d'interférences polyatomiques aux masses 60, 61 et 62. La méthode a été validée à l'aide d'un certain nombre de standards isotopiques, fabriqués par mélange gravimétrique, couvrant une gamme de variation entre 1 % et 10 % (par rapport à l'IRMM-18a). Cette gamme est comparable aux variations isotopiques du silicium observées pour les études d'altération des verres nucléaires. Avec cette méthode, une répétabilité et une justesse $< 0.5\%$ ont été atteintes. Cette technique peut avoir des applications intéressantes dans le domaine des géosciences notamment pour la détermination précise de la teneur en silicium par dilution isotopique dans des échantillons environnementaux.

[1] Gin et al. (2015), Nat Commun, 6.

Mots-Clés: ICPMS triple quadripôle, ICPMS/MS, verres nucléaires, isotopie silicium

Facteurs hydrodynamiques à l'origine de la répartition et des échanges sédimentaires actuels dans un système estuarien par une approche couplée : Géologique et Numérique

Gwendoline Gregoire*[1], Sébastien Petton[2], Axel Ehrhold[3], Gwenael Jouet[3], Pascal Le Roy[1], Thierry Garlan[4]

[1] Domaines Océaniques – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), IUEM, CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
[2] Lab. de Physiologie des Invertébrés (LPI) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – 11, presqu'île du vivier, 29840 Argenton, France
[3] Lab. Géodynamique et Enregistrement Sédimentaire (GM-LGS) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Pointe du Diable, 29280 Plouzané, France
[4] Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) – Ministère de la Défense – 13 rue du Chatellier 29200 BREST, France

Située à l'interface Terre-Mer, la rade de Brest constitue une zone clé dans l'étude des processus de transfert sédimentaire du domaine continental vers le domaine marin. Ce système mixte tidal et estuarien abrité, communique avec la mer d'Iroise par l'intermédiaire d'un étroit goulet et est connecté à deux principales rivières : l'Aulne et l'Elorn. Elle est caractérisée par une morphologie héritée dans laquelle est préservé le réseau de paléo-chenaux, s'étendant des rivières jusque dans la mer d'Iroise. La répartition sédimentaire actuelle révèle l'impact des principaux agents hydrodynamiques : la marée macro-tidale, la houle et les débits fluviaux. L'interprétation de données d'imagerie acoustiques, bathymétriques et de prélèvements sédimentaires ont permis de caractériser les formations sédimentaires superficielles et leur dynamique par charriage. Cette approche est couplée avec une approche numérique s'appuyant sur le modèle océanique MARS 3D dans lequel il a été appliqué des lois de charriage sur les différents champs de courant. Ce dernier intègre à la fois l'hydrodynamisme lié au courant de marée et aux débits fluviaux et il s'appuie sur la formule de transport par charriage de Van Rijn (1985).
L'analyse des figures sédimentaires montre une dynamique de transport sédimentaire différente entre le domaine semi-fermé interne de la rade de Brest et son exutoire externe. La partie interne, caractérisée par une couverture sédimentaire grossière en son milieu puis mixée à une matrice vaseuse croissante aux approches des principaux estuaires, est contrôlée par les courants tidaux eux-mêmes contraints par la morphologie du substratum et du littoral. En revanche, la zone externe se distingue par la présence de sédiments sableux et coquilliers. La géométrie des figures sédimentaires y reflète directement l'orientation des houles de tempête. Ainsi, bien que ces deux secteurs soient proches l'un de l'autre, ils sont contrôlés par des facteurs différents influençant la répartition sédimentaire et les échanges entre les deux milieux. Les modélisations numériques menées sur des périodes de temps différentes ont permis de déterminer leurs impacts en fonction des cycles saisonniers et de marée. Il apparaît que les cycles tidaux contrôlent d'avantage la dynamique sédimentaire que les débits fluviaux, les courants de marée résiduels étant deux fois plus importants en période de vives eaux que de mortes eaux (0.5 m/s contre 0.2 m/s dans le goulet). Ainsi, l'apport de la modélisation numérique dans laquelle ont été intégrées les récentes données sédimentologiques a permis de confirmer les observations sédimentaires et de quantifier d'avantage la contribution de chaque agent hydrodynamique sur l'ensemble du secteur d'étude.
Van Rijn, L.C. (1985) *In* : Sediment transport, Delft hydraulics laboratory, Delft, 1613-1641.

Mots-Clés: transport sédimentaire, géomorphologie, modélisation

Les facteurs de contrôle du remplissage Holocène dans un système estuarien dominé marée : La rade de Brest (Bretagne)

Gwendoline Gregoire*[1], Pascal Le Roy[1], Axel Ehrhold[2], Gwenael Jouet[2], Thierry Garlan[3]

[1] Domaines Océaniques – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), Institut d'écologie et environnement, INSU, Observatoire des Sciences de l'Univers, CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
[2] IFREMER EDROME, Géosciences Marines (GM) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – France
[3] Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) – Ministère de la Défense – 29200 BREST, France

Les estuaires constituent des zones préférentielles de conservation des dépôts sédimentaires liés à la transgression marine Holocène. A la transition Terre-Mer, l'architecture et la mise en place des cortèges sédimentaires sont contrôlés par trois principaux facteurs : (1) les variations du niveau marin, (2) les agents hydrodynamiques (houle ou courants tidaux) et (3) la morphologie du substratum rocheux. La rade de Brest, de par sa géographie et sa morphologie, constitue une zone remarquable quant à la préservation de la géométrie des dépôts et de leurs relations avec les facteurs de contrôle. Localisée à l'extrémité Ouest de la Bretagne, elle est connectée avec la mer d'Iroise par le biais d'un étroit Goulet développant une circulation complexe des courants macro-tidaux. Son originalité réside à la fois par la présence de nombreuses baies abritées de faibles profondeurs ($<$ 10 mètres) et dans la conservation des paléo-chenaux s'étendant de l'embouchure des principales rivières (Aulne et Elorn), à l'Est, jusque dans la mer d'Iroise, à l'Ouest. Trois domaines morphologiques séparés les uns des autres par des pentes ont été délimités: (1) le paléo-chenal et ses terrasses fluviatiles, (2) le plateau central et (3) les baies peu profondes. L'analyse de profils sismiques haute et très haute résolution (Sparker et chirp) couplée à l'étude de carottes sédimentaires ont permis de retracer l'histoire stratigraphique du comblement de la rade. Ce dernier est divisé en trois cortèges de dépôts dont l'architecture évolue latéralement du centre de la rade vers les côtes. Le premier cortège de bas niveau marin repose de manière relique dans le fond du chenal et est associé à des sédiments d'origine continentale. Le second cortège formé de dépôts transgressifs constitue la plus grande partie de la sédimentation. Il est composé par deux unités (TST1 et TST2) séparées par une surface de ravinement tidale. La partie inférieure (TST1) constitue les premiers dépôts transgressifs de la rade. Formant les banquettes vaseuses, elle est associée à des dépôts estuariens " interne " et datés entre 9000 et 7000 cal BP. La partie supérieure (TST2) s'échelonne entre 6800 et 3000 cal B.P. Responsable de la formation des barres tidales sableuses dans la partie centrale de la rade, l'architecture de ses dépôts est représentatif d'un environnement estuarien " externe ". Ce cortège transgressif est délimité au sommet par la surface d'ennoiement maximum (3000 et 2000 cal B.P.). A partir de 2000 cal B.P. le cortège de haut niveau marin drape l'ensemble de la zone. Formé par la couverture superficielle dont la répartition est contrôlée par les courants de marée, il est ponctué par des phases de ralentissement dans la sédimentation, corrélable avec le développement des installations anthropiques sur le bassin versant ainsi qu'avec les fluctuations climatiques. Dans ce système, la morphologie du substratum et l'hydrodynamisme ont permis de préserver l'architecture du système estuarien accompagnant la remontée du niveau marin.

Mots-Clés: système estuarien, remplissage Holocène, rade de Brest

Submarine deposition and braiding under experimental density currents

Jean-Louis Grimaud*[1,2], Ajay Limaye[2], Chris Paola[2]

[1] Centre de Géosciences (GEOSCIENCES) – MINES ParisTech - École nationale supérieure des mines de Paris – 35 rue Saint-Honoré 77305 Fontainebleau Cedex, France
[2] University of Minnesota (SAFL) – Saint Anthony Falls Laboratory 2 Third Avenue SE Minneapolis MN 55414, États-Unis

Turbidity currents are the geomorphic agents of submarine depositional systems that rework and transfer siliciclastic material to the deep ocean. These high-density currents carve giant, sinuous canyons along the steep continental slopes and deposit submarine lobes when the canyon reaches the oceanic basin floors. Characterizing the dynamics of density current is therefore key for better understanding the origin and architecture of deep-sea sedimentary deposits as well as their implications for source-to-sink transfers and reservoir geometry. We present a series of experiments conducted at the St Anthony Falls Laboratory, University of Minnesota, under both subaerial and submarine conditions in order to investigate surface and sub-surface dynamics of aggrading clastic systems. For the submarine experiments, we introduced a saline density current either through a line or point source in order to test the impact of flow aspect ratio on planform geometry. We used light (density 1.25 g/cm3) plastic sediments that were introduced with water at a constant rate during each experiment. The experimental basin was designed with two slope breaks along the test section, one upstream and one downstream, that successfully allowed for aggradation of the deposits. Under similar discharge conditions, the submarine case resulted in steeper longitudinal slopes than the subaerial case, affecting the overall depositional patterns. Surface evolution, captured using topographic scans, showed deposition patterns of alternating deep-scouring channels connected to depositional lobes, sheet-flow developed at the outlet of these channels, and braid plains that occurred across the whole test-section. We show that lobe deposition initiated at each slope break, leading to aggradation and widening of the lobes until a threshold was reached and the feeding channel avulsed elsewhere. Using a flow routing-based technique as a mapping tool, we were able to quantify objectively the aspect ratio of bars and it variations with input conditions. Based on these results, we present a preliminary depositional model for aggrading, submarine braided channels and compare to the single-thread case.

Mots-Clés: density current, experiment, braiding, aggradation

Sources, flux et spéciation du mercure particulaire sur le Rhône et ses affluents

Ghislaine Grisot*[1], Aymeric Dabrin[1], Chloé Le Bescond[1], Gaëlle Poulier[1], Jérôme Lecoz[2], Marina Coquery[1]

[1] Irstea, Unité de recherche Milieux Aquatique écologie et pollutions, 5 rue de la Doua, CS 70077, 69626, Villeurbanne Cedex, France
[2] Irstea, Hydrologie-Hydraulique, 5 rue de la Doua, CS 70077, 69626, Villeurbanne Cedex, France
@ : aymeric.dabrin@irstea.fr

L'observatoire des sédiments du Rhône (OSR[i]) est une plateforme de recherche pluri-partenariale qui a été initiée en 2009. Cet observatoire a pour objectif de produire sur le long terme, des connaissances scientifiques permettant de caractériser les flux de matières en suspension (MES) et de contaminants associés du lac Léman à la mer Méditerranée. Avant la mise en place de ce réseau, peu de données étaient disponibles concernant les concentrations et les flux de contaminants particulaires à l'échelle du Rhône et de ses affluents, contrairement à d'autres grands fleuves français comme la Seine ou la Garonne. L'exemple du mercure (Hg) illustre ce manque de connaissances alors qu'il représente un risque sanitaire majeur en raison de sa capacité à s'accumuler dans la chair des poissons carnivores.
Pour cela, les MES ont été collectées sur le Rhône et ses affluents (10 stations) par le biais de pièges à particules, qui permettent le prélèvement intégré de MES dans le temps sur une période déterminée. En s'appuyant sur cette banque échantillon remarquable, nous avons analysé les concentrations en mercure (Hg) dans les MES du Rhône et de ses affluents pour des conditions hydrologiques contrastées. Les concentrations en Hg dans les MES ont été analysées par spectrométrie d'absorption atomique (DMA-80, Milestone). De plus, pour évaluer la fraction du mercure qui se bioaccumule et se bioamplifie le long de la chaîne trophique, nous avons analysé le méthylmercure (MeHg). Pour cela, nous avons utilisé une technique de quantification robuste, la dilution isotopique, couplée à une analyse par chromatographie en phase gazeuse (GC) couplée à un ICP-MS.
Les résultats montrent que les concentrations en Hg des différents affluents du Rhône et sur le Haut-Rhône à Jons sont relativement stables sur les 5 dernières années, alors que les concentrations semblent diminuer à l'exutoire du Rhône à Arles. Des affluents du Rhône tels que l'Arve, la Bourbre, le Fier, le Guiers ou l'Ain présentent des concentrations en Hg faibles, systématiquement inférieures à la TEC (Threshold Effect Concentration, 0,18 mg/kg). En revanche, la Saône ou le Gier présentent des concentrations supérieures à cette valeur seuil, avec des moyennes respectives de 0,18 mg/kg et de 0,27 mg/kg. Les concentrations les plus élevées en MeHg ont été obtenues à ce jour pour la Bourbre (7,5 μg/kg) et le Gier (19 μg/kg), alors que les pourcentages de MeHg/Hg les plus importants ont été obtenus sur le Fier et le Guiers, suggérant un potentiel de méthylation important dans les MES de ces affluents. Enfin, grâce à la bancarisation de ces données dans l'application BDOH[ii], nous avons établi un bilan des flux de Hg particulaire sur le Rhône et ses affluents, et évalué quels sont les principaux contributeurs de ces flux à la Mer Méditerranée.

[i] http://www.graie.org/osr/
[ii] https://bdoh.irstea.fr/observatoire-des-sediments-du-rhone/

Mots-Clés: MES, piège à particules, méthylmercure, réseau d'observation, tendances

Pulsation tectonique globale à la limite Cénomanien-Turonien. Relations avec l'anoxie "mondiale" et l'anomalie en d13C

Danièle Grosheny, Serge Ferry*[1], Christophe Lecuyer

[1] Univ. Lyon 1 – Retraité – France
@ : daniele.grosheny@univ-lorraine.fr

L'analyse des donnés sédimentologiques et séquentielles disponibles sur de nombreuses marges de bassins montre que la crise du passage Cénomanien-Turonien (C-T) s'accompagne d'une augmentation de l'activité tectonique globale. Le mécanisme reste à comprendre bien que les données disponibles suggèrent une augmentation momentanée de la vitesse de déplacement des plaques. La crise tectonique engendre une hétérogénéité séquentielle générale, méconnue jusqu'ici, et strictement limitée dans le temps à l'OAE2-CTBE. Elle se manifeste par un regain de la flexuration dans le bassin intérieur nord-américain, une crise de transtension dans les Alpes françaises, des inversions le long de la façade est-Atlantique et des perturbations dans tout l'arc syrien. L'hypothèse souvent proposée d'une augmentation de la productivité pour expliquer les black shales atlantiques et téthysiens ne prend pas en compte les problèmes de confinement morphologique probablement liés à la crise, notamment dans les bassins marginaux. La question d'un rapport entre cette crise tectonique et une activité effusive augmentée du type LIPs, est soulevée. Cependant, des pulsations tectoniques plus sévères, également à grande échelle, se manifestent plus tard (Turonien supérieur, limite Santonien-Campanien) sans pour autant s'accompagner de phénomènes sédimentaires et paléontologiques analogues à ceux de la limite C-T. La crise environnementale reste à expliquer, notamment l'extinction des rotalipores dans le plancton marin. Contrairement à ce qui était proposé jusqu'ici, elles ne semblent pas avoir été si profondément affectées par l'anoxie car leur extinction est très progressive au cours du dépôt de la deuxième moitié des black shales océaniques (= plateau de l'anomalie en d13C) dont la durée totale est estimée à quelques centaines de milliers d'années

Mots-Clés: crise, Cenomanien, Turonien, OAE2, CTBE

Landscape stress and reorganization of an experimental drainage network inferred from χ-maps

Laure Guerit*[1], Liran Goren[2], Stéphane Dominguez[3], Jacques Malavieille[3], Sébastien Castelltort[4]

[1] Géoscience Environnement Toulouse (GET) – CNRS : UMR5563 – France
[2] Geological and Environmental Sciences – Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva, Israël
[3] Géosciences Montpellier (GM) – CNRS : UMR5243, Univ. Montpellier – Place E. Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5, France
[4] Science de la Terre et Environnement, Univ. Genève – Genève, Suisse

The morphology of a fluvial landscape is a balance between its own dynamics and external forcings, and it can be used to reveal tectonic pattern or climate evolution. Particular focus has been cast on rivers, which actively contribute to link tectonics, climate, and sediment transport and deposition. Based on the stream power model of bedrock incision, the longitudinal profile of rivers can yield information about the vertical motion, but this approach has so far mostly overlooked landscape horizontal deformation despite the large magnitude of in-plane crustal movements. Recently, the stream power equation has been recasted in the form of a rescaled distance along channel, named chi (χ), which demonstrates useful properties. In particular χ gradients across a divide should reveal the departure from steady state, and a migration of the divide from the low χ values to the high ones is expected to restore equilibrium. However, its capability to predict such migration is challenging to test, because the timescale of landscape reorganization prevent observations in natural settings. We thus used experimental models of relief deformation in oblique collision coupled with surface processes to analyze the relationship between the imposed deformation, the orientation of χ gradients across divides, and the observed landscape evolution. We first show that the large-scale χ pattern of the relief is consistent with the imposed deformation field, with higher χ values at the head of elongated tributaries. We propose that χ maps can thus be used to infer the regional tectonic deformation. Second, we compare the landscape evolution predicted by χ maps to that observed during the experiments. We demonstrate that, except from topographic evolution related to unpredictable tectonic events and stream interactions, χ gradients across divides are good predictors of the occurrence and sense of landscape reorganization, suggesting that χ maps can be seen as maps of landscape disequilibrium.

Mots-Clés: experimental model, chi, drainage network

Comportement à long terme d'un aquifère hétérogène dans des conditions transitoires

Luca Guillaumot*[1], Laurent Longuevergne[1], Olivier Bour[1], Nicolas Lavenant

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
@ : laurent.longuevergne@univ-rennes1.fr

Avec l'augmentation de la consommation en eau, la connaissance des mécanismes de recharge dans les aquifères hétérogènes devient d'une importance majeure. En particulier il est nécessaire de comprendre comment la pression anthropique et les variations climatiques déstabilisent les systèmes naturels afin de faire face à une possible évolution dans le temps. La réponse équivalente d'un système aquifère est généralement interprétée comme complexe, non-linéaire et hystérétique. Un autre point de vue considérerait la réponse actuelle comme la superposition de nombreux événements transitoires en milieu complexe et donc dépendante de l'état passé de l'aquifère et des conditions limites.
Ici, nous présentons une méthode pour modéliser et caractériser l'impact à long terme des déstabilisations anthropiques et climatiques. En effet l'état actuel d'un aquifère peut se reconstruire comme l'impact cumulé des anciennes conditions limites, qui sont naturellement considérées comme non-stationnaires. Nous présentons plusieurs modèles semi-analytiques et numériques basés sur différents types de conditions aux limites.
Ces modèles sont employés pour interpréter la réponse hydraulique d'un système aquifère plurikilométrique en domaine fracturé, en se basant sur 25 ans de données piézométriques. Le terrain expérimental fait partie du réseau SOERE (H+) et se situe à Ploemeur (Morbihan). Deux systèmes en contexte géologique similaire sont comparés, l'un étant pompé à un débit de 1,1 Mm3/an depuis 1991, l'autre demeurant encore à l'état naturel. Nos modèles pourraient prédire le comportement des systèmes hydrogéologiques en réponse à la variabilité climatique et estimer la perturbation du bilan hydrologique et des flux naturels engendrés par les pompages. L'accent est mis sur l'importance d'intégrer le caractère transitoire des processus dans la modélisation des systèmes pour une gestion précise des ressources d'eau souterraine. Nous montrons également le rôle prépondérant des conditions limites sur l'hétérogénéité des aquifères.

Mots-Clés: hydrogéologie, long terme, transitoire, perturbations

Variations hydrologiques des 6 derniers cycles glaciaires/interglaciaires en Anatolie Est à partir du δD mesuré sur des stérols et alcénones présents au sein des sédiments du lac Van

Typhaine Guillemot*[1], Mona Stockhecke[2], Achim Bechtel[3], Carsten Schubert[1]

[1] EAWAG, Institut fédéral suisse des sciences aquatiques et techniques, Dpt. de recherche en gestion des eaux de surface – Seestrasse 79, 6047 Kastanienbaum, Suisse
[2] EAWAG, Institut fédéral suisse des sciences aquatiques et techniques, Dpt. de recherche en gestion des eaux de surface. – Ueberland 133, 8600 Düberdorf, Suisse
[3] Univ. Leoben, Dpt. des géosciences et de la géophysique – Peter-Tunnerstrasse 5, 8700 Leoben, Autriche
@ : typhaine.guillemot@eawag.ch

Peu d'archives continentales ont permis de reconstituer à haute résolution les variations climatiques des derniers cycles glaciaires/interglaciaires au Moyen-Orient. Pour y remédier, une opération de carottage à grande profondeur a été réalisée en 2010 par le Programme Scientifique International de Forage Continental, au sein des sédiments du lac Van (38.5°N, 43°E, 1650m a.s.l). Situé entre la mer Noire, Caspienne et Méditerranée, il s'agit du plus grand lac alcalin du monde (surface=3570km^2, pH=9.5-9.9, salinité=21-24‰, alcalinité=155meq.L-1) et d'un site clé pour des reconstructions paléoclimatiques, puisqu'il est fortement influencé par l'extension de l'anticyclone sibérien, la dépression subtropicale et les changements de direction des vents d'ouest. Après 10 semaines de carottage à 375m de profondeur, une carotte maîtresse de 219m reconstitue les Six derniers cycles glaciaires/interglaciaires. Quatre datations issues du comptage de varves, trois âges radiocarbones, neuf âges Ar/Ar, des mesures de 10Be et de paléomagnétismes ainsi que des corrélations avec la stratigraphie d'une carotte de glace groenlandaise et un spéléothème, ont permis d'obtenir une datation robuste de cette séquence. De nombreuses études (sédimentaires, polliniques et de géochimie organique) ont été réalisées sur ces sédiments. Cependant, le cycle hydrologique reste encore un paramètre climatique peu connu dans la région de l'est de la Méditerranée, à l'échelle des cycles glaciaires/interglaciaires. La séquence du lac Van offre pourtant une opportunité unique pour reconstruire la disponibilité des pluies. En effet, depuis que le lac est endoréique, son niveau d'eau est très sensible au ratio régional des précipitations/évaporation. Des mesures isotopiques de l'hydrogène (δD) ont donc été réalisées tout au long de cette séquence, sur des alcénones et des stérols préalablement inventoriés dans les sédiments. Les alcénones sont des biomarqueurs lipidiques produits par des algues aquatiques unicellulaires (haptophytes) tandis que les stérols tels que le stigmastérol, le sitostérol et le campestérol sont des lipides majoritairement présents dans les cires cuticulaires des végétaux terrestres. Les mesures de δD sur ces deux familles de molécules ont ainsi permis d'enregistrer et de comparer les variations hydrologiques perçues à la fois par les micro-organismes aquatiques et les végétaux terrestres sur les 600 000 dernières années, dans la région est anatolienne.

Mots-Clés: cycle hydrologique, transitions glaciaire/interglaciaire, δD, alcénones, stérols, Lac Van, Anatolie

Water inclusions in salt crystals : how to study fluid inclusions when their host is part of the system ?

Emmanuel Guillerm*[1], Frédéric Caupin[2], Véronique Gardien[1]

[1] Lab. de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE) – CNRS : UMR5276, INSU, Univ. Claude Bernard - Lyon I (UCBL), École Normale Supérieure (ENS) - Lyon – France
[2] Institut Lumière Matière - Univ. Lyon 1 (ILM) – Univ. Lyon 1 – Domaine Scientifique de La Doua, 10 rue Ada Byron 69622 Villeurbanne Cedex, France
@ : frederic.caupin@univ-lyon1.fr

Fluid inclusions (FIs) in evaporitic minerals offer a wealth of information to geologists interested in surface processes – chemistry of past oceans and its evolution through geological times, sea surface temperatures (SST), to name but a few. Like any fluid inclusions study, these works are based on several postulates, namely the FI unchanged composition and volume after trapping. If these assumptions are reliable for inclusions in quartz considering the low solubility of silica, they become precarious regarding FIs in halite. Indeed, the walls of the salt crystal are in equilibrium with the entrapped solution, and constitute an infinite reservoir of salt to dissolve as well as a substrate for salt precipitation. We propose a simple theoretical model to explore the behaviour of fluids entrapped in pure NaCl. This model takes into account the pressure and temperature dependences of NaCl solubility in water, solution density and crystal density. We also consider the effect of the entrapment of a supersaturated solution. In order to validate the model, Brillouin and Raman spectroscopic studies are performed on synthetic FIs in NaCl. Understanding the physicochemistry of this system is a prerequisite for a correct use of the valuable tool provided by FIs.

Mots-Clés: fluid inclusions, halite, Na-Cl, solubility, temperature, pressure, density, Brillouin, Raman

Les surfaces d'aplanissements enregistreurs de la dynamique du manteau : le cas de l'Afrique

François Guillocheau*[1], Brendan Simon[1], Guillaume Baby[1], Paul Bessin[2], Cécile Robin[1], Olivier Dauteuil[1]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] Dpt. de Géosciences – Univ. Maine – 72085 Le Mans Cedex 09, France

L'Afrique est un continent en régime global de divergence (à l'exception de son extrémité nord, l'ensemble Atlas-Tell-Rif) présentant un relief caractéristique des grands domaines intracontinentaux (Australie, Inde du Sud, Amérique du Sud hors Andes, etc.), c'est-à-dire des plateaux et des plaines. Ces reliefs résultent de l'étagement de plusieurs surfaces d'aplanissements.
Les surfaces africaines sont de deux types principaux : les surfaces de corrosion (" etchplains " - surfaces d'altération par des latérites) et les pédiplaines/pédiments (surfaces d'aplanissements limités en amont par des escarpements plus ou moins marqués). Ces surfaces dessinent des ondulations de longueur d'onde de plusieurs centaines de kilomètres (grande longueur d'onde) à plusieurs milliers de kilomètres (très grande longueur d'onde). Ces dernières, par leur longueur d'onde, sont de bons enregistreurs de la circulation mantellique et donc de la topographie dynamique.
Ces plateaux et plaines africaines résultent de la dégradation ou de la préservation d'une surface de corrosion – la surface africaine – datée entre 60 et 40 Ma, par des pediplaines/pédiments et des vallées incisées plus jeunes. L'étagement de ces pédiments/pédiplaines qui correspond pour chacun d'entre eux à un niveau de base local, traduit une surrection locale à régionale de ces plateaux.
L'application de cette méthode à l'ensemble de l'Afrique centrale a permis de montrer (1) un début de surrection des dômes camerounais et est-africains aux alentours de 30-40 Ma et (2) une surrection généralisée de l'Afrique centrale (incluant la Cuvette du Congo) aux alentours de 10-3 Ma.
Cette étude a deux implications majeures (1) la topographie de l'Afrique centrale à l'Eocène était plane et située légèrement au dessus du niveau de la mer et (2) la croissance de ces reliefs de très grande longueur d'onde permet de contraindre la cinématique de la dynamique du manteau avec une " tête " du superpanache sud-africain (" African superswell ") atteignant la lithosphère en Afrique de l'Est vers 30-40 Ma avant de s'étaler sous toute la lithosphère centre-africaine vers 10-3 Ma.

Mots-Clés: surface d'aplanissement, dynamique du manteau, Afrique, Cénozoïque

Les déformations de très grande longueur d'onde (x1000 km) en Europe de l'Ouest au Paléogène, conséquence sur l'aplanissement de la Manche

François Guillocheau*[1], Paul Bessin[2], Cécile Robin[1], Eric Lasseur[3]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Bâtiment 15 - Univ. Rennes 1 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] Dpt. de Géosciences, Univ. Maine, – Univ. Maine – 72085 Le Mans Cedex 09, France
[3] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 45060 Orléans, France

La Manche occidentale (Approches de l'Ouest) est une grande surface d'aplanissement polygénique, initiée au Paléocène sous forme d'une surface de corrosion (" etchplain ") reprise maintes fois (Eocène supérieur, Oligocène inférieur, Miocène moyen, etc .) par l'action abrasive des vagues et des marées (" wave-cut platforms "). C'est le cas d'école (Baulig, 1952, *Annales de Géographie*), d'une surface d'abrasion marine " préparée " par d'autres processus d'érosion (ici la corrosion chimique).
Le domaine ouest européen est soumis au Paléogène à deux périodes de déformation de très grande longueur d'onde affectant la déformation de la Manche occidentale.
1. La mise en place du **Dôme Faeroe-Shetlands** (**Thanétien**) affecte l'ensemble des domaines situé au nord du bassin des Approches de l'Ouest qui demeure sous le niveau de la mer dans sa partie ouest, tandis qu'il est soulevé dans sa partie orientale avec la question du maintien d'un détroit avec le bassin de Paris clairement à vergence Mer du Nord durant le Paléocène – Eocène inférieur (Briais et al., 2016, *Solid Earth*).
2. **L'Eocène supérieur – Oligocène inférieur** est caractérisé par une **subsidence de très grande longueur d'onde** affectant tout un domaine s'étendant de la France à l'Ecosse, marqué des par des reprises de subsidence dans de nombreux " bassins " ultérieurement préservés par effondrement cassant (par exemple le bassin de Rennes ou le bassin de Bove). C'est cette reprise de subsidence qui favorise la transgression bartonienne (Biaritzienne) alors que le niveau marin mondial baisse ou les transgressions de la base de l'Oligocènes.

Mots-Clés: Manche, déformation très grande longueur d'onde, aplanissement, Paléogène

Bilan " source to sink " sur le système Congo de 40 Ma à l'Actuel : une quantification des rapports érosion chimique-érosion mécanique

François Guillocheau*[1], Valentin Galmier, Cécile Robin[1]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Bâtiment 15 - Univ. Rennes 1 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France

Les processus d'érosion sont de deux types, mécanique et chimique. Si le premier fait l'objet de très nombreuses études, le deuxième est plus mal contraint que ce soit au travers du couplage entre processus géomorphologiques et processus d'altération chimique ou de la connaissance du rapport entre érosion chimique et physique. En 1995, Gaillardet et collaborateurs ont proposés au travers de l'analyse de traceurs géochimiques sur le fleuve Congo actuel que se rapport entre érosion physique et chimique soit de 1,5.

Afin de tester ce rapport, nous avons entrepris d'établir un bilan érosion-sédimentation fini depuis 40 Ma, sachant que le bassin versant du Congo n'a pas fondamentalement changé de ceinture climatique depuis cette époque.

La mesure de la **dénudation continentale** a été obtenue en soustrayant la topographie actuelle à la Surface africaine, surface de corrosion (" etchplain ") formée entre 60 et 40 Ma et préservée sous forme de nombreux lambeaux des bordures est du dôme est-africain aux hauts plateaux du Cameroun et de l'Angola, la surface actuelle de la Cuvette du Congo étant globalement la Surface africaine.

La mesure des **volumes déposés** a été quantifiée à partir de lignes sismiques calées sur des puits pétroliers et interprétés selon les principes de la stratigraphie sismique. Les volumes mesurés, de la plaine côtière à la plaine abyssale, ont été ensuite compactés afin de pouvoir faire une comparaison avec les volumes dénudés.

De 40 Ma à l'Actuel, 799 000 km^3 ont été dénudés sur le bassin versant du Congo et 488 000 km^3 (compactés) ont été déposés sur le delta et le cône sous-marin associé, soit un rapport de 61% entre la dénudation et la sédimentation. Pour un plus petit fleuve – l'Ogooué - situé au NW du Congo (Gabon), une mesure similaire a été faite pour le même intervalle de temps. La dénudation est de 27 500 km^3 et le volume de sédiments déposés (compactés) est de 20 500 km^3, soit un rapport de 74 %.

Nous interprétons la différence de volume entre l'érosion et la sédimentation, comme étant la part de l'érosion chimique, sachant qu'aucun lieu de stockage sédimentaire intermédiaire (effet tampon) n'existe ni sur le bassin versant du Congo, ni sur celui de l'Oogoué. Sur le Congo, il serait similaire à celui mesuré sur l'Actuel par Gaillardet et al. (1995), sur l'Oogoué, la part de l'érosion chimique serait plus faible.

Mots-Clés: source-to-sink, Congo, Cenozoic, African Surface

Linking the P-T evolution of granulites and the geochemistry of ultra-K volcanics from Bohemian Massif and Central Tibet

Stéphane Guillot*[1], Fanny Goussin, Petra Maierová, Carole Cordier, Karel Schulmann, Pierrick Roperch[2,3], Guillaume Dupont-Nivet[2], Anne Replumaz[1]

[1] Institut des sciences de la Terre (ISTerre) – CNRS : UMR5275, IFSTTAR, IFSTTAR-GERS, Univ. Savoie, Univ. Joseph Fourier - Grenoble I, INSU, OSUG, IRD : UR219, PRES Univ. Grenoble – BP 53 38041 Grenoble Cedex 9, France
[2] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Bâtiment 15 - Univ. Rennes 1 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[3] Géosciences Rennes et Univ. Chili (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Bâtiment 15 - Univ. Rennes 1 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France

Variscan orogeny is traditionally compared to Himalayan-Tibetan orogeny thanks to two main reasons: 1) Variscan orogen originated through progressive amalgamation of Gondwana derived blocks which formed belt that was subsequently squeezed between two continental plates - Laurussia and Gondwana. Similar sequence of events is characteristic for Tibetan-Himalayan orogeny as well, where previously Gondwana accreted blocks were squeezed between Asian continent and India. Therefore, both orogens result from similar reorganization of plates in Paleozoic and Mesozoic-Cenozoic times, which initiated rapid northward drift of Gondwana derived blocks and their final collision with northern continental masses. 2) This process resulted in both cases in formation orogenic root of double-crust thickness characterized by long lasting (HP) granulite facies metamorphism in lower crust followed by isothermal decompression still at granulite facies conditions. In addition, the granulites in central Tibet were transported by high potassium lavas, with geochemical and isotopical signature corresponding to Mg-K granitoids typically associated to HP granulites in the eastern part of the Variscan belt (the Bohemian Massif in particular). In both cases, the origin of granulitic lower crust and associated high potassium lavas are attributed to relamination and thermal maturation of lower crustal allochthon underthrust below upper plate crust during collision. Based on above similarities we argue that the Devonian - Carboniferous evolution of the Bohemian Massif may be a proxy of Eocene to recent crustal dynamics of the Tibetan system. To better quantify similarities between both orogens, we present a set of numerical models which reproduce the tectonic multistage scenario proposed for the Variscan tectonics of Bohemian Massif. These models are subsequently compared with *P-T* data acquired from the Himalaya and southernTibetan granulites and xenoliths from central Tibet.

Mots-Clés: Tibet, Boehmia, thickening, granulites, volcanism

L'albitisation dans le granite de Lansac-St Arnac : paroxysme de la métasomatose sodique pyrénéenne au Crétacé

Marion Guinault, Erwan Hallot*[1], Philippe Boulvais[1], Marc Poujol[1], Michel de Saint Blanquat[2], Philippe Rémy[4]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Univ. Rennes 1 - OSUR- Campus de Beaulieu - 35042 Rennes Cedex - France
[2] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563, 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France
[4] Imerys – Imerys – Route de Boulzane, 11140 Salvezines, France

La métasomatose sodique se traduit par une albitisation des roches. Elle résulte de la circulation de fluides d'origine crustale ou de surface. On l'observe dans des contextes géologiques très variés, la fréquence du phénomène étant due au caractère ubiquiste des circulations de fluides dans les milieux naturels et à la grande solubilité du sodium dans ces fluides – Na se trouve ainsi parmi les plus mobiles des cations dans les fluides géologiques. Le contexte géodynamique crétacé des Pyrénées – extension lithosphérique entrainant l'exhumation de roches mantelliques en surface et fort flux de chaleur associé – est particulièrement propice à la mise en circulations de fluides géologiques sur des échelles régionales. Les minéralisations en talc-chlorite et albitites sont ainsi reconnues en de multiples endroits du versant nord actuel des Pyrénées. Dans le granite de Lansac-St Arnac et son encaissant gneissique (Massif de l'Agly, Pyrénées Orientales), l'albitisation des roches est suffisamment développée pour faire l'objet d'une exploitation industrielle. Pour cet exemple précis, un modèle de formation des albitites par des processus magmatiques, stipulant que ces roches pourraient représenter des intrusions, a été proposé (Demange et al., 1999 – *C.R. Acad. Sci. Paris 329*), alors que Pascal (1979 – *Thèse non publiée, ENS Mines Paris*) invoquait une origine métasomatique. Dans ce travail, nous avons examiné les affleurements le long des fronts de taille ouverts en exploitation, étudié la pétrographie, caractérisé les distributions élémentaires des roches albitisées et des granitoïdes associés (campagne d'échantillonnage dédiée et utilisation de centaines d'analyses mises à disposition par l'entreprise Imerys exploitant le feldspath) et entrepris une étude géochronologique U-Th-Pb des minéraux urano-thorifères spécifiques des albitites (titanite, rutile) et des granitoïdes (zircon). Nous concluons sans ambigüité à une origine métasomatique des roches albitisées, où la dissolution du quartz (épisyénitisation) précède la métasomatose sodique (albitisation). L'altération est datée entre 108 et 96 Ma. L'albitisation dans le granite de Lansac-St Arnac constitue ainsi le paroxysme de l'altération sodique albo-cénomanienne dans les Pyrénées, de la même manière que le gisement de Trimouns (Massif du St Barthélémy) représente le paroxysme de l'altération talco-chloriteuse de la région à la même période.

Mots-Clés: episyénite, albitite, métasomatose sodique

Fractionnement du rapport S/Se dans les basaltes du bassin arrière-arc d'East Scotia : contraintes sur les processus de dégazage du soufre

Christèle Guivel*[1], Antoine Bézos[1], Thibault Fougeroux, Carole La[1], Jean-Pierre Lorand[1], Stephan König[2]

[1] Lab. de Planétologie et Géodynamique (LPGN) – CNRS : UMR6112, Univ. Nantes – 2 rue de la Houssinière BP 92208 44322 Nantes Cedex 3, France
@ : christele.guivel@univ-nantes.fr
[2] Isotopengeochemie, Universität Tübingen, Allemagne

Le sélénium est un élément présent en ultra-traces dans les planètes silicatées. C'est un élément volatil fortement sidérophile et chalcophile encore peu étudié à cause des difficultés analytiques liées à ses faibles abondances dans les roches volcaniques. Le sélénium présente l'intérêt de se comporter comme le soufre lors des processus magmatiques excepté lors du dégazage où l'on observe un fractionnement important du rapport S/Se indiquant que le sélénium n'est pas dégazé contrairement au soufre. De ce fait, les abondances en sélénium mesurées dans les verres basaltiques permettent de quantifier le dégazage du soufre et de reconstruire ainsi l'histoire prééruptive de la saturation en soufre des magmas, particulièrement complexe en contexte de subduction. Nous présentons les résultats de l'analyse du soufre (microsonde électronique) et du sélénium (ID-ICP-MS) pour 17 échantillons de verres basaltiques provenant du système d'accrétion arrière-arc du bassin d'East Scotia. Les analyses en éléments majeurs, traces et H2O disponibles dans la littérature pour ces échantillons montrent un spectre de compositions chimiques allant des laves de type MORB jusqu'aux laves de type arc saturées en H2O. Les abondances en soufre et sélénium mesurées montrent une signature contrastée entre ces deux pôles avec des teneurs de l'ordre de 1000 ppm de S et 132 ppb de Se pour les magmas de type MORB (S/Se=7646 en moyenne) et de l'ordre de 93 à 300 ppm de S et une moyenne de 97 ppb de Se pour les magmas de type arc (S/Semoy=2537). L'évolution des rapports S/Se entre ces deux pôles suggère donc que les faibles teneurs en soufre mesurées dans les échantillons influencés par les fluides de subduction sont, malgré les fortes profondeurs d'éruption de ces basaltes (2600 à 3700 m), fortement dégazés en soufre. En couplant les données de Se, du soufre, d'H2O, nous discutons du rôle de la saturation en H2O des magmas dans le dégazage du soufre, du rôle de la cristallisation fractionnée dans l'évolution du rapport S/Se des magmas arrière-arc et des potentielles variations du rapport S/Se dans la source des basaltes du bassin arrière-arc d'East Scotia.

Mots-Clés: basaltes, bassin arrière, arc, dégazage, éléments chalcophiles, soufre

Analyse spatiale statistique appliquée aux champs de pegmatites minéralisées

Charles Gumiaux*[1], Eric Gloaguen[2], Sarah Deveaud[2], David Silva[2,3], Julie Michaud[1], Floriane Leopold[2], Yannick Branquet[4], Alexandre Lima[3], Michel Pichavant[1]

[1] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR7327, INSU, BRGM – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie 45071 Orléans Cedex 2, France
[2] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin, BP 6009, 45060, Orléans Cedex 2, France
[3] Department of Geosciences Environment and Spatial Planning (ICT-DGAOT) – Faculty of Science, University of Porto, Rua Campo Alegre 687, Porto 4169-007, Portugal
[4] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
@ : charles.gumiaux@univ-orleans.fr

Les pegmatites sont des objets crustaux d'origine magmatique aux caractéristiques exceptionnelles : il s'agit toujours d'amas d'injections de très petits volumes enrichis à extrêmement enrichis en fluides et éléments incompatibles par rapport aux granites crustaux. Leur variabilité géochimique et les différents contextes dans lesquels on peut les observer font des pegmatites des objets d'intérêt tout particulier du point de vue du traçage de l'histoire des circulations magmatiques et des fluides au travers de la croûte. Cependant, les processus de genèse, migration et mise en place des champs de pegmatites restent mal connus, ceci étant illustré par deux modèles diamétralement opposés : (i) les pegmatites dérivant d'un processus de fractionnement long à partir d'une chambre magmatique moins fractionnée et considérée être la source de ces liquides granitiques, (ii) les magmas formant les pegmatites directement extraits de sources de fusion partielle de bas taux dans la croûte continentale ; les mécanismes d'extraction, de remontée et de mise en place des pegmatites devant alors fortement être contrôlés par la localisation de la déformation dans la croûte continentale.
Nous développons ici une approche d'analyse spatiale statistique sur la répartition de pegmatites dans plusieurs champs de la Chaîne Varisque. En effet, alors que l'analyse des distributions spatiales d'objets en carte est souvent restreinte à une analyse purement visuelle, des outils et méthodes de cartographie numérique permettent de quantifier les tendances de répartition ou d'association spatiale entre objets. Dans le détail, les objets cartographiques d'intérêt sont considérés comme jeu de données d'apprentissage. Différents calculs de paramètres sont alors possibles pour quantifier leur répartition cartographique et en particulier leur degré de regroupement/dispersion sur une gamme d'échelles continue.
Un second objectif consiste à quantifier le degré de recouvrement ou de proximité des pegmatites avec les granites et/ou les structures. Même si ces relations spatiales peuvent parfois paraître évidentes à la simple lecture d'une carte, les configurations cartographiques ne permettent pas toujours de bien appréhender les associations spatiales. Différents outils d'analyse spatiale peuvent être appliqués afin de pouvoir formaliser la quantification du degré d'association entre les objets cartographiques.
Les résultats montrent une caractéristique des pegmatites enrichies en Li à former des regroupements à plusieurs échelles comme dans le champ de Barroso-Alvão (Portugal). En outre, la dispersion cartographique et l'alignement des corps pegmatitiques minéralisés des Monts d'Ambazac (France) montrent un contrôle clair de structures régionales.

Mots-Clés: pegmatites, Li, structures, Varisque, Limousin, analyse spatiale, géostatistiques

Detection of soil moisture changes using GNSS-R using SNR phase unwrapping method : study case of volleyball playground

Minh Cuong Ha*[1], José Darrozes[1], Nicolas Roussel[1], Muriel Llubes[1], Olivier Desenfans[1], Frédéric Frappart[1], Guillaume Ramillien[1], Olivier Desenfans[2]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France
[2] MISTRALE – Rue d'Egmont 15, 1000 Brussels, Belgique
@ : muinhcuong.ha@get.omp.eu

The Global Navigation Satellite System is a very powerful and important contributor to all scientific questions related to precise positioning on Earth's surface. With the development of new GNSS L-band constellations, more and wider applications and new potentials are explored. The GNSS signals can be used in various Earth's surface environment domains as a new, highly precise, continuous, all-weather and near-real-time remote sensing tool.
The reflected signals (GNSS-R) from the ocean and land surface could determine many environmental parameters of the water cycle such as the ocean height, soil moisture, ground roughness, ice and snow thickness etc. Our study points out the efficiency of the Interference Pattern Technique (IPT) methodology to characterize and quantify soil moisture versus ground roughness and L wave penetration in our experimental case, Voleyball phayground, the "ground" correspond to 100% of fine sands.
By analyzing the time variations of the signal-to-noise ratio (SNR) measurements linked to the dielectric constant of the surrounding soil, we use this method to recover the local fluctuations of the soil moisture content. The 3D geometry was well defined following a survey by Ground Penetrating Radar (GPR). Volumetric moisture is perfectly controlled via moisture meter (Tetraprobe) measurements. Our methodology permits moisture retrieval even for important penetration depth, *i. e.* more than the 1/2 signal wavelengths (~10cm), during driest period. We obtain a correlation close to 90% where other methods (Larson et al. 2008 or Roussel et al., 2015) cannot reach 60%. Another interesting point highlited by our methodology is the ability to produce not only ponctual *in situ* measurements, but also moisture maps at various scale depending on the antenna height and the elevation angle of the GNSS satellites.
Our experiment is part of the project MISTRALE H2020 funded by ESA

Mots-Clés: GNSS R, SNR, multipaths, remote sensing, soil moisture, ground based

Localisation de l'interface eau douce eau salée dans l'aquifère côtier de Tipaza (Algérie) par un modèle à interface abrupte

Abdelkader Hachemi*[1], Boualem Remini[2]

[1] Lab. de mobilisation et valorisation des ressources en eau (MVRE) – Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique de Blida (ENSH), Algérie
[2] Dpt. eau et environnement – Univ. Saad Dahleb, Algérie
@ : reminib@yahoo.fr

Le but de ce travail est de déterminer la position de l'interface eau douce eau salée dans l'aquifère côtier de l'Oued Nador (Tipaza) située sur les cotes centrales de l'Algérie. Un modèle numérique quasitridimensionnel basé sur l'approche interface abrupte a été développé et appliqué pour étudier l'intrusion marine dans cet aquifère. L'aquifère est supposé homogène et isotrope. Les résultats de simulations pour l'année 2011, comparés avec ceux trouvés par l'application de la géophysique ont montré une certaine concordance La prévision de la position de l'interface abrupte à l'horizon 2025 nous a poussés à proposer deux scénarios : le premier consistait à arrêter l'exploitation de la nappe (arrêt du pompage) et l'autre consistait à laisser l'exploitation telle qu'elle est actuellement. Les résultats de simulation présenteront les contours d'égales epaisseurs des eaux douces et salées.

Mots-Clés: intrusion marine, aquifère côtier, interface abrupte, Tipaza

Utilisation d'imagerie radar SAR (ERS, ENVISAT) pour l'étude du système de drainage de la région aride du sud-ouest de Riyadh

Kamel Hachemi*[1,2,3], Mohamed Daoudi[4], Abdullah Bamousa[5], Amina Belalia[6], Maria Achek-Youcef[7], André Ozer[8], Catherine Kuzucuoglu[1]

[1] Lab. de géographie physique (LGP) – CNRS : UMR8591, Univ. Paris I - Panthéon-Sorbonne, Univ. Paris-Est Créteil Val-de-Marne (UPEC) – Place Aristide Briand 92195 Meudon Cedex, France
[2] Univ. Paris 12, Paris-Est Créteil Val-de-Marne (UP12 UPEC) – Univ. Paris-Est Créteil Val-de-Marne (UPEC) – 61 avenue du Général de Gaulle - 94010 Créteil Cedex, France
[3] Univ. Paris 1, Panthéon-Sorbonne (UP1) – Pres Hesam – 12 place du Panthéon - 75231 Paris Cedex 05, France
[4] Department of Geography & GIS, Faculty of Arts and Humanities, King Abdulaziz University, Jeddah – Arabie saoudite
[5] Department of Geology, Faculty of Sciences, Taibah University, Madinah Mounawarah – Arabie saoudite
[6] Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique (CRAAG) – Route de l'Observatoire B.P 63 Bouzareah Alger, Algérie
[7] Lab. Architecture Ville Urbanisme Environnement (LAVUE) – UMR7218 CNRS, Ecole Nationale Supérieure d'architecture Paris-Val de Seine – 3-15 Quai Panhard et Levassor, 75013 Paris, France
[8] Géomorphologie et Télédétection, Dpt. de Géographie, Univ. Liège – Belgique

Grâce notamment à la sensibilité de la teneur en eau des sols et à la capacité de pénétration de l'onde radar dans les zones arides, les images radar SAR ont un pouvoir de détection qui peut aller jusqu'à 1 mètre de profondeur et repérer des indices de présence d'eau, d'où leur intérêt pour la détection d'anciens réseaux de drainage. Elles sont aussi appropriées pour la cartographie géologique comme la détection de structures de surface mais aussi la cartographie d'objets enfouis sous une faible couche de sable (paléo-chenaux) grâce à leur grande sensibilité à la rugosité de surface. Le contexte géologique du secteur d'études, situé au sud-ouest de Riyadh, est caractérisé par des dépôts sédimentaires datant du Mésozoïque et du Cénozoïque. La surface est couverte par des dépôts de calcaire marin. L'étude du système de drainage de cette zone s'est avérée primordiale. L'utilisation de l'imagerie radar satellitaire permet un suivi spatial et temporel, régulier et fin des surfaces, compte tenu de la sensibilité du signal radar aux types et aux propriétés des terrains. La réponse du signal radar est particulièrement sensible à la topographie, à la rugosité et à l'humidité de la surface, ce qui permet de déterminer la répartition spatiale du chevelu hydrographique. L'objectif de cette étude est d'essayer de détecter, extraire et cartographier le système de drainage dans cette région aride à partir des images radar SAR des satellites ERS1/2 et ENVISAT. Pour cela, nous avons produit 9 images multi-dates, entre 1996 et 2009, calibrées, filtrées et géo-référencées avec des résolutions allant de 12,5 à 20 m. Grâce à la détection et l'extraction de linéaments, parfaitement visibles avec des directions constantes et continues, ces images peuvent révéler la présence de phénomènes tels que des failles, des fractures ainsi que des contacts géologiques. Les premiers résultats obtenus montrent l'apport de l'imagerie radar pour la détection de réseaux de drainage mais aussi pour la réalisation de cartes à différentes échelles du système de drainage dans cette région du sud-ouest de Riyadh.

Mots-Clés: système de drainage, zones arides, radar SAR, Riyadh, Arabie Saoudite

Example of paleosebkha littoral deposits of Senonian in the "basins zone" of Ait Ourir (Marrakech High Atlas, Morocco)

Fatiha Hadach*[1], Ahmed Algouti[1], Abdellah Algouti[1], Maryam Khal[1]

[1] Faculté des Sciences Semlalia, Marrakech, Maroc
@ : ahmedalgouti@gmail.com

The comparative analysis of three cuts oriented West-East at the level of the basin of Jbel Sour, led to defining during the Santonian:
* A western sector of detrital coarse sediments, deposited in the context of a fluvial dynamics.
* Oriental sector of mainly carbonato- evaporite sedimentation, in a less deep and confined environment, subject to significant subsidence under a hot, arid climate favoring the formation of sebkha facies.
These santonien deposits are organized in a regressive megasequence, surmounted by a Maastrichtian transgressive formation, corresponding, in this area, to a tidal-flats environment. This evaporite serie marking the return of the epicontinental sea, under a hot, arid climate, by an Atlantic transgression encompassing the entire study area.

Mots-Clés: Senonian, sebkha, sedimentation, ichnofacies, containment, subsidence, Marrakech, High Atlas

Alteration Patterns on Cr-Ni Ores in Ultramafic Massif of Beni Bousera (Internal Rif, Morocco)

Zaineb Hajjar*[1], Amina Wafik[1], Fernando Gervilla[2], Abderrahim Essaifi[1]

[1] Laboratory dynamique de la Lithosphère et Genèse des Ressources Minérales et Énergétique, Department of Geology, Faculty of Sciences Semlalia, Marrakech – Boulevard Prince My Abdellah, B.P. 2390 | 40000 Marrakech, Maroc
[2] Departamento de mineralogia y petrologia, Universidad de Granada, CSIC – Espagne

The Beni Bousera massif is part of the Sebtide units in the internal Rif (Morocco). It is mainly composed by mantle peridotites surrounded by crustal metamorphic series (kinzigites, micaschists, schists). Intensity of ductile deformation in the peridotites allows recognizing from bottom to top: 1) coarse grained porphyroclastic to granular spinel peridotites including spinel pyroxenites layers; 2) spinel porphyroclastic peridotites with layers; 2) spinel porphyroclastic peridotites with layers of garnet pyroxenites; 3) garnet and spinel mylonites. The Cr-Ni type of ores is represented in 3 deposits (Galaros, Biaten, Talambiden; Fig. 1). Cr-Ni ores are restricted to a small, strongly serpentinized area located close to the NE contact. S-G ores are widespread in the massif. According to Telnov and Bakkali (1979), the mineralized structure follows a tectonic zone, which intersects the foliation plane of host peridotites.
Petrographic study of Cr-Ni ores in the Beni Bousera massif, allows differentiating three mineral assemblages generated as consequence of two alteration degree: (i) the first one is an altered magmatic ores constituted by chromite and nickeline associated to orpthopyroxene and/or cordierite; (ii) the second one is generated until interaction between orthopyroxène-bearing ores and leucogranite dyke; it produce a partial or total replacement of orthopyroxène by phologopite, and nickeline by mauchérite. (iii) The second one is generated during serpentinization/weathering process; marked by arsenide leaching and formation of Ni-rich serpentine, which intergrowth with chlorite/vermiculite. Those mineral result from phlogopite alteration.

Mots-Clés: Cr-Ni ores, Transformation, serpentinization, peridotites

Caractérisation physico-chimique des céramiques du Nord ouest de l'Algérie

Samira Hamil*[1], Ghania Hamane[2]

[1] Centre Universitaire de Tipaza, Algérie – Algérie
[2] Univ. Medea Algerie – Algérie

La céramique constitue l'un des principaux marqueurs de la culture matérielle Néolithique. Des exemples archéologiques ont été pris dans la céramique du Néolithique Oranais, montrant différents types de pates et déférentes techniques de fabrication. L'analyse physico-chimique appliquée aux céramiques du néolithique méditerranéen découvert dans le nord ouest de l'Algérie a mis en évidence des composants principalement d'ordre minéral plus spécialement de la calcite, dont la granulométrie présente un paramètre fin, permet de caractériser les choix d'approvisionnement en argile. Cette analyse nous a permis d'identifier les principales méthodes et étapes de préparation de la pate à l'époque Néolithique, et la matière première exploitée.

Mots-Clés: céramique, physico-chimique, Néolithique

Impact des rejets d'effluents industriels sur la qualité des eaux dans la basse vallée de la Seybouse, nord est Algerien

Mani Hannouche*[1], Myriam Benhamouda[1], Samia Benrabeh[1]

[1] LRG – Univ. Badji Mokhtar BP 12, Annaba - Algérie

L'histoire du développement industriel s'est construite en partenariat avec l'eau. Cet important développement industriel dans la basse vallée de la Seybouse (N.E Algérien) s'est traduit par un accroissement des rejets induisant une dégradation de l'environnement et de la qualité des eaux de surface. Pour mettre en évidence cette dégradation, nous allons essayés d'évaluer la qualité des eaux des Oueds Seybouse et Méboudja en utilisant les paramètres physico-chimiques et les métaux lourds. Les résultats d'analyses des rejets drainés par les Oueds montrent une très mauvaise qualité physico-chimique et caractérisent des teneurs supérieures aux normes admises en termes d'éléments indésirables et toxiques. En effet, les eaux des oueds et des unités industrielles présentent un pH relativement élevé donc basique. Ces eaux sont très minéralisées avec des valeurs de conductivités supérieures à 1150 μs/cm. Le rapport DCO/DBO5, par ses valeurs, confirme l'impact des eaux usées urbaines et domestiques sur la qualité des eaux. Les Chlorures en quantité très importantes (210-7600 mg/l) sont dus probablement à la dissolution des chlorures de sodium et des alluvions salifères rencontrées dans les formations triasiques et évaporitiques. Les teneurs en Sulfates sont inférieures aux normes, leur présence dans les eaux peut avoir pour origine la dissolution des Sulfates de Calcium et de Magnésium inclus dans les collusions des alluvions. Quant aux Phosphates, les teneurs sont admises par l'OMS (0,50 mg/l) et leur origine serait liée aux rejets urbains ou à la dissolution des engrais chimiques (NPK). Les teneurs en Calcium sont admises par l'OMS, et habituellement leur origine est liée probablement soit à la dissolution des formations Carbonatées (CaCO3), soit la dissolution des formations gypseuses (CaSO4). Présent dans l'eau en quantité importante, le Magnésium accompagne le Calcium, ce qui laisse supposer qu'ils ont la même origine. Les teneurs en Sodium sont supérieures à la norme admise par l'OMS, leur origine est liée aux apports salifères du lac Fetzara par l'effet de l'évaporation ou à la remontée des eaux marines dans l'Oued Seybouse et donc dans son affluent l'Oued Méboudja. Les eaux de l'Oued Méboudja présentent des teneurs faibles en Potassium, celles de l'Oued Seybouse varient de 7 à 90 mg/l, donc leur origine probable est l'altération des formations silicatées (gneiss, schiste), les argiles potassiques et la dissolution des engrais chimiques (NPK). L'analyse des métaux lourds indique que les eaux de surface sont polluées par la présence de métaux lourds (Fe, Mn, Ni, et Pb) dans des proportions dépassant les normes de l'OMS.

Mots-Clés: impact, rejets, industries, eaux, qualité

40 Ma de minéralisations hydrothermales à tungstène dans le Massif Central Français : apport de la datation U-Pb de wolframite

Matthieu Harlaux*[1], Romer Rolf[2], Julien Mercadier[1], Christian Marignac[1], Michel Cuney[1]

[1] UMR 7359 GeoRessources – Univ. Lorraine, CNRS : UMR7359 – Faculté des Sciences et Technologies, BP 70239 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex, France
[2] GFZ German Research Centre for Geosciences – Telegrafenberg D-14473 Potsdam, Allemagne

Le Massif Central Français (MCF) possède de nombreuses occurrences de minéralisations hydrothermales à tungstène ($>$ 45,000t WO3) associées spatialement à des granites peralumineux syn- à tardi-orogénique d'âge Carbonifère. Cependant, les liens temporels et génétiques entre ces différentes manifestations magmatiques et hydrothermales restent peu contraints du fait de l'absence de datation directe des minéralisations. Ce travail est basé sur la datation U-Pb de wolframites provenant de plusieurs gîtes à W$\pm$Sn répartis sur l'ensemble du MCF : Puy-les-Vignes, Echassières, Vaulry et St-Goussaud (Limousin) ; Leucamp et Enguialès (Châtaigneraie) ; St-Mélany (Cévennes) et Montredon-Labessonnié (Tarn). Les wolframites sont caractérisées par de faibles concentrations en U ($<$ 10 ppm en moyenne) ainsi que par des compositions isotopiques du Pb variables régionalement. Bien que la plupart des wolframites donnent des âges concordants, certains échantillons possèdent des compositions isotopiques variables donnant des âges discordants qui sont dus à une réouverture du système U-Pb au cours d'altération hydrothermale (ferbértisation) ou à la présence d'autres phases minérales (scheelite, sulfures) sous forme de micro-inclusions. Les âges U-Pb obtenus forment 3 groupes géochronologiques distincts associés à des contextes géodynamiques différents : (i) minéralisations d'âge Viséen-Namurien (333-327 Ma) mises en place en contexte de compression syn-orogénique (Echassières, St-Goussaud); (ii) minéralisations d'âge Namurien-Westphalien (317-315 Ma) synchrones de l'extension tardi-orogénique (Puy-les-Vignes, St-Mélany, Montredon-Labessonnié); (iii) minéralisations d'âge Stéphanien-Permien (298-274 Ma) formées durant l'extension post-orogénique (Vaulry, Leucamp, Enguialès). Les wolframites d'âge Permien sont caractérisées par des âges discordants ainsi que par des compositions isotopiques du Pb très variables, indiquant une perturbation du système isotopique U-Pb après la cristallisation de la wolframite, vraisemblablement lié à un épisode d'altération hydrothermale (e.g., ferbéritisation). Ces résultats démontrent que les minéralisations à tungstène dans le MCF se sont formées au cours de plusieurs événements hydrothermaux distincts, pendant un intervalle temporel d'au moins 40 Ma, et dans des contextes tectono-métamorphiques différents.

Mots-Clés: Massif Central Français, wolframite, datation U-Pb, tungstène, Varisque

Glissement de terrain Taourart-Akchour (Nord du Maroc)

Hasnaa Harmouzi*[1], Abdelilah Dekayir, Mohamed Rouai, Mohamed Afechkar

[1] Géo-exploration et Géotechniques – Faculté des sciences Moulay Ismail – BP 11201, Ave Zitoune, Meknes, Maroc
@ : har.hasnaa@gmail.com

Les risques naturels sont devenus de plus en plus intenses suite aux changements de la surface de la terre et le développement des activités socioéconomiques.
Le présent travail concerne une zone montagneuse et humide, le Rif central, connue par de nombreux glissements de terrain importants. Il s'agit d'une étude de cas, en l'occurrence le glissement survenu dans la zone dite " Taourart-Akchour ", distante de 9km au NNE de la ville de Chaouen (Nord du Maroc).
Déclenché en 2010, ce glissement complexe est survenu suite aux fortes précipitations d'hiver de la même année. Les dégâts étaient considérables, un village de 75 maisons a été presque entièrement détruit et recouvert par les éboulis ; une digue s'est formée bloquant les eaux de l'oued Talambote, formant un lac et inondant une station hydro-électrique située à une centaine de mètres en aval, et coupant complètement la route d'Akchour.
Le glissement a une superficie de 360439m2, de forme allongée N-S, ayant une longueur de 1195m ; le dénivelé est d'environ 285m, soit une pente de 23%. Le contexte géologique est représenté par des calcaires d'âge Trias supérieur-Lias, superposés aux marnes de l'Oligocène.
Pour comprendre le processus de mouvement de masse relatif à ce glissement, une étude géologique et géotechnique des formations glissées a était réalisée. Des analyses par diffraction des rayons X des échantillons de sol et des essais géotechniques ont permis de différencier et de caractériser les différents matériaux vis-à-vis des facteur déclencheurs du glissement.
L'intégration de ces différents éléments dans un système d'information géographique a permis de mettre en évidence ces relations et de mieux cerner le phénomène.

Mots-Clés: glissement de terrain, SIG, géotechnique, Akchour, Rif, Maroc

Le Cadre Minéralogique de Référence (CMR), un outil d'évaluation rapide du potentiel de valorisation de matériaux de dragage dans l'industrie de la terre cuite

Frédéric Haurine*[1,2], Isabelle Cojan[1], Marie-Anne Bruneaux[2]

[1] Centre de Géosciences – MINES-ParisTech – PSL Research University – 35 rue Saint-Honoré, 77305 Fontainebleau Cedex, France
[2] Centre Technique Materiaux Naturels de Construction (CTMNC) – 17, rue Letellier 75786 Paris Cedex 15, France
@ : frederic.haurine@gmail.com, isabelle.cojan@mines-paristech.fr

Dans le contexte de préservation de la ressource naturelle, se pose pour l'industrie de la terre cuite, consommatrice de ressources fossiles, la question de la valorisation d'atterrissements de matériaux fins. Les produits de dragage présentent des volumes conséquents, plus de 10 Mt/an qui ne sont que très peu valorisés pour différentes raisons (cadre normatif peu adapté, pollution potentielle, adaptation des process industriels à ces matériaux).
Pour mieux cibler le périmètre sur lequel il faudra répondre à ces questions, nous abordons la valorisation des matériaux fins au travers d'un outil qui permet d'évaluer rapidement le potentiel d'un atterrissement donné.
L'approche classique d'évaluation d'un mélange de production repose sur une série d'analyses et d'essais difficilement envisageable dans le cas de l'évaluation du potentiel de nombreux sites aux compositions minéralogiques variées. Nous avons développé un Cadre Minéralogique de Référence (CMR) établi à partir de la composition minéralogique (roche totale et minéraux argileux) de mélanges de production représentatifs de l'industrie française de la terre cuite. Le CMR constitue un outil d'aide à la décision qui peut remplacer l'approche classique dans l'évaluation des sites potentiels présents sur le territoire français.
Le CMR est composé de deux groupes de deux diagrammes ternaires, qui définissent les domaines d'assemblages de minéraux les plus fréquemment rencontrés dans les mélanges industriels. Le premier groupe de diagrammes est composé à partir des minéraux les plus abondants dans la majorité des mélanges : les minéraux argileux, les silicates (quartz, micas et feldspath) et la calcite. De même, le second groupe de diagrammes ternaires présente les principaux minéraux argileux (illite, kaolinite, argiles gonflantes et chlorite). La robustesse du CMR a été évaluée à partir de 56 sites pilotes pour lesquels les analyses classiques ont été réalisées en parallèle.
Le potentiel des atterrissements liés aux cours d'eau et à leurs aménagements sur la façade de la Manche (Baie de Somme, réseau de la Seine, Baie du Mont St Michel, Estuaire de la Rance) et de l'Atlantique (cours d'eau côtiers alimentant les pertuis Breton et d'Antioche) est discuté à partir d'échantillons provenant des atterrissements naturels (estuaires, baies côtières), des retenues de barrages (pour l'approvisionnement en eau, électricité ou de régulation des cours d'eau), de produits de dragages (ports).

Mots-Clés: minéralogie, terre cuite, briques et tuiles, cadre industriel de réference, ports, baies côtières

Modélisation couplée 1D-2D des écoulements du Rhône dans la plaine de sur-inondation de Caderousse (Vaucluse)

Quentin Hénaff*[1], Gilles Arnaud-Fassetta[1], Gérard Beltrando[1,2]

[1] Pôle de recherche pour l'organisation et la diffusion de l'information géographique (PRODIG) – EPHE, PRES Sorbonne Paris Cité, Univ. Paris VII - Paris Diderot, CNRS : UMR8586 – 2 rue Valette - 75005 Paris, France
[2] Environnement Ville Société – Observatoire Hommes-Milieux Vallée du Rhône, Univ. Lyon, CNRS : UMR5600 – 5 parvis R. Descartes, 69362 Lyon Cedex 07, France

Les récentes crues du Rhône méditerranéen de 1993, 1994, 2002 et 2003 ont démontré la vulnérabilité des territoires de la basse vallée face aux inondations. L'aménagement hydraulique de la plaine alluviale du Rhône perturbe la dynamique fluviale actuelle en période de crue : la plaine d'inondation est déconnectée du Rhône par un système de digues insubmersibles. Cependant, afin de limiter la fréquence et l'intensité de l'aléa hydrologique dans les territoires à forts enjeux urbains en aval (ex. Avignon, 90000 habitants en zone inondable), l'aménagement de déversoirs sur digues provoque la sur-inondation des territoires ruraux en amont (ex. Caderousse, moins de 3000 habitants en zone inondable). La reconquête par le fleuve de ces espaces auparavant insubmersibles s'inscrivant dans le principe de solidarité amont-aval. Compte-tenu de l'impact de la géomorphologie aménagée sur la dynamique des crues du Rhône et de la disponibilité de données bathymétriques et altimétriques de haute résolution, l'objet de la recherche est d'élaborer un modèle hydraulique couplé 1D-2D des écoulements en période de crue dans la plaine de sur-inondation de Caderousse.
Au préalable, la bathymétrie du lit mineur est construite par interpolation spline cubique de profils transversaux relevés par échosondage puis est intégrée au modèle numérique de terrain de la plaine inondable réalisé à partir de relevés altimétriques LiDAR. La seconde étape reconstitue l'hydrogramme de la crue d'ordre centennal de décembre 2003 (débit maximal instantané de 11500 m3/s à Beaucaire) par modélisation des écoulements du lit mineur en régime transitoire à faible pente (équations 1D de Saint-Venant). Les apports latéraux au droit du déversoir (déversement-reversement) sont modélisés par l'équation de seuil de Hager. Enfin les écoulements en lit majeur sont modélisés à partir de l'équation d'onde diffusive 2D. La modélisation hydraulique couplée permet alors, par itération du transfert des écoulements entre le lit mineur (1D) et le lit majeur (2D), de proposer une cartographie dynamique de la sur-inondation de la plaine de Caderousse en 2003.
La modélisation couplée 1D-2D des écoulements du Rhône en période de crue permet d'étudier la dynamique de sur-inondation de la plaine de Caderousse à une échelle spatio-temporelle adaptée au besoin de connaissance du risque d'inondation. Bénéficiant des avancées technologiques en matière d'acquisition et d'utilisation de données altimétriques et bathymétriques de haute résolution, les résultats de cette recherche démontrent le potentiel de la modélisation des catastrophes hydrologiques pour l'étude des interactions entre l'Homme et son milieu naturel et suggère la valorisation de la géomorphologie fluviale par les gestionnaires des territoires de l'eau.

Mots-Clés: modélisation, inondation, Rhône, hydraulique

Does unsteady overriding plate kinematics explain variability of slab dip and upper plate deformation?

Solenn Hertgen*[1], Benjamin Guillaume[1], Joseph Martinod[2]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – BCampus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563, 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France

Plates reorganization associated with mantle convection leads to changes in absolute plate velocities which may in turn impact the geometry of slabs and the upper plate regime of deformation. Analogue experiments suggest a very good correlation between overriding plate absolute motion and, slab dip and upper plate deformation: steep slab and extension are associated with overriding plate moving away from the trench while shallow slab and shortening occur when the upper plate goes the other way. However, these correlations are established on models in which the motion of the overriding plate is constant and the subduction steady-state which may not correspond to the general case: How does the subduction adapt to the changes of overriding plate absolute velocity? What is the impact on slab dip and upper plate deformation? Could it explain why correlations in Nature between overriding plate absolute motion and slab dip are poorer than expected? We herein present a study coupling 3D analogue models of subduction and observations of present-day subduction parameters. The models show that instantaneous changes in the overriding plate absolute velocity produce a transient stage during which both upper plate deformation and slab dip adjust, followed by a period of stabilization. Specifically, deformation velocity adjusts rapidly while slab dip requires a larger time. For deep slab dip this time delay is on average 17 ± 4 Myr and is independent of both the absolute velocity and changes in absolute velocity. There is a systematic trend toward lower than expected slab dip when upper plate slowdowns and higher when it accelerates. In Nature, there is the same general trends but correlations are poorer than in laboratory models. The distribution of slab dip as a function of overriding plate accelerations or decelerations above specific periods of time supports the idea of a global adjustment time of 10 Ma, close to what found in analogue models. Over this time period, deep slab dips tend to be lower than expected when the overriding plate constantly decelerated and higher when it accelerated. The same analysis for upper plate deformation gives a best result for an adjustment time of 5 Ma. Thus, there is a delay in the response of the system to the changes of overriding plate absolute velocity. The poor correlation in Nature between present-day subduction kinematics, slab dip and upper plate deformation may explain because the present-day velocities correspond to a snapshot in the evolving history of subduction.

Mots-Clés: subduction, overriding plate, absolute plate velocities, slab dip, plate reorganization, adjustment time

Impact of the overriding plate crustal rheology on convergence zones dynamics

Solenn Hertgen*[1], Philippe Yamato[1], Benjamin Guillaume[1]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France

Most of deformation at the Earth's surface is localized at plate boundaries. This deformation can be accommodated in very different ways depending on the tectonic setting. In the case of the convergence zones, the deformation is classically classified as follows: i) intra-oceanic convergence (when convergence involves two oceanic lithospheres), which generally leads to the subduction/obduction initiation and to the formation of an island arc, ii) convergence between an oceanic and a continental lithosphere, which is generally accommodated by subduction and can also lead to the formation of a mountains range at the plate boundary and iii) convergence between two continental lithospheres leading to the formation of a collisional mountain range formed by the stacking of crustal slices. Hence, different materials (*i.e.,* oceanic crust, continental crust, sediments) evolving in different contexts (*i.e.,* oceanic subduction, continental subduction, obduction) result in the formation of contrasted structures in terms of units size, morphology and metamorphism. In addition, some convergent zones from a similar tectonic context (*e.g.,* ocean/continent convergence) can produce mountains ranges presenting very different characteristics (*e.g.,* characterized by extension as in the Aegean or, at the opposite, by significant shortening, as in the Andes). Although the mechanism of plate convergence appears to be the same, the structures obtained at the surface (*e.g.,* Alpes, Andes, Aegean, Himalayas) seem then to be unique. Rheology of both the lower subducting plate and of the plates interface is known to influence the convergence zones dynamics. However, very few studies have addressed the role of the overriding plate rheology in details, while it may also exert a large control on the deformation style at plate boundaries. In this study, we therefore focus on the influence of the overriding plate rheology on the convergence zones dynamics and, more precisely, on the role of the crustal part. For this, we use both 2D thermo-mechanical numerical models and 3D analogue models, in which the rheological property of the crust of the upper plate is tested vertically but also laterally. This complementary approach allows us to test the effect of numerous parameters controlling the rheological structure (*e.g.,* nature of the material, thickness, convergence velocity, initial thermal structure) on the convergence zone dynamics and on the deformation style occurring at plate boundaries.

Mots-Clés: convergence zones dynamics, overriding plate, rheology, subduction process, numerical modelling, analogue modelling

Evidences for brittle deformation events in eclogite-facies conditions: the case of the Mt. Emilius kilppe (Western Alps)

Solenn Hertgen*[1], Philippe Yamato[1], Luiz Morales[2], Samuel Angiboust[2]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] GFZ Potsdam [Postdam] – Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Allemagne

Eclogitic rocks are crucial in tectonics as they provide key constraints on both the evolution (*P-T-t* paths) and the deformation modes sustained by the rocks in subduction zones. We herein focus on eclogitized flattened mafic bodies remnants exposed within granulites from the continental basement slice of the Mt. Emilius klippe (Western Alps, Italy). These eclogites exhibit highly deformed (up to mylonitic) garnetite and clinopyroxenite levels found as clasts within meter-thick eclogitic shear zone formed close to the metamorphic peak conditions under lawsonite bearing eclogite facies conditions. The garnet-rich levels tend to behave in a brittle fashion while deformation within clinopyroxene-rich levels is mostly accommodated by creep, as evidenced by the presence of elongated grains, subgrains boundaries and intense grain size reduction. Especially, crystallographic preferred orientation (CPO) measurements in garnet indicate a *quasi*-random distribution. In most of the clinopyroxene levels nevertheless, the CPO is relatively strong, with multiples of uniform distribution varying from 4 to 5.5 (value of 1 is random texture). This CPO is characterized by a strong alignment of poles of the planes (001) parallel to the lineation and poles of the planes (100) and directions of the planes [010] distributed along girdles cross-cutting the foliation plane. Based on a petrological study, from the outcrop to the microscopic scale, we propose a tectono-metamorphic history of the Mt. Emilius eclogites. This history related to the alpine eclogitic event, allow to link the metamorphic *P-T* path and the deformation processes in association with the chemical evolutions that could lead to the formation of the Mt. Emilius brecciated eclogites in the Arbole region. This model is consistent with the alternating ductile and brittle events that developed in the same metamorphic facies, at P~2.0-2.5 GPa and T~500-550°C, closely associated to metamorphic fluid circulations. Thus, our study attests that the material along the subduction interface, at HP-LT conditions, can locally be brittle where deformation is classically envisioned as ductile.

Mots-Clés: brittle, ductile deformation, eclogite breccia, fluid, rock interactions, subduction zone

Caracterisation multi-échelle de l'aquifère carbonaté fracturé éocene du synclinal de Gourigueur (region de Tebessa, Algérie nord orientale)

Saad Hireche*[1]

[1] Lab. de Génie Géologique Univ. Mohamed Seddik Benyahia - Jijel (LGG) – BP 98 Ouled Aissa Jijel 18000, Algérie, Algérie

Le synclinal éocène de Gourigueur se trouve au nord-est de l'Algérie à environ 50 Km à l'Ouest de la ville de Tébessa. L'Eocène carbonaté fracturé de ce massif constitue l'un des aquifères de la région. Le présent travail vise à caractériser l'état de la fracturation de ce réservoir aquifère à partir d'une analyse multiscalaire.

De direction atlasique (NE-SW), le synclinal de Gourigueur s'étend sur une vingtaine de kilomètres du SW au NE et sur environ cinq kilomètres du NW au SE. La projection stéréographique des pôles des plans de stratification donne un axe du pli orienté N34°E et incliné de 4°SW. A son extrémité nord-orientale, il se termine par une fermeture péri-synclinale alors vers le SW il s'ennoie sous les formations quaternaires ; ces dernières constituent l'aquifère poreux superficiel le plus important de la région.

Les mesures des directions prélevées dans les formations carbonatées éocènes ont permis de mettre en évidence deux familles de fractures principales (d1 et d2) dont les orientations moyennes sont respectivement N43E77NW et N132E81SW et deux familles de fractures secondaires (d3 et d4) de directions obliques par rapport aux deux premières respectivement ENE-WSW à ESE-WNW et SSE-NNW.

Dans l'ensemble les fractures présentent une fréquence plus importante dans la charnière que dans les deux flancs. Cependant, les fractures de la famille d2 montrent des fréquences légèrement plus élevées au niveau de la charnière et du flanc NW que celles de la famille d1 alors que c'est l'inverse qui est constaté pour le flanc SE. Il apparait également que l'épaisseur et le pendage du banc porteur des fractures n'ont pas d'effet significatif sur la fréquence des fractures. Sur la base de l'intensité, la fracturation induite par ces deux familles peut être classée dans la catégorie de " forte fracturation ". La densité surfacique varie d'une station à l'autre de 0,63 à 4,75, en moyenne elle est de l'ordre de 2,3. Cette variation est contrôlée par la position structurale (flancs et charnière), elle est globalement plus élevée au niveau de la charnière que sur les deux flancs. Les fractures étudiées sont généralement béantes, parfois conjuguées et montrent une connectivité plus développée au niveau des flancs.

L'examen des images satellitaires a donné des résultats montrant une certaine correspondance avec ceux du terrain notamment en ce qui concerne les familles de fractures, leur orientation et leur densité, bien que la connectivité ait diminué. L'analyse microfaciologique des échantillons prélevés a permis de montrer que la porosité de ces roches carbonatées éocènes est essentiellement contrôlée par la porosité de fracture ; la porosité matricielle étant très faible voire nulle pour certains faciès.

En conclusion il apparait clairement que l'aquifère carbonaté éocène de Gourigueur est caractérisé par une très faible porosité matricielle. La fracturation constitue le paramètre principal contrôlant la porosité et la perméabilité et par conséquent les l'hydrodynamiques du réservoir

Mots-Clés: fracturation, réservoir, Gourigueur

Les roches ultramafiques néoprotérozoïques d'Ait Ahmane (Bou Azzer, Maroc) : protolithe, serpentinisation et exhumation

Florent Hodel*[1,2], Antoine Triantafyllou[3,4], Julien Berger[1], Mélina Macouin[1], Ricardo Trindade[2], Nasser Ennih[5]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – Obs. Midi-Pyrénées 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France
[2] Departamento de Geofísica, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) – Universidade de São Paulo, Rua do Matão 1226, 05508-900 São Paulo, Brésil
[3] Department of Fundamental & Applied Geology – Mining Geology – Univ. Mons, 20, Place du Parc, B-7000, Belgique
[4] Lab. de Planétologie et Géodynamique de Nantes (LPGN) – CNRS : UMR6112, Univ. Nantes – 2 Rue de la Houssinière - BP 92208 44322 Nantes Cedex 3, France
[5] Univ. Chouaib Doukkali, Faculté des Sciences, Dpt. de Géologie – EGGPG, BP-20, El Jadida 24000, Maroc

Les complexes ophiolitiques sont les seuls vestiges de la lithosphère océanique ancienne ($>$ 200 Ma). Largement investigués dans les terrains phanérozoïques, leurs homologues précambriens sont moins documentés. Plus particulièrement, les unités ultramafiques de ces séquences nous renseignent sur la composition du manteau lithosphérique océanique et nous permettent d'étudier les processus géochimiques induits par leur hydratation (serpentinisation), ainsi que leurs modalités d'exhumation.
Nous présentons ici une étude alliant observations de terrain, études pétrographique et géochimique des serpentinites d'Ait Ahmane (ophiolite néoprotérozoïque de Bou Azzer, Maroc). Cette étude consiste en l'identification (spectroscopie Raman, DRX) et la quantification de la chimie en éléments majeurs *in situ* (microsonde électronique) des phases minérales ainsi qu'en l'observation des relations micro-texturales. Ces données sont couplées à des analyses géochimiques (majeurs et traces) sur roche totale afin de contraindre au mieux : le protolithe, son contexte de mise en place, l'histoire hydrothermale ainsi que les modalités d'exhumation de ces roches mantelliques.
Les serpentinites d'Ait Ahmane sont des harzburgites à spinelle associées à de rares lentilles dunitiques, toutes deux intégralement serpentinisées. Elles présentent généralement une texture pseudomorphique typique, résultant d'une serpentinisation statique. Les valeurs de Cr# très élevées (0.65-0.77) et de Mg# basses (0.33-0.65) des chromites, les faibles concentrations (roche totale) en éléments majeurs incompatibles (Al2O3 : 0.20-1.28 wt.% et Ti : 3-38 ppm) ainsi que les très faibles concentrations en terres rares semblent indiquer un protolithe hautement réfractaire, typique d'un contexte de supra-subduction. Nous mettons en évidence deux protolithes mantelliques différents à l'Ouest et à l'Est du massif. Les spectres de terres rares distincts pourraient s'expliquer par une plus grande fertilité et des pyroxènes plus abondants pour les échantillons prélevés à l'Ouest du massif. Cela semble se confirmer au regard d'autres indicateurs géochimiques tels que les concentrations en Al et Ti, plus élevées à l'Ouest. En outre, certains échantillons présentent un fort enrichissement en terres rares légères (La/Yb jusqu'à 175.79), corrélé à un enrichissement en Eu (Eu/EuN jusqu'à 33.09) qui semble correspondre à la signature d'un évènement hydrothermal subséquent ayant localement affecté le massif.

Mots-Clés: serpentinite, ophiolite, supra-subduction, Néoprotérozoïque, hydrothermalisme

Veines massives de magnétite et altération hydrothermale des chromites dans les serpentinites d'un massif ophiolitique néoprotérozoïque (Bou-Azzer, Maroc)

Florent Hodel*[1,2], Mélina Macouin[1], Julie Carlut[3], Ricardo Trindade[2], Antoine Triantafyllou[5,4], Julien Berger[1], Nasser Ennih[6]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – Obs. Midi-Pyrénées 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France
[2] Departamento de Geofísica, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) – Universidade de São Paulo, Rua do Matão 1226, 05508-900 São Paulo, Brésil
[3] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – Univ. Paris VII - Paris Diderot, CNRS : UMR7154, 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05, France
[5] Lab. de Planétologie et Géodynamique de Nantes (LPGN) – CNRS : UMR6112, Univ. Nantes – 2 Rue de la Houssinière - BP 92208 44322 Nantes Cedex 3, France
[4] Department of Fundamental & Applied Geology – Mining Geology – Univ. Mons, 20, Place du Parc, B-7000, Belgique
[6] Univ. Chouaib Doukkali, Faculté des Sciences, Dpt. de Géologie – EGGPG, BP-20, El Jadida 24000, Maroc

Les ophiolites représentent de rares fenêtres ouvertes sur le manteau lithosphérique océanique, notamment pour les périodes anciennes. Elles constituent en cela des lieux idéaux pour étudier les réactions chimiques associées à l'hydratation des péridotites (serpentinisation). Si la magnétite est un produit classique de la serpentinisation, la formation de veines massives est quant à elle très rare.
Nous présentons ici l'étude de veines pluricentimétriques de magnétite massive dans le massif de serpentinite d'Ait Ahmane (ophiolite néoprotérozoïque de Bou-Azzer, Maroc). Les données magnétiques sont couplées à des données chimiques *in-situ* (microsonde électronique) et à des observations pétrographiques, afin de contraindre l'évolution du Fe dans ces roches et de comprendre les mécanismes intervenant dans la formation des veines.
Le massif d'Ait Ahmane est complètement serpentinisé. La serpentinite présente la plupart du temps une texture pseudomorphique lizardite/chrysotile typique, résultant probablement d'une serpentinisation statique à basse température. Cette serpentinite massive est affectée par des bandes d'altérations plurimétriques qui diffèrent tant macroscopiquement que microscopiquement de la roche encaissante saine. C'est dans ces zones que se trouvent des veines de magnétite pouvant atteindre 5 cm de largeur. Les données magnétiques (susceptibilité magnétique, paramètres d'hystérésis, aimantation rémanente isotherme et diagrammes de FORC) permettent de caractériser les oxydes de fer du massif. La teneur en magnétite dans la serpentine est comprise entre 0.6 et 7.9 % (valeurs les plus basses mesurées à proximité des veines). L'étude géochimique des chromites dans ces zones indique une zonation en ferritchromite et magnétite chromifère. Nous mettons ici en évidence (1) un lessivage de la magnétite présente dans la serpentinite encaissante; (2) une altération importante des chromites dans ces zones malgré de basses températures ($<$ 350 °C). Ici, la zonation des chromites ne semble pas être un indicateur d'un métamorphisme de type amphibolite. D'autres facteurs, comme le rapport fluide/roche et l'état d'oxydation du fluide impliqué, pourraient jouer un rôle dans leur processus d'altération. Les veines de magnétite du massif d'Ait Ahmane apparaissent comme étant liées à un épisode hydrothermal, faisant intervenir des fluides au fort pouvoir réducteur, capables de mobiliser la magnétite dans la serpentinite encaissante.

Mots-Clés: ophiolite, Néoprotérozoïque, serpentinite, hydrothermalisme, magnétite, chromite

Mise en évidence d'un gradient métamorphique de HT-BP dans la région de Cabo Negro (Rif interne Maroc)

Emmanuelle Homonnay*[1], Adrien Romagny[2], Michel Corsini[1], Jean-Marc Lardeaux[1], Mohamed Ouazzani-Touhami[3]

[1] Géoazur – Univ. Nice Sophia Antipolis, INSU, Obs. Cote d'Azur, IRD, CNRS : UMR7329 – Bât 1, 250 rue Albert Einstein Les Lucioles 1, Sophia Antipolis 06560 Valbonne, France
[2] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR7327, INSU, BRGM – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie 45071 Orléans Cedex 2, France
[3] Dpt. des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences, Tétouan, Maroc
@ : corsini@unice.fr

Situé dans la partie la plus occidentale de la Méditerranée, l'arc bético-rifain résulte de la convergence des plaques Afrique-Eurasie avec une contribution importante des phénomènes de subduction. Dans la chaîne du Rif, les zones internes sont structurées par un empilement d'unités crustales, au sein desquelles sont incorporées des écailles de péridotites. Les zones internes constituent les unités géologiques les plus profondes de la chaîne. Elles ont subit une histoire polyphasée dont les différents stades d'évolution sont encore assez mal contraints. En particulier, les relations entre les différentes unités constituant le Rif interne (i.e. Ghomarides et Sebtides) sont encore débattues. Elles sont décrites soit comme un empilement de nappes ayant leur propre évolution métamorphique, soit comme un ensemble continu ayant subi une même évolution métamorphique.
Les unités des Ghomarides et des Sebtides affleurent en continue dans la région de Cabo Negro, qui constitue donc une zone-clé pour comprendre les relations tectono-métamorphiques entre ces deux unités.
Le secteur de Cabo Negro est caractérisé par une structure antiforme d'échelle kilométrique déversée vers l'ouest, qui plisse les unités des Ghomarides et Sebtides. La déformation des ces unités est marquée à l'échelle de l'affleurement par des plis isoclinaux associés à une schistosité subhorizontale qui porte une linéation d'étirement et minérale globalement orientée N-S.
L'analyse pétrographique détaillée permet d'observer le passage progressif d'ouest en est de micaschistes à muscovite et biotite, à des micaschistes à biotite et sillimanite, puis à des gneiss migmatitiques à biotite et sillimanite. Ces observations soulignent une évolution métamorphique continue et progressive entre les Ghomarides et Sebtides allant du facies des Schistes Verts jusqu'au facies des Granulites de HT-BP. Dans la zone intermédiaire correspondant aux micaschistes à biotite et sillimanite, une paragenèse antérieure à andalousite et staurotide est préservée, indiquant une évolution prograde d'un gradient métamorphique de HT/BP, caractéristique d'un contexte d'arc.
A l'échelle du Rif interne, un métamorphisme équivalent est décrit au niveau de la presqu'île de Ceuta, au Nord de Cabo Negro, dans des unités identiques datées à 21 Ma. A l'ouest de Ceuta, à Beni Mezala dans les unités de Fédérico, un métamorphisme de BT-HP, daté à 27-23 Ma, témoigne par ailleurs de l'existence d'une subduction. Dans ce contexte, les unités des Ghomarides et Sebtides peuvent être considérées comme une portion de croûte continentale appartenant à la plaque chevauchante de ce système de subduction.

Mots-Clés: Maroc, Rif interne, métamorphisme, structurale, pétrographie

Geotechnical and rheological analysis of sediments on the French Atlantic continental slope - Toward the assessment of submarine landslides hazard

Stephanie Howlett*[1], Sebastien Garziglia, Ricardo Silva Jacinto[1], Simon Courgeon[1], Marjolaine Sabine[2], Vincent Riboulot[1], Bruno Marsset[1], Samuel Toucanne[1]

[1] Geosciences Marines (GM) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Technopôle Brest-Iroise, Pointe du Diable Plouzané, 29280 Plouzané Cedex, France
[2] EPOC, Univ. Bordeaux, UMR CNRS 5805 – Avenue des Facultés, 33405 Talence, France
@ : sebastien.garziglia@ifremer.fr

In the aftermath of the tsunami on the Japanese coast in 2011, a French multi-partnership project called TANDEM has been launched to assess the relevancy and eventual impact of tsunamis generated and propagated in the vicinity of French Channel and French Atlantic coastlines. Tsunami are generally generated by earthquakes, but can also be triggered by submarine landslides. In this context, a work package of the TANDEM project focused on submarine landslides along the French Atlantic continental slope through geotechnical data (*in-situ* CPTu data associated with laboratory-based geotechnical and rheological tests), multibeam-based geomorphological surveys, geophysical (Sub-bottom profiler (1800-5200 Hz) and near bottom Very High Resolution (220-1050 Hz) seismic SYSIF), and sedimentological analysis (rX radiography, XRF core scanner, grain-size analysis, stratigraphy etc. on long-piston cores). Data were mainly collected in August 2015 during the GITAN cruise (R/V Pourquoi Pas?).
Preliminary results reveal over 700 landslide scars on 1/3 of the covered part of the French Atlantic continental slope, with most of them occurring between 400 and 1000m water depth and in canyon-related environments. The Plio-Quaternary sediments draping the majority of the Bay of Biscay show very similar mechanical properties throughout the studied area, displaying a linear dependency on depth.
Our multi-disciplinary approach provides localized and regional tools to assess continental slope failures and submarine landslides generation. Numerical modelling of both slope-stability and induced gravity-driven sediment-laden flows will integrate the produced data base and eventual parameterization, providing the TANDEM actors with the information necessary to simulate tsunami generation.

Mots-Clés: submarine, landslide, Atlantic, France, geotechnical, rheology, hazard

Reconstitution des environnements de dépôt du Carbonifère supérieur/ Permien inférieur au Sud du bassin de Paris : implication géodynamique

Charline Hue*[1], Camille Rossignol[2], Sylvie Bourquin[1], Laurent Beccaletto[3], Pierre Pellenard[4], Marc Poujol[1], Myriam Ferrand[4], Christian Le Carlier De Veslud[1], Renaldo Gastineau[1]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] GéoHydrosystèmes COntinentaux (GéhCO EA6293) – Univ. François Rabelais - Tours – France
[3] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – France
[4] Biogéosciences – Univ. Bourgogne, CNRS : UMR6282 – 6 Bvd Gabriel 21000 Dijon, France
@ : charline.huedegraeve@gmail.com

La période Carbonifère-Permien marque un changement drastique de régime tectonique (fin de l'Orogenèse hercynienne - début d'une phase de rifting). Cette transition s'enregistre dans les bassins sédimentaires contemporains. En Europe de l'Ouest, ces bassins, principalement constitués de sédiments continentaux et de séries volcano-sédimentaires (largement sous-estimées), sont mal contraints sur beaucoup d'aspects (sédimentaire, tectonique, volcanique et corrélations spatio-temporelles). Le cadre chronologique de ces bassins est également mal connu dans la mesure où les principaux âges ont été estimés par palynologie à partir de faciès floristiques ayant pu coexister dans le temps.
Une étude sédimentologique détaillée a été réalisée dans le bassin permien de Lucenay-lès-Aix (Nièvre). Ce bassin, situé sous la couverture méso-cénozoïque du Bassin parisien (environ 250 m d'épaisseur), est localisé à l'intersection de cinq bassins permo-carbonifères connus à l'affleurement (Autun, Blanzy Le Creusot, Aumance, Décize et Bert).
Sur la base d'un forage carotté, une série du Carbonifère-Permien de 350 m d'épaisseur, a été décrite au 1/50e afin de reconstituer les environnements de dépôt. Des niveaux de cinérite identifiés (tonsteins) ont été échantillonnés et datés (datations U-Pb/zircon par LA-ICP-MS). Le calage des différents faciès sédimentaires en termes d'électrofaciès sur les données sismiques et diagraphiques disponibles a permis de réaliser des corrélations stratigraphiques et d'étendre ces observations à l'échelle du bassin de Lucenay-lès-Aix.
Les résultats obtenus permettent ainsi de discuter l'évolution tardive de l'Orogenèse hercynienne : la base de la série sédimentaire du bassin de Lucenay-lès-Aix donne un âge de 299 $\pm$ 2 Ma (limite Carbonifère/Permien). Les environnements sont constitués de grands systèmes lacustres à rides de vague, avec des intercalations de charbons massifs à la base de la série, et des arrivées périodiques de conglomérats, décrivant une tendance générale rétrogradante. Pour la première fois dans ce type de bassin, nous proposons d'interpréter certains faciès observés en dépôt de type Gilbert delta. L'enregistrement sédimentaire montre que ce bassin était soumis à un flux sédimentaire important dont la source, au vu des géométries imagées en sismique, était localisée à l'ouest.

Mots-Clés: Carbonifère, Permien, Gilbert delta, datation U/Pb, Sud bassin de Paris

Les racines calcifiées dans les archives terrestres : influence sur les reconstructions paléoenvironnementales effectuées à partir de lipides membranaires

Arnaud Huguet*[1], Christelle Anquetil[1], Martina Gocke[2], Guido Wiesenberg[3], Sylvie Derenne[1]

[1] Milieux Environnementaux, Transferts et Interactions dans les hydrosystèmes et les Sols (METIS) – EPHE, CNRS : UMR7619, Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI – UPMC, Case courrier 105, 4 place Jussieu, 75005 Paris, France
[2] Institute of Crop Science and Resource Conservation, University of Bonn, – Allemagne
[3] Department of Geography, University of Zurich – Suisse

Les rhizolithes sont des racines pétrifiées de plantes terrestres, encroûtées par du carbonate de calcium et dont la partie organique est partiellement ou totalement dégradée. On les trouve localement dans les sédiments calcaires sableux et argileux. Ils peuvent être particulièrement abondants (jusqu'à 190 rhizolithes au mètre carré) dans certains sédiments terrestres et peuvent être formés bien après le sédiment, suite à la pénétration post-sédimentaire de plantes développant des racines profondes. La présence de rhizolithes dans les archives continentales peut donc modifier la signature de la matière organique (MO) initialement présente dans le sédiment et les données paléoenvironnementales associées. Dans le cadre de cette étude, nous avons étudié l'influence des racines calcifiées sur les reconstructions paléoenvironnementales effectuées à partir de constituants spécifiques de la MO, les alkyl tetraéthers de glycérol. Ces molécules sont des lipides membranaires biosynthétisés par des microorganismes, i.e. les archées et certaines bactéries. Il a précédemment été montré que la structure chimique des tetraéthers d'origine bactérienne varie avec certains paramètres environnementaux (principalement la température de l'air, et dans une moindre mesure le pH). Ces composés sont de plus en plus utilisés comme marqueurs de température en milieu continental, même si peu d'études ont à ce jour été réalisés dans les archives terrestres. Nous avons analysé les tetraéthers bactériens (i) dans des systèmes racinaires vivants et morts, calcifiés ou non, (ii) dans le sol/sédiment autour de ces racines ainsi que (iii) dans du matériel de référence, sans racine visible. Les échantillons ont été prélevés au niveau de deux sites forestiers (Sopron, Hongrie), le long d'un profil de sol (Bedafse Bergen, Pays-Bas) et le long d'une séquence de loess-paléosol (Nussloch, Allemagne). Nous avons observé que les tetraéthers bactériens étaient plus abondants au niveau des racines ou à proximité de ces dernières, suggérant que les microorganismes biosynthétisant ces molécules, non identifiés à ce jour, sont étroitement associés à la surface des racines. Par ailleurs, les températures reconstruites à l'aide des tetraéthers bactériens sont globalement plus élevées pour le sédiment sans racine que pour les rhizolithes et l'ancienne rhizosphère. Cela est probablement dû à l'incorporation post-sédimentaire de tetraéthers bactériens produits au niveau des racines. Au contraire, les températures estimées à partir de ces composés sont comparables au niveau des racines récentes et de ces dernières, de par la densité très élevée de racines dans les sols de surface et à la distribution homogène de ces molécules et de leurs microorganismes sources dans ces milieux. Au final, nos résultats montrent que les températures obtenues à partir des tetraéthers doivent être interprétées avec précaution dans les archives terrestres, particulièrement lorsque les rhizolithes sont abondants.

Mots-Clés: archives terrestres, racines calcifiées, paléotempératures, lipides, tetraéthers

Productivité récifale durant le Neogene tardif

Laurent Husson*[1], Anne-Morwenn Pastier[2], Anta-Clarisse Sarr[1], Kevin Pedoja[3], Mary Elliot[4], Anais Schmitt[4]

[1] Institut des sciences de la Terre (ISTerre) – CNRS : UMR5275, IFSTTAR, IFSTTAR-GERS, Univ. Savoie, Univ. Joseph Fourier - Grenoble I, INSU, OSUG, IRD : UR219, PRES Univ. Grenoble – BP 53 38041 Grenoble Cedex 9, France
[2] Geosciences Rennes (UMR6118) – Géosciences Rennes – France
[3] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[4] Lab. de Planétologie et Géodynamique de Nantes (LPGN) – CNRS : UMR6112, INSU, Univ. Nantes – 2 Rue de la Houssinière - BP 92208 44322 NANTES Cedex 3, France

During the glacial-interglacials cycles that prevailed during Plio-Pleistocence times, the pace of sea level oscillations exerts a major control on coral reef growth and expansion. We designed a numerical model to quantify reef productivity and carbonate preservation that accounts for sea level oscillations, reef growth, erosion and subsequent geomorphological carving. We carried out a parametric study of a variety of processes (reef growth, erosion, local slope, uplift and subsidence, relative sea level, etc) towards a probabilistic analysis of reef productivity and carbonate production. We further test the effect of the frequency and amplitude of sea level oscillations using sea level curves derived from both the 18O isotope record of past sea level change and synthetic sinusoidal sea level curves. Over a typical climate cycle, our model simulations confirm that the rate of sea level change is the primary controlling factor of reef production, as it modifies the productivity by several orders of magnitude. Most importantly, reef productivity increases during periods of sea level rise, and decreases during sea level stands, while conversely, the morphology records the opposite in a misleading fashion: Reef terraces expand during sea level stands due to the joint effects of erosion and patient reef growth at a stationary level until the accommodation space is filled up. On the long-term, over the Plio-Pleistocene period, vertical ground motion also significantly alters the production: moderate uplift or subsidence can boost reef productivity up to tenfold with respect to a stationary coastline. Last, the amplitude and frequency of the sea level oscillations (typically 40 kyrs vs. 100 kyrs periods) moderately impact reef productivity. These results can be ultimately converted into estimates of carbonate production and carbon sequestration during the Late Neogene, provided relative sea level is documented in the tectonically agitated intertropical zone.

Traitement et interprétation des données gravimétriques du nord de l'Algérie en relation avec les structures géologiques régionales

Mouloud Idres*[1], Ahmed Ydri[1], Zoubir Gaci[1]

[1] Lab. de géophysique - Univ.s sciences et de la technologie Houari-Boumédiène (USTHB) – BP32 Bab Ezzouar El Alia, Alger, Algérie

La zone d'étude est limitée par les frontières marocaine et tunisienne. Elle couvre le domaine atlasique qui est accolé au Sud, le long de l'Accident Sud Atlasique, à la plateforme saharienne. Le but de ce travail est d'essayer de cartographier, à partir de l'interprétation de données gravimétriques, les structures géologiques régionales du nord de l'Algérie et d'identifier leur prolongement en profondeur. La carte de Bouguer montre, au nord, des anomalies positives de forte amplitude, parallèles à la côte et caractérisées par un important gradient qui indiquerait la zone passage entre la croûte océanique et la croûte continentale. Les hautes plaines sont caractérisées par des anomalies négatives avec un faible gradient, ce qui est conforme à leur structure topographique relativement tabulaire. L'Atlas Saharien et les monts des Aurès sont couverts par de fortes anomalies négatives dues à l'effet de leurs racines respectives qui semblent très épaisses.
La carte résiduelle, qui pour but de cartographier les structures les moins profondes de la croûte, montre des anomalies positives au dessus des zones où l'on observe des remontées du socle, parfois affleurant, et des anomalies négatives au dessus des bassins sédimentaires, ce qui est conforme à la géologie. Les anomalies positives vont de la région des Aurès jusqu'à la côte précisant la forme du socle, qui affleure en petite Kabylie. Elles se prolongent vers l'ouest, le long du littoral, couvrant les massifs de grande Kabylie, d'Alger et du Chenoua. A l'ouest de la carte, les anomalies positives couvrent les hautes plaines et les massifs de Saïda et de Tlemcen dont le socle semble se prolonger, en profondeur, vers le nord, atteignant la côte à l'ouest d'Oran. Les anomalies négatives sont plus importantes dans les régions des chotts qu'au dessus des bassins littoraux, elles semblent indiquer que le chott El-Hodna est plus profond que Chott Chergui. Remarquons que l'absence de données au dessus de l'Accident Sud Atlasique ne nous a pas permis d'observer son effet sur les différentes cartes.
Les cartes des maxima du gradient horizontal, projetés sur les cartes des anomalies de Bouguer et résiduelle montre les limites entre les structures géologiques décrites précédemment et on peut observer deux grandes discontinuités, de direction E-W, dont la plus au nord précise la limite méridionale des massifs littoraux algériens.
Enfin, le modèle qui a été déterminé à partir de l'inversion 3D des données gravimétriques a permis de situer les zones où le socle remonte tout en en donnant l'épaisseur moyenne de la couverture sédimentaire.

Mots-Clés: gravimétrie, Nord Algérie, Bouguer, inversion

Geological and mineralogical features of the Ait Dawd Cu vein deposit, Erdouz area, western High Atlas (Morocco)

Said Ilmen*[1], Abdelkhalek Alansari[1], Bouchra Baidada[1]

[1] Lab. Dynamique de la lithosphère et Genèse des Ressources minérales, Dpt. de géologie FSSM, Univ. Cadi Ayyad – Marrakech, Maroc

The Ait Dawd Copper deposit is a newly identified vein deposit located in the northern part of the oldest Erdouz Pb-Zn-Ag deposit, which is situated on the northern range of the western High Atlas, Morocco.
The deposit is hosted within the Cambro-ordovician series of the Erdouz folded terranes. These terranes are composed of green schists, quartzites, limestones, black-shales, basalts, trachytes and intruded by doleritic and rhyolitic dikes.
The Erdouz bloc is folded during the Hercynian event and the schistosity is striking NNE to NE and dipping 20° to 70°E. The major faults found on this area are chiefly parallels to the NE-SW trending direction of the Erdouz fault. Three principal ore structures are mapped in this area. The main directions are NE-SW and NW-SE.
On the basis of optical microscopy coupled with scanning electron microscopy, the primary mineral paragenesis is composed of chalcopyrite, pyrite, arsenopyrite, galena and sphalerite, tetrahedrite, freibergite, native gold and tsumoite. Chalcopyrite contains inclusions of gersdorffite and argento-pentlandite. The secondary minerals are composed of malachite, azurite, covellite, anglesite and iron oxides. The gangue minerals are quartz, calcite, dolomite, ankerite and chlorite. The main hydrothermal alterations studied are silicification, chloritization, sericitization and carbonatation. The Ait Dawd deposit is a copper vein type.
This paper presents the results of the detailed mineralogical study of the Ait Dawd copper vein deposit.

Mots-Clés: chalcopyrite, galena, gersdorffite, hydrothermal alteration, fault, fold, Hercynian event, Cambro-Ordovician, Ait Dawd, Erdouz, western High Atlas, Morocco

Calcites liées à l'hydrologie des périodes froides quaternaires

Christophe Innocent*[1], Médard Thiry[2], Christine Franke[2]

[1] BRGM – Ministère chargé de l'enseignement supérieur et de la recherche – 3 avenue Claude Guillemin, BP36009, 45060 Orléans Cedex 2, France
[2] MINES ParisTech, PSL Research University, Centre de Géosciences – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique – 35 rue St Honoré, 77300 Fontainebleau, France

Les cristallisations de calcite au sein des sables et des calcaires tertiaires du bassin de Paris ont été datées du Pléistocène. Les datations 14C et U-Th s'étalent entre 14 et 400 Ka. Même si les âges les plus anciens sont entachés d'une incertitude parfois importante, les datations coïncident clairement avec les périodes de refroidissement glaciaires.
On distingue 3 principaux types de gisements (Thiry, 2016) : (1) des cristaux de calcite sableuse (type Calcite de Fontainebleau) sont liés à des paléo-niveaux de nappe ; (2) des concrétions sphéroïdales sableuses correspondent à des accumulations dans des paléo-taliks et thermokarsts (à notre connaissance décrits pour la première fois), (3) des cristaux limpides géodiques dans des formations carbonatées karstifiées. C'est le réchauffement en profondeur des eaux d'infiltration qui conduit à la précipitation des diverses variétés de calcite.
Les isotopes stables de l'oxygène et du carbone ne montrent pas de signature très particulière, comme les valeurs extrêmement négatives du d18O des cryocalcites des cavités karstiques qui gèlent, mais signent l'évolution du chimisme des solutions et les mécanismes de précipitation. (1) le d13C est compris entre -4 et -11 ‰ et trace la contribution des eaux d'infiltrations enrichies en carbone d'origine organique. Les valeurs δ13C augmentent avec la profondeur de précipitation, par mélange avec l'eau de la nappe. (2) le δ18O est compris entre -3,5 et 6 ‰ et montre des déséquilibres dynamiques dus au dégazement rapide du CO_2 lors du réchauffement des eaux d'infiltration.
Ces calcites marquent l'extension des pergélisols et la profondeur atteinte par le gel. L'agencement des cristallisations et leur signature isotopique renseignent sur leur position par rapport à la surface et les paléo-nappes phréatiques. Ces calcites permettent de repérer et de dater d'anciens niveaux de nappe, et ainsi servir de points d'ancrages pour suivre l'incision et l'évolution des paléopaysages quaternaires. Elles apparaissent comme des proxys particulièrement prometteurs pour tracer et suivre l'extension des pergélisols et des permafrosts, au moins sur l'Europe du Nord-Ouest, et des cristallisations de ce type sont également connues en Amérique du Nord.
Thiry M., 2013 (2016). Les Calcites de Fontainebleau : occurrence et genèse. Bull. Ass. Natur. Vallée Loing, 89(3), p. 111-133.

Mots-Clés: calcites, Quaternaire, période glaciaire, isotopes, Bassin de Paris

Etude géochimique et isotopique (U-Th-Ra) d'un profil de sédiments holocènes en rade de Brest (Pors Milin)

Christophe Innocent*[1], Brigitte van Vliet-Lanoë[2]

[1] BRGM – Ministère chargé de l'enseignement supérieur et de la recherche – 3 avenue Claude Guillemin, BP36009, 45060 Orléans Cedex 2, France
[2] Domaines Océaniques – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France

Les dépôts holocènes, très riches en tourbes, de la plage de Pors Milin (rade de Brest) ont fait d'une étude géochimique et isotopique dans le but d'une part de tester le potentiel des isotopes de Ra comme chronomètre de la période holocène, et d'autre part de contraindre les transferts d'éléments chimiques dans ces sédiments. Plusieurs carottes couvrant la majeure partie de l'Holocène (de 7000 cal BP à 1100 AD), ont été échantillonnées et ont fait récemment l'objet d'études stratigraphique et palynologiques détaillées (Fernane et al., 2014, The Holocene 24, p. 1785). Des datations 14C sont également disponibles dans cet article. Les données des éléments en traces et des nucléides 238U-234U-230Th sont actuellement disponibles. Les teneurs en Th, normalisées à Ti sont relativement constantes, et indiquent que ces deux éléments sont vraisemblablement immobiles dans ces sols. Le rapport U/Th laisse apparaître un enrichissement relatif en U avec la profondeur dans la partie supérieure du profil, et inversement, dans la partie profonde, des rapports U/Th diminuant avec la profondeur. Ainsi, les rapports sont maximaux en milieu de profil, dans la partie la plus riche en niveaux tourbeux. Ceci est en bon accord avec le fait que U est très peu mobile en milieu réduit, et s'est vraisemblablement accumulé dans les faciès tourbeux (adsorption sur MO ?). Les rapports d'activités (234U/238U) sont tous globalement très proches de l'équilibre séculaire. Par contre, Les rapports (230Th/238U) sont tous supérieurs à l'unité, jusqu'à une valeur proche de 9. Ce rapport d'activités est également très élevé dans les faciès dunaires actuels, qui présentent par ailleurs l'un des rapports de concentrations U/Th les plus faibles. Ainsi, il semble que l'évolution de ces faciès se marque dans un premier temps par un lessivage très rapide de U dans les dépôts actuels, probablement sous forme chélatée, menant à un rapport (230Th/238U) très élevé en considérant Th comme immobile, puis par une accumulation relative de cet U dissous, précipité/adsorbé dans les niveaux anciens les plus tourbeux. Les données isotopiques de Ra, ainsi que de Li, sont en cours d'acquisition et seront discutées dans la mesure du possible.

Mots-Clés: tourbes, Holocène, uranium, thorium, Bretagne

Cartographie de la pollution métallique des sédiments fluviatiles parisiens par analyse magnétique

Aude Isambert*[1], Christine Franke[2], Sybille Henry De Villeneuve[3], Mélina Macouin[3], Aurélio Philip[2], Sonia Rousse[3]

[1] Institut de Physique du Globe de Paris, Univ. Paris Diderot, Sorbonne Paris Cité – UMR CNRS 7154 – 1 rue Jussieu, F-75238 Paris Cedex 05, France
[2] Centre des Géosciences – Mines ParisTech – 35 rue St Honoré, 77305 Fontainebleau Cedex, France
[3] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UR234, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III – Obs. Midi-Pyrénées 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France

La nature des sédiments des fleuves urbains est directement liée à ses multiples sources d'apports, que ceux-ci soient naturels (liés aux apports détritiques dus au phénomène d'érosion / déposition) ou anthropiques (lié au ruissèlement en provenance des sols urbains, drainant l'ensemble des poussières urbaines et polluants dus notamment au trafic automobile). Des études récentes montrent que l'impact du trafic automobile sur l'environnement, associé aux autres activités anthropiques (usines, métallurgie, etc) est accompagné d'émissions significatives de particules riches en fer, fortement magnétiques. La présence de ces minéraux magnétiques est souvent associée à de fortes concentrations en métaux lourds. Les mesures magnétiques représentent ainsi une méthode prometteuse pour déterminer la distribution spatiale de la pollution ainsi que pour identifier ses diverses sources. Extrêmement sensibles à la présence même en quantités très faibles de minéraux magnétiques, elles permettent une détection fine et une caractérisation précise des minéraux porteurs de l'aimantation des sédiments, des sols ou des végétaux et sont complémentaires aux mesures géochimiques, spectroscopiques ou microscopiques.
Dans le cadre du programme " Paris 2030 ", différentes campagnes de prélèvement de sédiments fluviatiles ont été effectuées en 2015/2016 d'amont en aval de l'agglomération parisienne. Les échantillons récoltés ont été analysés afin de déterminer leurs caractéristiques magnétiques (susceptibilité, hystérésis magnétique, dépendance en fréquence de la susceptibilité). L'étude de ces différents paramètres fournit de précieuses indications sur la concentration, la granulométrie et la nature des (nano)particules métalliques présentes dans les sédiments. Les résultats obtenus montrent une augmentation de la concentration en particules magnétiques d'amont en aval, comme précédemment observé au niveau des matières en suspension dans l'étude de Franke et al. (2009). L'hypothèse d'une origine anthropique pour cette augmentation est suggérée, qui viendrait s'ajouter aux sources naturelles détritiques ou biologiques (bactéries magnétotactiques).

Franke, C., Kissel, C., Robin, E., Bonté, P., & Lagroix, F. (2009). Magnetic particle characterization in the Seine river system: Implications for the determination of natural versus anthropogenic input. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, *10*(8).

Mots-Clés: pollution métallique, sédiments fluviatiles, Paris, cartographie magnétique, magnétisme environnemental

Inversion des tendances évolutives des avant-côtes de Bretagne Occidentale du 20ème siècle à nos jours

Marie Jabbar*[1], Alain Hénaff[1], Nicolas Le Dantec[2,3]

[1] Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géomer) – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), CNRS : UMR6554, Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) – 29280 Plouzané, France
[2] Domaines Océaniques (LDO) – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS : UMR6538 – 29280 Plouzané, France
[3] Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) – France
@ : alain.henaff@univ-brest.fr

Le phénomène global d'érosion côtière, notamment sur les rivages d'accumulation, tend à accroître les risques côtiers (érosion et submersion) dans les secteurs à enjeux. Les propositions visant à une meilleure appréciation des stocks sédimentaires côtiers et à leur gestion dans les limites des cellules hydro-sédimentaires peuvent être considérées comme une alternative intéressante par rapport aux solutions mises en œuvre pour gérer ces phénomènes. Ces perspectives se heurtent encore à une insuffisance de connaissance des dynamiques géomorphologiques des avant-plages (partie immergée de la cellule). Pour autant, la connaissance des échanges au sein de la cellule et avec le large sont au cœur de la compréhension du fonctionnement des systèmes littoraux sableux. Les objectifs de notre étude sont de mettre en évidence les évolutions de l'avant-côte sur diverses échelles de temps (annuelle et séculaire) et de faire le lien avec les évolutions du trait de côte.
Les travaux portent sur les sites de Combrit-Île-Tudy et Guidel (Bretagne Sud). L'étude s'étend de 1819 à 2015 et se base sur des analyses comparatives de données bathymétriques anciennes (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine), de levés bathymétriques et sismiques réalisés annuellement depuis 2012 (campagnes Fissel, N/O Haliotis, Génavir/Ifremer), et de données topographiques (Egis Eau 2015 et CapLorient, 2013). Notre étude montre deux résultats particulièrement intéressants :
(1) L'analyse sur le long terme met en évidence une inversion des tendances d'évolution à partir du milieu du XXème siècle. La première période est caractérisée par une stabilité des petits fonds avec une tendance à l'engraissement. Ce contexte favorable à l'accumulation sédimentaire peut être qualifié d"' autonome " car les interventions humaines sur le littoral sont limitées (Stive et al., 2002). À l'opposé, du milieu du XXème à aujourd'hui la tendance est à l'érosion.
(2) Associée à ces résultats, l'analyse sur le court terme confirme cette tendance érosive. Elle fait le lien entre le recul du trait de côte et les évolutions de l'avant-plage. L'importance du disponible sédimentaire dans les évolutions des avant-plages est ensuite démontrée en faisant le lien entre le volume des stocks et la tendance d'évolution. Enfin, le rôle des éléments de forçage (naturels et anthropiques) dans ces dynamiques est discuté.

Mots-Clés: avant plage, morphologie sous marine, risques côtiers, dynamique morpho sédimentaire, levés bathymétriques

Une histoire des topographies de grotte : une représentation 2D et 3D des mondes souterrains karstiques

Stéphane Jaillet*[1], Christophe Gauchon[1]

[1] Lab. EDYTEM – Univ. Savoie, CNRS : UMR5204 – PCampus scientifique, 73376 Le Bourget du Lac, France
@ : christophe.gauchon@uni-savoie.fr

S'il est un domaine où la cartographie prend tout son sens, c'est bien le monde des grottes et du karst souterrain. A l'instar des fonds marins et d'autres objets naturels peu visibles, les grottes font partie de ces espaces qui n'existent et ne prennent sens qu'à l'issue d'un travail de représentation imagée, représentation permettant d'embrasser alors l'ensemble de l'objet d'un seul regard. La production d'images cartographiques du monde souterrain prend, au cours des trois derniers siècles, des formes diverses. Si les mondes souterrains sont représentés auparavant, c'est à partir du XVIIIème siècle que le plan géométrique domine. Les coupes, dans le profil de la grotte ou en travers des conduits apparaissent également dès le XVIIIème siècle mais se généraliseront plus tard avec le développement de la spéléologie d'exploration. Avec E.-A. Martel, les codes cartographiques deviennent de plus en plus précis et aujourd'hui, s'il existe une certaine diversité de légendes topographiques, l'ensemble de la communauté spéléologique se retrouve autour des travaux de l'Union Internationale de Spéléologie. Plus récemment, l'arrivée des technologies 3D ouvre la voie à des représentations renouvelées et alternatives qui redéfinissent assez profondément ces codes. A l'inverse des cartes, des plans et des coupes qui sont des représentations figées imposées à l'utilisateur, la manipulation des modèles 3D autorise une infinité de points de vue et donc représentation imagée des grottes, mais demande aussi un équipement et des compétences informatiques que tous les utilisateurs de topographies ne possèdent pas. A travers quelques grottes emblématiques, connues et ayant fait l'objet de productions topographiques sur une certaine épaisseur temporelle, il est possible de mieux saisir les éléments qui ont présidé à la construction topographique et cartographique des grottes et d'une manière plus large à la production imagée des mondes souterrains.

Mots-Clés: topographie, cartographie, histoire cartographique, grotte, karst

Les maquettes de karst de Stanislas Meunier (1843-1925) : une expérimentation de l'érosion des calcaires à la fin du XIXème siècle

Stéphane Jaillet*[1], Christine Maury[1], Franz Jullien[2], Caroline Noyes[2], Gabriel Carlier[2], Christophe Gauchon[1]

[1] Lab. EDYTEM – Univ. Savoie, CNRS : UMR5204 – PCampus scientifique, 73376 Le Bourget du Lac, France
[2] Museum National d'Histoire Naturelle - MNHN – France

S'il est un personnage qui ne manque pas de fasciner, c'est bien Stanislas Meunier (1843-1925). Professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle à la fin du XIXème, Meunier est un précurseur de la géologie expérimentale et est sans doute, dans ce domaine, un des seuls à tester les effets de l'érosion sur des roches diverses (sable, calcaire...). Il s'intéresse notamment à l'altération des calcaires et produit des maquettes qui sont les résidus de ses expérimentations. Ces maquettes sont des avens, des puits, des poches karstiques ou des galeries souterraines en miniature. Nous avons pu retrouver ces maquettes au Muséum National d'Histoire Naturelle et avons pu procéder à leur numérisation 3D afin d'étudier plus aisément et sans contact les géométries produites à l'issu de ces expérimentations vieilles de plus d'un siècle. Plusieurs de ces maquettes montrent des formes coniques rappelant les formes karstiques en entonnoir ou en éteignoir. Pour Meunier, les formes en entonnoir traduisaient un flux d'eau arrivant par le haut et les formes en éteignoir étaient le produit d'un flux d'eau ascendant, c'est-à-dire provenant du bas. Edouard-Alfred Martel était à cette époque spéléologue et explorateur d'avens. Il identifiait des formes en éteignoir dans les puits qu'il explorait et il était en mesure de montrer que ces formes étaient le produit d'une érosion provenant du haut. Durant vingt années, les deux protagonistes vont s'affronter à coup de publications pour finalement trouver un certain terrain d'entente au début du XXème siècle : une certaine reconnaissance des observations de Martel par Meunier et une citation des travaux de Meunier par Martel. Au-delà de la question importante pour l'époque de " l'origine des puits naturels du calcaire ", la controverse entre les deux scientifiques témoigne surtout d'une différence fondamentale d'approche : expérimentale pour Meunier, naturaliste pour Martel.

Mots-Clés: géologie expérimentale, histoire de la géologie, puits naturels, karst, Stanislas Meunier

Evolution d'un réseau de drainage plio-quaternaire dans un bassin versant côtier : la Dives (Normandie)

Guillaume Jamet*[1], Loïk Poignant[1], Bernard Delcaillau[1], Olivier Dugué[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
@ : g.jamet@hotmail.fr

Au Plio-Quaternaire, les fleuves de la baie de Seine ont enregistré des nappes alluviales sous la forme de terrasses fluviatiles. Le bassin versant de la Dives (1800 km^2) appartient à trois ensembles géologiques : synclinorium paléozoïque de la Zone bocaine au sud, calcaires jurassiques de campagne de Caen, à l'ouest, séries callovo-oxfordiennes et crétacées du pays d'Auge à l'Est surmontées par les argiles à silex tertiaires. La vallée de la Dives a suivi l'orientation des cuestas du pays d'Auge.
Le soulèvement cénozoïque du Perche et de la zone bocaine (250 m) limite en amont le bassin versant côtier de la baie de Seine et contrôle l'organisation radiale du drainage (Risle, Touques, Dives et Orne) selon la pente régionale. Le drainage plio-quaternaire de la Dives est localement contrôlé par les lithologies traversées, par des facteurs structuraux (déformations tertiaires) et climatiques. L'interaction de tous ces facteurs s'enregistre dans les profils longitudinaux de la Dives et de ses affluents (concavité générale et ruptures de pente. Les premiers épandages alluviaux (Pléistocène moyen, 20-30 m au-dessus de la dernière incision) sont composés de graviers et galets paléozoïques, associés à des grès silicifiés tertiaires, issus de l'érosion de la zone bocaine. Les terrasses fluviatiles (T1 à T2) jalonnent le cours amont de la Dives, les terrasses fluviatiles (T6 à T4) les plus élevées, entre 40 et 80 m, celui du cours moyen.
Le cours aval de la Dives présente un système de 6 terrasses étagées essentiellement développées sur la rive gauche. La distribution O-E des terrasses s'explique par une migration fluviatile de 8 km vers l'Est, contrôlée par la structuration monoclinale. Au fur et à mesure du déplacement du cours aval de la Dives vers l'Est, les hautes nappes sont érodées et leur matériel redistribué à partir du Pléistocène moyen et jusqu'au Pléistocène supérieur. Les apports d'origine bocaine sont dilués au profit des apports augerons orientaux.
L'origine des affluents actuels de la rive gauche la Dives (Laizon et Muance) s'explique par la dissection de la cuesta callovienne (érosion régressive et captures).

Mots-Clés: Pléistocène, drainage, géomorphologie, structuration, terrasses fluviatiles

La dynamique holocène de la vallée de la Meuse à Autrecourt-et-Pourron (Ardennes, France) : stratigraphie, paléoenvironnements et géochronologie

Guillaume Jamet*[1,2], Henri-Georges Naton[2,3], Olivier Brun[4], Bertrand Roseau[4], Caroline Schaal[2,5]

[1] Lab. de géographie physique (LGP) – CNRS : UMR8591 – bat. Y 1 Place Aristide Briand 92195 Meudon Cedex, France
[2] Géoarchéologie, paléoenvironnements et médiation scientifique (GéoArchÉon) – GéoArchÉon SARL – 30 rue de la Victoire, F-55210 Viéville-sous-les-Côtes, France
[3] Archéologies et Sciences de l'Antiquité - Ethnologie Préhistorique (ArScAn) – CNRS UMR7041 – Maison de l'Archéologie et de l'Ethnologie 21 allée de l'Univ. 92023. Nanterre Cedex, France
[4] Conseil Départemental des Ardennes (CD08) – Cellule départementale d'archéologie des Ardennes – Hôtel du Département - CS 20001 - 08011 Charleville-Mézières Cedex, France
[5] Lab. Chrono-Environnement – CNRS UMR 6249 – La Bouloie - UFR Sciences et Techniques 16 route de Gray 25030 Besançon Cedex, France

Le fleuve Meuse, long de 950 km, incise la terminaison orientale du Bassin parisien avant de traverser le Massif ardennais. Dans le secteur d'Autrecourt-et-Pourron (Ardennes), son tracé hydrographique marque une percée anaclinale à travers la cuesta bajocienne. Le fond de la vallée s'élargit alors et se caractérise par un important remblaiement alluvial. Nos travaux proposent de reconstituer la dynamique de mise en place du fond de la vallée. Excepté les travaux de Lefèvre *et al.* (1993), ce secteur clé est encore peu documenté d'un point de vue sédimentaire, paléoenvironnemental et chronologique. Cette démarche s'appuie sur les résultats d'une campagne de sondages à la pelle mécanique et de fouilles archéologiques réalisés entre 2012 et 2016 par le Conseil Départemental des Ardennes et GéoArchÉon. Pour reconstituer l'histoire de la vallée, des profils stratigraphiques détaillés ont été complétés par des échantillonnages pour datation (14C et dendrochronologie) et pour analyses paléoenvironnementales pluridisciplinaires (palynologie, carpologie, malacologie, et entomologie). Les coupes stratigraphiques de référence, observées en 2012, débutent par des faciès sablo-graveleux évoluant verticalement vers des facies silto-argileux organiques (sols humifères et tourbes). Cette succession sédimentaire, dont la puissance atteint localement 3 m, exprime un comblement progressif de paléochenaux et le développement ultérieur d'une plaine d'inondation marécageuse. D'après les datations 14C obtenues à la base et au sommet des horizons organiques, le processus d'asséchement de la vallée interviendrait entre 9980 +/- 40 BP et 4680 +/- 40 BP. Cette modification du système fluviatile de la Meuse est interprétée comme la réponse à l'amélioration climatique de la première moitié de l'Holocène (Préboréal à Boréal). En revanche, la partie supérieure de cet enregistrement de fond de vallée se traduit par un hiatus sédimentaire, au moins de tout l'Atlantique, et se caractérise par une plaine alluviale fortement remaniée pendant la période romaine (nivellement, piétinement, ...). Ces résultats seront discutés au regard des autres modèles de systèmes fluviatiles du Bassin parisien (Seine, Somme, Oise, Marne, ...) et des enregistrements climatiques globaux.

Mots-Clés: Meuse, Holocène, Tardiglaciaire, sédimentation alluviale, paléoenvironnements, paléochenaux, tourbes

La paléontologie à Strasbourg : des collections à travers l'Histoire

Kévin Janneau*[1]

[1] Jardin des sciences de l'Univ. Strasbourg (Jds) – université de Strasbourg – 12, rue de l'Univ. 67000 Strasbourg, France

Une nouvelle démarche d'inventaire des collections paléontologiques de l'Univ. Strasbourg a été initiée en 2012. Ces collections contiennent quelques 100 000 spécimens qui proviennent de différentes régions du monde et retracent de manière discontinue les 500 derniers millions d'années. En associant les informations archivées et la littérature il a été possible de mettre à jour l'historique de ces collections. La reprise de ce travail d'inventaire a permis de replacer les collections dans leur contexte, celles-ci ayant perdue en visibilité suite à la disparition du laboratoire de paléontologie dans les années 2000. Les premiers ensembles ont été constitués au début du XIXème siècle, lorsque les collections universitaires et celles du Muséum d'histoire naturelle de Strasbourg étaient encore associées. L'apparition d'une chaire de géologie et des premiers enseignements de paléontologie en 1840 permet un classement de ces collections. Le matériel provient essentiellement de sites géologiques locaux connus grâce à l'exploitation des ressources naturelles de la région. Suite à l'annexion allemande en 1870, les collections universitaires de sciences naturelles sont divisées en fonction de leur discipline (zoologie, botanique, minéralogie et paléontologie). Jusqu'en 1918, un enrichissement exceptionnel des collections strasbourgeoises est enregistré, associé à une rationalisation de leur classement. Les collectes sont alors étendues à d'autres régions européennes, américaines voire asiatiques au gré des expéditions scientifiques. Forte de sa réputation, l'université impériale accueille de nombreux jeunes chercheurs qui poursuivront leur carrière dans les grandes institutions européennes. L'entre-deux-guerres n'apporte pas de grands bouleversements et le travail de collecte se poursuit, permettant notamment la mise en place d'une biostratigraphie complète du Jurassique alsacien. La seconde moitié du XXème siècle est, quant à elle, marquée par un formidable travail de description du Trias inférieur alsacien. Un inventaire général, marqué par de nombreux aléas (incendie, inondation, déménagements), est entrepris dès la fin des années 1950, et s'achèvera dans les années 1980. Les collections sont depuis stockées dans un ancien fort militaire datant de la première période allemande.

Mots-Clés: collections, Strasbourg, inventaire, historique

Evolution néogène du relief de la Sierra de Gador (Bétiques, Espagne) : contraintes morphologiques et thermochronologiques

Marianne Janowski*[1], Nicolas Loget[1], Cécile Gautheron[2], Nicolas Bellahsen[1], Jocelyn Barbarand[3], Jean van den Driessche[4], Julien Babault[5], Bertrand Meyer[1]

[1] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193, Univ. Pierre et Marie Curie [UPMC] - Paris VI – 4, place Jussieu BP CC129 75252 PARIS Cedex 05, France
[2] Interactions et dynamique des environnements de surface (IDES) – CNRS : UMR8148, INSU, Univ. Paris XI - Paris Sud – 91405 Orsay Cedex, France
[3] Géosciences Paris-Sud (GEOPS) – Univ. Paris XI - Paris Sud – CNRS : UMR8148, 91405 Orsay, France
[4] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[5] Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) – UAB Campus – 08193 Bellaterra (Barcelona), Espagne

Lors de la construction orogénique, les processus internes entraînent une croissance de la topographie, tandis que les processus de surface tendent à la détruire par érosion. Le système tend alors vers un état dit d'équilibre, pour lequel l'érosion contrebalance la surrection. La présence de formes transitoires de relief (surfaces planes, *knickpoints* dans les rivières) est généralement associée à des changements de conditions aux limites du système orogénique.
La chaîne des Bétiques est un exemple d'orogène où se sont succédés de multiples changements de conditions aux limites au cours du Cénozoïque (collision éo-oligocène, effondrement post-orogénique oligo-miocène, inversion tortonienne) qui en font un terrain-clé pour évaluer l'état d'équilibre des reliefs et leur évolution spatiale et temporelle.
Dans cette étude, nous montrons que la topographie bétique présente de larges surfaces aplanies au sommet de certains chaînons comme celui de la Sierra de Gador, située dans les zones internes des Bétiques. Afin de contraindre l'exhumation de ce chaînon et son couplage avec les processus en surface, des datations de thermochronologie basse température (U-Th)/He et traces de fission sur apatites ont été réalisées sur les roches du complexe métamorphique Alpujarride qui constitue le socle émoussé de la Sierra de Gador. Les résultats montrent un âge de refroidissement AHe d'environ 9 Ma et environ 16 Ma pour les AFT. Ces âges ont été inversés dans un modèle thermique permettant de reconstituer l'histoire du refroidissement de ces roches au cours du Néogène. Après un refroidissement rapide associé à l'exhumation d'un dôme extensif entre 20 et 16 Ma, le modèle montre une période de fort ralentissement du refroidissement entre 16 et 7 Ma. Nous relions cette dernière phase à l'initiation de l'aplanissement responsable des surfaces émoussées observées aujourd'hui au sommet de la Sierra de Gador. Cette surface peut s'assimiler à une pénéplaine formée à proximité du niveau de base du Tortonien (dépôts marins datés à 7 Ma par Braga et al., 2003). Les données thermochronologiques ne montrent pas de recuit post 7 Ma indiquant une épaisseur déposée et érodée très faible, et ce malgré une reprise en compression et un soulèvement important (jusqu'à 1600 m) depuis cette période. Ce résultat contraste avec les roches de l'unité métamorphique inférieure (Névado-Filabride) affleurant au Nord en Sierra Nevada qui, elles, continuent d'être exhumées pendant l'inversion tectonique. Ceci est vraisemblablement à mettre en relation avec les variations d'amplitude de plissement du socle et de soutien dynamique de la topographie enregistrées par ces deux sierras depuis le Tortonien.

Mots-Clés: relief, aplanation, bétiques, thermochronologie

Datation par luminescence optiquement stimulée et caractérisation des mortiers de la chapelle Saint Jean-Baptiste de la Cité (Périgueux, Dordogne)

Jean-Baptiste Javel*[1], Petra Urbanova[1], Pierre Guibert[1], Hervé Gaillard[2]

[1] Institut de Recherches sur les Archéomatériaux (IRAMAT-CRP2A) – CNRS : UMR5060, Univ. Michel de Montaigne - Bordeaux III – Maison de l'archéologie Esplanade des Antilles 33607 Pessac, France
[2] Service régional d'archéologie d'Aquitaine (SRA) – DRAC Aquitaine – 54 rue Magendie 33 000 Bordeaux, France

La chapelle Saint Jean-Baptiste de la Cité se situe en plein cœur de la cité historique de la ville de Périgueux (Dordogne) et est aujourd'hui reconnue pour l'architecture renaissance de son chœur. Fouillé en 2007 par Hervé Gaillard, le site a livré une séquence chronologique, divisée en sept états, de l'antiquité à nos jours. L'occupation antique du site, datée du milieu du IIIe siècle par des monnaies, et la reconstruction du chœur à l'époque moderne à partir de 1522, sont les deux seules phases bien calées chronologiquement. Un bâtiment à abside polygonale, avec un sol en mortier de tuileaux, a également été mis au jour. Il pourrait correspondre à un édifice chrétien primitif, important pour la compréhension du développement du christianisme local. Mais lors de la fouille peu d'indices permettaient l'établissement d'une datation précise de sa construction, supposée entre le IIIe et le IXe siècle. L'édification de la chapelle médiévale à chevet plat est elle-même mal resituée chronologiquement. Dix-neuf échantillons de mortiers et de sédiments ont été prélevés. L'objectif étant alors de proposer des résultats conjoints entre la caractérisation des mortiers et leur datation afin d'apporter de nouvelles données chronologiques sur les différentes étapes de construction.
Les datations effectuées par luminescence optiquement stimulée (OSL) selon la *technique single grain* (mesure individuelle de plusieurs milliers de grains par échantillon) sur onze échantillons des différentes phases de construction ont abouti à préciser la chronologie du site. Les résultats obtenus permettent de circonscrire la construction de l'édifice polygonal entre la seconde moitié du IIIe et le Ve siècle. La construction de la chapelle médiévale est attribuée aux IXe - XIe siècles. Enfin, le mur nord de la nef, jusqu'alors identifié comme préroman, se trouve en réalité être un vestige encore en élévation des maçonneries antiques du IIIe siècle.
En parallèle, la totalité des mortiers prélevés ont fait l'objet d'analyses visant à caractériser les matériaux et recettes mis en œuvres. Les observations pétrographiques, par cathodoluminescence, les analyses granulométriques, les analyses et cartographies élémentaires par MEB-EDS nous ont permis de proposer une typologie des mortiers employés sur le site. Ces observations montrent des choix et des utilisations de matières premières diversifiés selon l'utilité finale du matériau, mais également en fonction des différentes phases de construction.
À partir de ces données, des hypothèses sur la provenance des sables ont été proposées avec trois principaux types d'agrégats : des sables d'alluvions récentes et anciennes, et des altérites et leurs colluvions. Ces résultats préliminaires nécessitent d'être confrontés à un premier échantillonnage de sables en contexte géologique.

Mots-Clés: mortier, construction, caractérisation, datation par luminescence, Antiquité, Moyen-Âge

Evolution thermique des Calédonides, Highlands, Ecosse

Ella Jewison*[1], Nicolas Bellahsen[1], Etienne Deloule[2], Raphaël Pik[2], Loïc Labrousse[1], Claudio Rosenberg[1], Stéphane Scaillet[3]

[1] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – 4, place Jussieu, BP CC129, 75252 Paris Cedex 05, France
[2] Centre de recherches petrographiques et géochimiques (CRPG) – CNRS : UMR5873, INSU, Univ. Lorraine – 15 Rue Notre Dame des Pauvres - BP 20 54501 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex, France
[3] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR7327, INSU, BRGM – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie 45071 Orléans Cedex 2, France

Les Calédonides d'Ecosse sont le résultat de la fermeture de l'océan Iapetus lors de plusieurs épisodes de convergence pendant l'Ordovicien et le Silurien. La portion localisée dans les Highlands en Ecosse constitue la partie rétro-prisme de ce large orogène.
Comme dans de nombreux cas, les Highlands sont composés de nappes superposées présentant un grade métamorphique croissant vers l'intérieur de la chaîne, du faciès schiste vert au faciès amphibolite à granulite. Au sein de ces nappes bordées par des chevauchements majeurs, on retrouve aussi des modes de déformations mylonitiques distribués. La chronologie de ces déformations ainsi que leur conditions PT précise ne sont pas encore bien définis. De plus, il n'existe aucun consensus ni sur la structure profonde de cette chaine, ni sur sa cinématique d'exhumation.
Pour mieux contraindre l'histoire thermique de la chaine, on se propose de coupler plusieurs thermochronomètres et géochronomètres sur des roches de la couverture sédimentaire et de socle et dans certains plutons orogéniques. Le couplage de plusieurs de ces thermochronomètres possédant des températures de fermeture différentes permet de contraindre plus finement l'évolution du refroidissement: l'U-Pb sur apatite et zircon (~450-500 °C et ~800 °C respectivement), l'U-Th/He sur sphène et zircon (~200°C et ~150°C respectivement).
Plus précisément, nous cherchons à comprendre si le pic de température est synchrone dans toutes les unités, s'il est bref ou long et si les grands contacts jouent de manière synchrone. C'est aussi la chronologie des épisodes tectoniques liée aux modes de raccourcissement que l'on souhaite déchiffrer. Chaque mode de déformation est-il relié à des phases thermiques spécifiques ? La mise en place des déformations distribuée se fait-elle pendant les pics thermiques ? La localisation de la déformation et l'exhumation sont-elles plutôt reliées à aux phases de refroidissement ? Il faut donc aussi dater les grands contacts tectoniques, ce qui est possible avec la méthode Ar/Ar sur muscovite et biotites syn-déformations dans les grandes shear-zones.
La caractérisation précise de l'histoire thermique des différentes unités de ce rétro-prisme permettra de mettre en relation l'histoire thermique et l'évolution structurale de cette chaine, afin de mieux comprendre la rhéologie des prismes collisionels.

Erosion et Altération en compétition sur l'île de La Réunion : L'observatoire ERORUN

Jean-Lambert Join*[1], Manuëlla Delalande-Le Mouëllic[1]

[1] Lab. GéoSciences Réunion (LGSR) – CNRS : UMR7154, Univ. la Réunion, 15 avenue René Cassin, CS92003, 97744 Saint Denis Cedex 9, France
@ : join@univ-reunion.fr

Située dans l'hémisphère Sud, à 21° de latitude, l'île de La Réunion est un volcan bouclier océanique actif dont le sommet atteint 3000m d'altitude. Le climat est de type intertropical. Durant l'été austral, de novembre à avril, l'île est confrontée à des épisodes pluvieux intenses associés aux tempêtes et cyclones tropicaux responsables de plusieurs records pluviométriques mondiaux. Dans la partie nord de l'île, sur les planèzes du massif du Piton des Neiges, les formations volcaniques soumises à une altération tropicale active, sont affectées par des processus d'érosion exceptionnels dus à la conjonction du relief et des pluies cycloniques. Dans ce secteur, le bassin versant de la Rivière des Pluies concentre dans un espace restreint (47 km^2) l'ensemble des dynamiques affectant rapidement les matériaux volcaniques. Il constitue ainsi un observatoire privilégié pour l'analyse des processus de transfert au sein de la zone critique.
Dans ce cadre, l'OSU l'Univ. la Réunion (OSU Réunion) a proposé en 2010 le site de La Rivière des Pluies pour la création d'un Observatoire de l'EROsion à la RéUNion (ERORUN). Ce bassin versant de référence est intégré dans un Système d'Observation et d'Expérimentation, sur le long terme, pour la Recherche en Environnement (SOERE) dédié à l'observation du cycle de l'eau et des interactions entre l'atmosphère et la lithosphère au sein du Réseau des Bassins Versants (RBV). A ce titre le site de la Rivière des Pluies constitue un laboratoire de terrain qui bénéficie déjà d'une infrastructure conséquente pour l'observation et la mesure sur le long terme des mécanismes hydrologiques dans un contexte d'évolution rapide des processus d'altération et d'érosion.
Nous présentons ici l'infrastructure du réseau de mesure, les caractéristiques hydrologiques du milieu déduites des premiers bilans obtenus, ainsi que les perspectives d'analyse issues des nouveaux outils de suivi installés dans le cadre de l'intégration de l'observatoire ERORUN au sein du réseau RBV.

Mots-Clés: zone critique, bassin versant, érosion

Mantle flow and deforming continents

Laurent Jolivet*[1], Claudio Faccenna, Thorsten Becker

[1] ISTO, Univ. Orléans – Orléans, France
@ : faccenna@uniroma3.it

Mantle convection is the main engine of plate motion. Plate deformation is in turn partly a consequence of plate motion along divergent, convergent or strike-slip plate boundaries. Whether asthenospheric flow can deform continents through basal shear or push on topographic irregularities of the base of the lithosphere is an open question. Eurasia has been extending at different scales since 50 Ma, from the "small-scale" deformation of the Mediterranean back-arc domains to "large-scale" deformation of a large part of Asia between the compression domain in the India-Asia collision zone and extension behind the Pacific subduction zones. While compression at plate margins, in subduction zones (Andes) or collision zones (Himalaya) can propagate far within continents, the mechanism explaining extension distributed over thousands of kilometres is unclear. To explore this possibility we use trajectories of continental plates and continental fragments since 50 Myrs in different kinematic frames and compare them with various proxies of the mantle flow such as seismic anisotropy (S and SKS waves) at various depths. These trajectories partly fit sub-lithospheric seismic anisotropy with two main circulations, one carrying Africa and Eurasia away from the large low velocity anomaly (LLSVP) underlying south and west Africa (Tuzo) and one carrying the Pacific plate away from the LLSVP underlying the southern Pacific (Jason). Under eastern Eurasia the flow converges with the Pacific flow and distributed extension affects eastern Asia all the way to the Western Pacific back-arc basins (Japan Sea, Okinawa Basin, South China Sea). We speculate that the flow carrying India northward and Eurasia eastward has invaded the Pacific domain and caused this widely distributed extension that interferes with the strike-slip faults issued from the Himalaya-Tibet collision zone. This model is in line with an earlier proposition by Flower et al. (Tectonophysics, 2001, 333, 9-34) based on geochemical proxies. We discuss this model and compare it to other widely distributed extensional deformation episodes such as the Early Cretaceous extension of Africa and finally propose a scheme of large-scale continental deformation in relation to underlying mantle convection at different scales.

Mots-Clés: manteau, tectonique, subduction, panache, flux, anisotropie, extension, Asie, Méditerranée, Afrique

La surface de planation mésozoïque en Asie Centrale : caractéristiques, âge, formation et préservation

Marc Jolivet*[1]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France

Le relief actuel de l'Asie Centrale est caractérisé par la présence, y compris au sein des chaines actives telles que le Tian Shan ou l'Altaï, de vastes plateaux (Allen et al., 2001; Jolivet et al., 2007, 2013). Ces derniers représentent des fragments préservés d'une surface de planation mésozoïque qui s'étend potentiellement depuis le centre du Tibet jusqu'au nord du système du rift Baïkal (Jolivet, 2015). Les analyses de thermochronologie basse température ainsi que l'étude détaillée des séries sédimentaires dans les nombreux bassins tels le Tarim et le Junggar en Chine ou le bassin de Fergana au Kyrgyzstan indiquent que cette surface s'est initié au Jurassique inférieur à moyen et a probablement atteint son paroxisme au Jurassique supérieur (Vassallo et al., 2007 ; De Grave et al., 2008). Après une présentation des caractéristiques morphologiques générales de cette surface, je propose d'adresser les questions de 1) son âge : la planation est elle synchrone sur l'ensemble du continent ? ; 2) Des conditions géodynamiques et climatiques de sa formation : comment développer une telle surface dans le contexte d'accrétions de blocs continentaux et de fermetures océaniques de l'Asie au Mésozoïque ? Les paramètres climatiques ont ils joué un rôle dans l'évolution de la surface ? et 3) Des processus géodynamiques et climatiques qui ont conduit à sa préservation jusqu'à aujourd'hui. Les données présentées montrent par exemple que le développement de la surface de planation est contemporain d'une période d'extension généralisée en Asie Centrale et d'un changement climatique majeur à l'échelle de Mésozoïque. D'autre part, la préservation jusqu'à l'actuel de fragments importants de cette surface est liée d'une part à la forte localisation de la déformation cénozoïques et d'autre part à la pérennité d'un climat semi-aride depuis la fin du Jurassique.

Allen M.B., et al., 2001, Dome and basin refolding and transpressive inversion along the Karatau fault system, southern Kazakstan. Journal of the Geological Society, London, Vol. 168, pp. 83-95.
De Grave J., et al., 2008, Apatite fission-track thermochronology applied to the Chulyshman Plateau, Siberian Altai Region. Radiation Measurements, Vol. 43, pp. 38-42.
Jolivet M., et al., 2007, The Mongolian summits: An uplifted, flat, old but still preserved erosion surface. Geology, Vol. 35, N°10, pp. 871-874. doi: 10.1130/G23758A.1
Jolivet M., et al, 2013, Geomorphic Mesozoic and Cenozoic evolution in the Oka-Jombolok region (East Sayan ranges, Siberia). J. Asian Earth Sci., Vol. 62, pp. 117-133.
Vassallo R., et al., 2007, Uplift age and rates of the Gurvan Bogd system (Gobi-Altay) by apatite fission track analysis. Earth Planetary Sciences Letter, Vol. 259, pp. 333-346. doi: 10.1016/j.epsl.2007.04.047
Jolivet M., 2015, Mesozoic tectonic and topographic evolution of Central Asia and Tibet: a preliminary synthesis. Geological Society of London Special Publication, Vol. 427, http://doi.org/10.1144/SP427.2

Mots-Clés: géomorphologie, planation, Asie Centrale, Mésozoïque

Structuration du Bassin de Dieppe-Hampshire (Manche orientale) : Apport de nouvelles données sismiques

Martin Jollivet-Castelot*[1], Virginie Gaullier[1], Fabien Paquet[2], Frank Chanier[1], Fabien Graveleau[1], Isabelle Thinon[2], Eric Lasseur[2], Olivier Averbuch[1]

[1] Lab. d'Océanologie et de Géosciences (LOG) – Univ. Lille I, CNRS : UMR8187, Univ. Littoral Côte d'Opale – 59655, Villeneuve d'Ascq, France
[2] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin, BP 6009, 45060, Orléans, France
@ : martin.jollivet-castelot@univ-lille1.fr

Le Bassin de Dieppe-Hampshire est un bassin tertiaire situé en Manche orientale qui s'étend du Sud-Est de l'Angleterre jusqu'au littoral français des régions Nord-Pas-de-Calais, Picardie et Haute-Normandie. Ce domaine se met en place dans un contexte d'inversion des bassins mésozoïques bordiers, en réponse à l'ouverture de l'Atlantique Nord et aux phases de déformations alpines *s.l.* L'évolution générale en extension puis en compression de ce domaine est attribuée à la réactivation de grands accidents régionaux hérités du cycle varisque, mais la structuration détaillée du Bassin de Dieppe-Hampshire demeure encore mal contrainte. L'acquisition récente de données de sismique réflexion très haute résolution lors de la campagne océanographique TREMOR (N/O " Côtes de la Manche ", 2014, 1800 kilomètres de profils Sparker) et l'analyse de la morphologie grâce à des données bathymétriques SHOM et UKHO ont permis d'imager le remplissage sédimentaire et les structures du bassin de Dieppe-Hampshire et des zones adjacentes. L'interprétation s'est focalisée sur une analyse des faciès sismiques, avec la définition de plusieurs unités sismiques d'âges Crétacé supérieur à Bartonien et de surfaces de discordance. L'étude des profils a également permis de cartographier les éléments structuraux (failles, plis, structures monoclinales) au sein du Bassin de Dieppe-Hampshire et sur ses bordures. Les nouvelles données permettent notamment d'imager avec une résolution inédite ces structures le long du bassin Nord-Baie de Seine et au large du Boulonnais. De nombreuses failles présentant de faibles rejets sont observées dans des terrains crétacés au large de Dieppe, définissant une zone de déformation diffuse. De plus, des déformations de plus grande longueur d'onde ont pu être mises en évidence au sein des dépôts tertiaires du bassin, par l'intermédiaire de la caractérisation de surfaces de discordance et par l'établissement de cartes isopaques dans les unités tertiaires.

Mots-Clés: Bassin de Dieppe Hampshire, Manche orientale, structuration, sismique réflexion

A Late Quaternary carbonate Source-to-Sink model: the Glorieuses platform to basin (SW Indian Ocean)

Stephan Jorry*[1], Simon Courgeon[1], Gwenael Jouet[1], Samuel Toucanne[1], Pascal Le Roy[2], Axel Ehrhold[1], Yannick Thomas[1], Gilbert Camoin[3], Emmanuelle Poli[4]

[1] Géosciences Marines (GM) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – France
[2] Domaines Océaniques – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), Institut d'écologie et environnement, INSU, Observatoire des Sciences de l'Univers, CNRS : UMR6538 – France
[3] CEREGE – Centre de Recherche et d'Enseignement de Géosciences de l'Environnement [CEREGE], Aix-Marseille Univ. - AMU, CNRS : UMR34, Institut de Recherche pour le Développement - IRD (FRANCE) – France
[4] TOTAL R&D – TOTAL – France

Since the past ten years, a huge amount of Source-to-Sink studies aimed to unravel the tectonic, climatic and other processes that shape the landscape from the mountains to deep ocean. Interestingly, these studies have been exclusively dedicated to siliciclastic or mixed systems, for which the connection between drainage basins, continental shelf and adjacent carbonate platforms, slope and basin environments are often well constrained. Here we present a study focusing on a pure Source-to-Sink carbonate system, located in the SW Indian Ocean (Glorieuses archipelago, Mozambique Channel). Since 2011, extensive field sampling and geophysical acquisition across the carbonate platform has contributed to estimate the composition, the lateral variability, and volumes of neritic sands. Additional seismic and bathymetric surveys across the platform interior illustrate the presence of plurimetric sandy bodies deposited along the leeward platform edge, corresponding to the export of carbonate sediments under the influence of dominant wind- and current-driven processes. High-resolution seismic, bathymetry, and sediment piston cores acquired in 2014 along slope and basin adjacent to the carbonate platform led to the discovery of channel-levee complexes and turbiditic lobes, which form 250m-thick sediment accumulations at 3400 m water depth, composed of alternating bundled calciturbidite trends and hemipelagic (aragonite-rich) layers. Our findings clearly point out that the shedding of carbonate sands and aragonitic mud on top of small-sized carbonate platforms may contribute to feed large deep-water carbonate fans. This platform-to-basin connection seems to have functioned through the last two glacial/interglacial cycles at least, and appears to have been controlled by imprints of large scale oscillations of the sea level along the platform edge and adjacent slope. This study has important consequences for our understanding of carbonate gravity processes occurring along isolated carbonate platforms, and contributes to a first attempt to quantify a carbonate sediment-routine system.
This research was co-funded by TOTAL and IFREMER as part of the PAMELA (Passive Margin Exploration Laboratories) scientific project, and by CEREGE (OSU Pytheas), IFREMER (Project "Sedimentary Systems"), LabexMER (ANR-10-LABX-19-01), and TOTAL Research & Development (FR00006152) in the frame of the REEFCORES program.

Mots-Clés: carbonate platform, deepwater carbonates, sandy turbidites, SW Indian Ocean

Impacts du climat sur l'érosion et le transfert des sédiments aux cônes-sous marin du Bengal durant l'Holocène

Ronan Joussain*[1], Christophe Colin[2], Zhifei Liu[1], Franck Bassinot[3]

[1] State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University – Chine
[2] Lab. GEOPS – CNRS : UMR 8148 – Univ. Paris-Sud – 91405 Orsay, France
[3] Lab. des Sciences du Climat et de l'Environnement – CNRS-CEA-UVSQ – France

La région himalayenne présente des taux de dénudation physique et chimique parmi les plus forts au monde, ce qui en fait une région clef pour étudier les relations existantes entre le climat et l'érosion. Au cours du Quaternaire, les variations des précipitations liées aux changements de l'intensité de la mousson représentent le facteur principal contrôlant l'altération chimique et l'érosion physique de l'Himalaya et des régions environnantes. La partie Nord de la baie du Bengale (partie proximale), qui est principalement alimentée par les fleuves Ganges et Brahmapoutre, fournit un enregistrement direct de la variabilité de l'intensité de l'érosion de l'Himalaya. Cette érosion est elle-même liée aux changements paléoclimatiques et paléo-environnementaux affectant le Sud-Ouest de l'Asie.
Une étude à très haute résolution de la minéralogie du cortège argileux, ainsi que la mesure des compositions isotopiques en Nd et Sr, couplés à des analyses en éléments majeurs, ont été effectuées sur les carottes MD12-3418CQ et MD12-3417 collectées sur la levée du chenal actif du cône sous-marin de la baie du Bengale au large de l'embouchure des fleuves Gange-Brahmapoutre. Les valeurs ϵNd(0) et rapports 87Sr/86Sr ont été mesurés sur des échantillons provenant à la fois de turbidites et de niveaux hémipélagiques toute au long de la période couverte par notre enregistrement (derniers 9800 ans).
La fraction argileuse des deux carottes est dominée par la présence d'illite et de smectite. La chlorite et la kaolinite sont aussi présentes mais en proportions moins importantes. Le rapport smectite/(illite+chlorite) et les résultats en éléments majeurs, indiquent des changements importants dans le degré d'altération chimique des sédiments transportés à la baie du Bengale durant l'Holocène. Pendant les périodes plus humides (ex. début de l'Holocène), les sédiments se caractérisent par un enrichissement relatif en quartz et en illite / chlorite dans la fraction argileuse. A l'opposé, les périodes plus arides sont caractérisées par des sédiments enrichis en phyllosilicates et avec plus de smectite dans la fraction argileuse. Nous avons identifié trois grandes périodes distinctes. La période comprise entre 10,1 à 6 cal ka BP, qui est la plus humide, après 6 cal ka BP où il y a une période de transition, avec un pic d'aridité entre 4,0 à 3,0 cal ka et enfin une période relativement aride qui est en place depuis 3.0 cal ka. Ces données permettent de témoigner du rôle des changements de l'intensité de la mousson sur l'intensité de l'altération chimique et de l'érosion de l'Himalaya, ainsi que sur les processus de transport des sédiments au niveau de la levée et de son contrôle par les variations climatiques au niveau du continent.

Mots-Clés: mousson indienne, érosion, altération chimique, minéralogie des argiles, composition isotopique du Nd et du Sr

L'intérêt des Géoparcs mondiaux UNESCO démontré aux acteurs du territoire

Sophie Justice*[1], Stéphane Legal, Marc Lutz, Christophe Lansigu, Tiffany Sarre

[1] Géoparc Chablais mondial UNESCO – Syndicat Intercommunal d'Aménagement du Chablais – 2 Avenue des Allobroges - BP 33 - 74201 Thonon-les-Bains Cedex, France
@ : coordinationgeopark@siac-chablais.fr

Le changement de statut des Géoparcs mondiaux avec la création en novembre 2015 du label " Géoparc mondial UNESCO ", et la publication du décret n°2015-1787 relatif à la protection des sites géologiques d'intérêt particulier en décembre 2015, attestent de la pertinence des Géoparcs. Le concept de Géoparc permet aux décideurs de développer des projets d'aménagements territoriaux dont l'un des points de départ est la valorisation des patrimoines géologiques.
Ce poster s'appuie sur des exemples d'actions entreprises au sein des géoparcs français qui montrent l'intérêt de ce type de projet pour les acteurs du territoire et qui présentent l'impact escompté du label UNESCO.
Depuis 2009, le Chablais Géoparc mondial UNESCO a mis en place des formations. Les médiateurs formés sont devenus plus professionnels, et se sont fédérés (association loi 1901). La géologie est désormais présente dans leur discours, y compris pour des visites culturelles. Cela a : (i) permis la sensibilisation des scolaires et des visiteurs, (ii) favorisé une meilleure appropriation du territoire par les nouveaux arrivants (solde de +1.2%/an 2007-2012) et (iii) généré des activités économiques directes et indirectes.
Le Parc naturel régional du Luberon, Géoparc mondial UNESCO, a mis en place un réseau de géopartenaires (accompagnateurs, sites de visites, hébergeurs) qui se sont engagés à mettre en valeur les patrimoines du Géoparc auprès des visiteurs. Les résultats de cette initiative seront présentés dans le poster.
Le Geopark des Monts d'Ardèche développe actuellement un projet d'art contemporain in situ (Le Partage des eaux) qui renforce la mise en valeur de certains des 51 géosites du territoire. Ce projet met à contribution les acteurs locaux, élus et entreprises du territoire, et permettra à terme de développer un tourisme artistique original dans des zones rurales éloignées des centres urbains.
Pour le Geopark des Massif des Bauges, le géoparc est une nouvelle manière de voir le territoire, qui donne plus de sens encore aux différents projets de développement. Relier les patrimoines, concilier la préservation de l'environnement et le développement économique tout en donnant les clés de compréhension du territoire, représentent autant de missions qui permettront de mieux appréhender son fonctionnement et ses potentialités. Cela passe donc par le développement d'outils pour faciliter cette appropriation (films, supports multimédia, panneaux, maquettes) et par des sessions de sensibilisation et formation.

Mots-Clés: valorisation, patrimoine, acteurs du territoire, géoparc, UNESCO

Processus biogéochimiques à l'interface eau-sédiment dans la zone humide littorale de Mboro au Sénégal

Mariama Kaba*[1], Valérie Mesnage [2], Serigne Faye, Benoit Laignel[2], Nicolas Lecoq[2]

[1] Cheikh Anta Diop Univ, Dpt. de Géologie BP 5005 Dakar-Fann Sénégal
[2] Morphodynamique Continentale et Côtière – Normandie Univ, UNIROUEN, UNICAEN, CNRS : UMR 6143 – 76000 Rouen, France

Les zones humides sont des écosystèmes riches en biodiversité couvrant environ 9 % des surfaces terrestres et accumulant 35 % du carbone organique terrestre. Au Sénégal, les Niayes sont des zones humides dépressionnaires où la nappe est affleurante à sub-affleurante. Cette bande côtière est caractérisée par un climat soudano-sahélien au Sud à sahélien au Nord et procure 80 % de la production horticole nationale. Cependant, ces zones vulnérables sont menacées par la forte pression anthropique, les changements climatiques et environnementaux associés au développement du secteur minier. Ainsi, pour maintenir cet écosystème et préserver ses ressources naturelles, il est important de comprendre son fonctionnement sédimentaire, géochimique et biogéochimique. La Niaye de Mboro localise au Sud du Littoral Nord dans laquelle le Versant, le Centre et le Bas-fond ont été ciblés comme sites d'échantillonnage. L'objectif de cette étude est de caractériser le complexe eau-sédiment du point de vue sédimentologique, biogéochimique; d'identifier les processus géochimiques et les flux de nutriments. Les sédiments sont essentiellement sablo-silteux à silto-sableux. Les teneurs en Carbone Organique Dissous sont plus importants en surface respectivement de 710, 202 et 158 mg/l sur les versant, centre et bas-fond de la Niaye. Par contre, les concentrations de Carbone Organique Particulaire atteignent 35 % en profondeur dans la zone centre. Les flux de diffusion du PO4 sont plus importants sur les parties centre et versant alors ceux de NH4 sont plus élevés dans la zone bas-fond. Les phosphores liés au Fer sont généralement dominants par rapport à ceux liés au calcium et à la matière organique. Cette zone est ainsi soumise à différents processus géochimiques tels que la dégradation de la matière organique, la réduction du Fer et sulfate, la dénitrification, l'ammonification. Elle présente une minéralisation importante et une richesse en éléments nutritifs sur le versant, une zone centrale riche en matière organique, et une zone bas-fond dépendante de la fluctuation de la nappe qui peut être soumise à des phénomènes de dilution. Aussi, les processus de lessivage des sols, la présence du complexe argilo-humique, les échanges de base, les phénomènes d'oxydo-réduction contribuent à la minéralisation de cette Niaye. Les fortes teneurs en sulfates peuvent être liées d'une part à l'utilisation d'engrais chimiques et d'autre part à l'oxydation de la pyrite qui contribue à l'acidification du milieu. La signature isotopique des eaux interstitielles met en évidence des eaux sont très enrichies dans la partie centrale certainement dû à la présence de tourbes et au temps de transit plus long dans la zone non saturée. Ces résultats ont montré que le mode de fonctionnement du système de la Niaye et les processus impliqués diffèrent selon les versant, centre ou bas-Fond de l'écosystème. La connaissance à une échelle spatiale plus grande permettrait une gestion efficace des zones humides littorales et agricoles.

Mots-Clés: zone humide, géochimie, matière organique, isotopie, littoral, Sénégal

Aptian ramp sedimentation in north-central Tunisia and sea level variations recorded in magnetic susceptibility

Houda Khaled*[1], Fredj Chaabani[1], Frédéric Boulvain[2]

[1] Lab. de Ressources Minerales et Environnement (LRME) – Dpt. Géologie – Univ. Tunis El Manar, Tunisie
[2] Pétrologie Sédimentaire, B20, Univ. Liège, Sart-Tilman, Liège, Belgique

The Aptian series in north-central Tunisia was studied in detail regarding to lithology, microfacies, magnetic susceptibility and geochemical analysis to provide new insights into the paleoenvironmental evolution and sea level changes in the carbonate platform. For this, two outcrops are chosen corresponding respectively to the Serdj and Bellouta section.
The Bellouta section is about 300 meters thick and it's consisting of limestones, marlstones, dolomites and sandy limestones. The Serdj section is about 500 meters and it is composed by five limestones sequences separated by four marly levels. Petrographic study leads to the definition of 12 microfacies which are successively recorded along the studied sections into outer ramp, mid-ramp, inner ramp and coastal facies associations.
The magnetic susceptibility of all samples was measured and compared with the facies, microfacies and chemical analyses. There is clear link between facies and magnetic susceptibility; the distal facies show high values while the proximal areas show lower values. The magnetic susceptibility profile reflects stratigraphic variations in response to relative changes in sea level and input of detrital materials.

Mots-Clés: microfacies, magnetic susceptibility, Aptian, carbonate platform, chemical

Morphologie des dunes à l'équilibre sous écoulement turbulent

Serge Nahed Kiki Sandoungout*[1,2]

[1] Domaines Océaniques (LDO) – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
[2] Institut de Physique de Rennes (IPR) – université Rennes 1, CNRS : UMR6251 – 263 av. Général Leclerc, 35042 Rennes Cedex, France

La morphodynamique des structures sédimentaires immergées dans un fluide en mouvement est une question importante pour divers aspects pratiques tels la navigation maritime ou l'aménagement et la gestion des littoraux sableux. La dynamique des dunes en milieu naturel est loin d'être entièrement comprise d'une part, du fait de la variabilité des forçages en sens, direction et intensité, et d'autre part, de la complexité de la description des flux de matière dans l'espace et le temps. Nous avons choisi ici d'étudier la forme d'équilibre d'une structure sédimentaire dans le cas d'un écoulement turbulent uni-directionnel et stationnaire. La description de la morphodynamique d'une dune s'appuie sur un modèle continu de transport de sédiment couplé à un modèle d'écoulement turbulent. Le transport de sédiment est décrit par un modèle tenant compte de l'adaptation du flux à un changement de vitesse du fluide par l'introduction d'une longueur de saturation [1]. L'écoulement turbulent est calculé à partir de la résolution de l'équation de Navier-Stokes moyennée dans le temps (RANS) au-dessus d'une structure sédimentaire en utilisant l'approximation linéaire des petites déformations [1, 2]. La résolution numérique du modèle montre qu'il existe une masse critique délimitant deux régimes d'évolution à l'équilibre. En-dessous de celle-ci, l'extension spatiale de la dune est constante et contrôlée par la longueur de saturation tandis que sa hauteur est proportionnelle sa masse. Au-delà de la masse critique, l'extension spatiale et la hauteur de la dune sont toutes les deux proportionnelles à la racine carrée de la masse. On confirme par ailleurs que la vitesse de migration de la dune à l'équilibre est proportionnelle au flux de sédiment au sommet de la dune et inversement proportionnelle à son extension spatiale. Nous discutons également de l'influence sur la forme et la vitesse de migration à l'équilibre de la dune de la non-linéarité de la loi de transport ainsi que des mécanismes d'avalanche sur la face aval. Enfin nous comparons les prédictions de notre modèle avec des résultats expérimentaux préliminaires issus d'expériences réalisées dans un chenal hydraulique permettant de produire des dunes à l'équilibre à petite échelle.

Références :

[1] K. Kroy, G. Sauermann et H. J. Herrmann (2002) : " Minimal model for sand dunes ", Phys. Rev., E 66, 0313202
[2] P. S. Jackson et J. C. R. Hunt (1975): " Turbulent wind flow over a low hill ", Quart. J. R. Met. Soc. 101, 929-950

Mots-Clés: dunes sous-marines, morphodynamique, transport sédimentaire

Activity of accretionary prisms in the Ionian Sea based on palaeoseismicity over the last 330 ka

Eléonore Köng*[1], Sébastien Zaragosi[1], Jean-Luc Schneider[1], Thierry Garlan[2], Patrick Bachelery[3], Marjolaine Sabine[1], Laurine San Pedro[4]

[1] Environnements et Paléoenvironnements OCéaniques (EPOC) – CNRS : UMR5805, Univ. Bordeaux I – 33615 Pessac, France
[2] Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) – Ministère de la Défense – 29200 BREST, France
[3] Lab. Magmas et Volcans (LMV) – Univ. Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, CNRS : UMR6524 – 63038 Clermont-Ferrand, France
[4] Domaines Océaniques (LDO) – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS : UMR6538 – 29280 Plouzané, France

In the Ionian Sea, the subduction of the Nubia plate underneath the Eurasia plate leads to an important sediment remobilisation on the Calabrian Arc and the Mediterranean Ridge. These events are often associated with earthquakes and tsunamis. In this study, we analyse co-seismic deposits in order to establish a calendar of the paleoseismicity on the Calabrian Arc and the western Mediterranean Ridge. Four gravity cores collected on ridges and slope basins of accretionary prisms record turbidites, megaturbidites, slumping and micro-faults over the last 330,000 years. These turbidites were dated with a multi-proxy approach: radiometric dating, δ18O, b* colour curve, sapropels and tephrochronology. The origin of the co-seismic sedimentation was studied with a sedimentary approach: grain-size, lithology, thin section, geochemistry of volcanic glass. The results suggest three large periods of activity and three sub-periods in the most recent times. It highlights variability in the tectonic activity over hundreds of thousands of years. For the most recent period, three depositional processes are highlighted on the Calabrian Arc: unchanneled underwater flow along slopes, localised resedimentation and two external drainage axis. On the Mediterranean Ridge, localised resedimentation is dominant because of the ridge's disconnection from the shelf.

Mots-Clés: Ionian Sea, accretionary prism, palaeoearthquakes, co-seismic sedimentation, natural hazard

Architecture et évolution quaternaire du plateau de Malte

Eléonore Köng*[1], Sébastien Zaragosi[1], Hervé Gillet[1], Jean-Luc Schneider[1], Thierry Garlan[2], Yann Le Faou[2], Patrick Guyomard

[1] Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS : UMR5805 – Univ. Bordeaux 1, Avenue des Facultés, 33405 Talence, France
[2] Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) – Ministère de la Défense – 13 rue du Chatellier 29200 Brest, France

Le plateau de Malte, situé à la limite entre le détroit de Sicile et la mer Ionienne est à la frontière entre une zone en extension (les grabben du détroit de Sicile) et une zone en subduction (l'arc Calabrais). Ce plateau est séparé en 2 parties, Est et Ouest, par une ride composée de sédiments Messinien. Il est semi-émergé en bas niveau marin, joue un rôle de barrière pour la circulation océanique méditerranienne, notamment pour les échanges entre le bassin occidental et le bassin central. Cette étude a pour but de caractériser l'architecture et l'évolution morphologique quaternaire du plateau de Malte, et de voir quel est son rôle sur la circulation océanique. Elle est basée sur l'étude de 3200 km de lignes sismiques très haute résolution qui recouvrent 3000 km^2 et de 3 carottes sédimentaires prélevés au cours de la mission BASE07 du SHOM. Les résultats mettent en évidence 4 surfaces d'érosions majeures correspondant aux 4 derniers bas niveaux marins quaternaires à l'Ouest et seulement 2 à l'Est. Cette différence s'explique par la présence de la ride messinienne associée à la circulation des masses d'eaux Atlantique et Ionienne qui s'écoulent vers l'Est. Les surfaces érosivent séparent 2 principales séquences, une séquence aggradante de haut niveau marin et une séquence progradante de bas niveau marin. Malgré les apports sédimentaires très limités venant de la Sicile, la plateforme a progradé de 16 km vers le bassin de Gele (au Sud de la Sicile) au cours des derniers 340 ka. Cette forte progradation a été reliée à un important rapport uplift (de la Sicile et du Messinien) versus subsidence (de la plateforme).

Mots-Clés: Malte, Mediterranée, plateforme, uplift, subsidence, circulation océanique

Modélisations numériques 3D de l'interaction panache-lithosphère continentale: Implications pour le Rift Est Africain

Alexandre Koptev*[1], Eric Calais[2], Evgueni Burov[1], Sylvie Leroy[1], Taras Gerya[3]

[1] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193, Univ. Pierre et Marie Curie [UPMC] - Paris VI – 4, place Jussieu BP CC129 75252 PARIS Cedex 05, France
[2] Ecole normale supérieure, Dept. of Geosciences, PSL Research University, CNRS UMR8538 – France
[3] ETH-Zurich, Institute of Geophysics, Sonnegstrasse 5, Zurich, Suisse

Le bord nord-est de la plaque africaine est un laboratoire naturel pour l'étude du rifting continental. En effet, les processus d'interaction entre la lithosphère africaine et le(s) panache(s) mantellique(s) depuis 30 à 40 Ma ont conduit à la formation d'un système de rifts très étendu et hétérogène, depuis la mer Rouge au Nord jusqu'au rift Malawi au Sud, le rift Est Africain. Nous avons réalisé des modèles numériques de haute résolution pour élucider le problème du rôle de la structure rhéologique continentale, des forces tectoniques aux limites et de volumes (panaches mantelliques) dans le développement structural du Rift Est Africain.
Notre cible est la partie centrale du Rift Est Africain où deux types de rifts contrastés sont juxtaposés. La branche orientale est chaude et peu sismique alors que la branche occidentale est au contraire froide, très sismique et peu magmatique. A l'aide d'une série d'expériences caractérisées par la présence d'un bloc de type "craton" froid et épais imitant grossièrement la configuration du craton tanzanien, nous avons modélisé le comportement contrasté de ces systèmes. Trois scénarios possibles sont proposés pour expliquer le développement concomitant d'un rift magmatique et peu magmatique de part et d'autre du craton tanzanien: 1) la zone de faiblesse située le long de la frontière occidentale du craton en présence d'un panache mantellique déplacé initialement vers le nord-est; 2) deux panaches initialement déplacés dans les directions opposées; 3) un seul panache plus grand et légèrement excentré.
Une autre série d'expériences contenant un deuxième craton dont la position et la configuration imitent grossièrement celles du craton de Bangweulu montre que la création de trois rifts (la branche orientale, la branche occidentale et le rift Malawi) est possible seulement avec un panache relativement grand situé sous le côté sud du craton tanzanien.
Enfin, dans la partie septentrionale du Rift Est Africain l'interaction de la lithosphère continentale avec le panache Afar a été modélisée avec les conditions aux limites suivantes: les forces appliquées aux limites du modèle au nord se caractérisent par l'augmentation progressive de leurs valeurs de l'ouest à l'est, combinées à l'extension est-ouest communément présente dans tous les modèles précédents. La distribution finale des zones de rifts observés dans un des modèles coïncide avec la configuration, l'orientation et la position relative des structures telles que la mer Rouge, le golfe d'Aden, le rift éthiopien et le rift kenyan.

Mots-Clés: rifting continental, interaction panache-lithosphère, modélisation numérique, Rift Est Africain

Slip rates and ages of past earthquakes along the western Bogd and Valley-of-Lake strike slip faults (Gobi-Altay, Mongolia)

Robin Kurtz*[1,2], Jean-François Ritz[1], Yann Klinger[2], Matthieu Ferry[1], Magali Rizza[3], Toogii Battogtokh[4], Jin Choi[2]

[1] Géosciences Montpellier (GM) – CNRS : UMR5243, Univ. Montpellier II - Sciences et techniques – Place E. Bataillon - CC 60 34095 Montpellier Cedex 5, France
[2] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – CNRS : UMR7154, Univ. Paris VII - Paris Diderot – 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05, France
[3] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., INSU, IRD, CNRS : UMR7330 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[4] Institut of Astronomy and Geophysics (IAG) – Mongolie

The Gobi-Altay massif in southwestern Mongolia recorded one of the largest intracontinental earthquakes during the XXth century (04.12.57, Mw~8). This left-lateral strike-slip earthquake ruptured a 260 km-long section along the eastern part of the Bogd fault. About 100km of additional ruptures (essentially reverse) were also documented along subsidiary faults.
Previous morphological and paleoseismological investigations along the eastern Bogd Fault determined a long-term slip rate of ~1 mm/yr and a mean recurrence interval of 3000-4000 years for events similar to the 1957 earthquake.
The active tectonics of the western part of the Gobi-Altay massif proves to be more complex than the eastern section. Deformation is occurring along two strike-slip fault systems, the Western Bogd fault and the Valley-of-Lakes fault. This raises the question of the distribution of the deformation in space and time. In order to determine slip rates and dates of past events along the Western Bogd and Valley of Lakes faults, we carried out tectonic geomorphology and paleoseismological investigations.
Preliminary results from a first expedition in 2014 allow estimating a slip rate of 0.3 mm/yr along the Valley-of-Lakes fault during the past 150 ka. Further analyses from a second expedition in summer 2015, should allow testing whether this rate remained stable through time, notably over the Holocene period. They will also enable determining the slip rate and the age of the most recent surface-rupturing event along the Western Bogd fault.

Mots-Clés: intracontinental earthquakes, strike slip fault, slip rates, paleoseismology

Mesures in situ des gaz dissous pour l'étude des processus hydrologiques et biogéochimiques dans la zone critique

Thierry Labasque*[1], Eliot Chatton, Luc Aquilina

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
@ : thierry.labasque@univ-rennes1.fr

Les gaz dissous sont des traceurs qui présentent de par leur diveristé (gaz nobles, anthropiques, réactifs), leur solubilité et leur gamme de concentration un réel intérêt pour l''étude des processus biogéochimiques et hydrologiques en environnement. Les gaz nobles permettent d'étudier la physique des écoulement des eaux souterraines via les processus de recharge (Noble gas temperature), les processus d'excès d'air et d'accèder à la datation des eaux (4He notamment). Les autres gaz atmosphériques nous renseignent sur les processus d'oxydo-réduction liés aux conditions d'écoulement des eaux de surface ou souterraines. Les mesures de ces gaz requièrent souvent des processus complexes de prélèvement, de conservation, voire de mesure pour certains. Dans le cadre du projet CRITEX (WP 8.1), nous avons développé un outil de mesure in situ de l'ensemble des gaz dissous pour les eaux souterraines ou de surface. Basé sur des mesures en spectrométrie de masse couplée à une menbrane perméable aux gaz, le "CF-MIMS" (continuous flow menbrane Inlet mass spectrometer) permet de mesurer à haute fréquence (1 mesure toute les 10s) l'ensemble des gaz dissous. Cet équipement a été mis en oeuvre pour la réalisation de profils de gaz dissous en forages, de tests de traçage gazeux entre forages et en rivière. Il permet une approche nouvelle de la mesure des gaz dissous et doit permettre de mieux contraindre les processus physiques d'écoulement ainsi que la réactivité biogéochimique dans les eaux.

Mots-Clés: hydrogéologie, mesure in situ, gaz dissous, biogéochimie

Salt tectonics control on sedimentation in the north-Pyrenean basin (Chaînons Béarnais) during the mid-Cretaceous hyperextension and Pyrenean inversion

Pierre Labaume*[1], Antonio Teixell, Charly Poitevin, Sylvain Minici, Aurélien Gay

[1] Géosciences Montpellier – Univ. Montpellier, CNRS : UMR5243 – France
@ : pierre.labaume@gm.univ-montp2.fr

New mapping and cross-section construction emphasize the role of salt tectonics in the folding of the Chaînons Béarnais belt of the northern Pyrenees during the Cretaceous extension and subsequent Pyrenean shortening. The Chaînons Béarnais consist of a sequence of Jurassic to Lower Cretaceous carbonates and Albian flysch, strongly folded above a Keuper detachment level and overlain to the north by Upper Cretaceous flysch sequences. Folding during the Early Cretaceous rifting is indicated by erosional truncations, growth strata and reef-to-slope facies changes. Structural restoration points to rising diapiric salt walls enclosing synformal minibasins rapidly subsiding during the Albian. The amplitude of folding remained generally weak at that early stage of margin formation, and displacement of the underlying evaporitic layer controlled changing basin morphology with rapid depocenter migrations. During the Pyrenean inversion, the detached diapiric system, once lying on exhumed mantle, slid backwards onto both the Iberian and European margins. To the north, seismic profiles and well logs show that the North-Pyrenean Frontal Thrust (NPFT) reactivated and squeezed a mid-Cretaceous diapiric ridge initially located along a structural high at the northern boundary of the hyperextended domain (the Grand-Rieu ridge). The deposition of a thick Campanian-Maastrichtian flysch sequence in the footwall of the NPFT is contemporaneous of the onset of Pyrenean compression at the late Santonian. However, this depocenter appears too narrow and the flysch onlap to the north too steep to have been controlled solely by foreland flexural subsidence. The location of the flysch depocenter above an erosional surface truncating the Lower Cretaceous suggests that salt expulsion during diapir squeezing resulted in the deflation of the diapir northern flank, contributing to localize rapid subsidence and an onlap pattern of the Upper Cretaceous depocenter. A fan of growth strata in the flysch attests to continuous folding from the Campanian to the Eocene. This structure illustrates how both the basement structure (the Grand Rieu high) and salt tectonics contributed to deformation localization along the NPFT during a 40 My-long period corresponding to much of the Pyrenean compressional history.

Mots-Clés: Pyrenees, North Pyrenean zone, salt tectonics, hyperextension, tectonic inversion

PhreeSCALE: a new numerical tool to compute the thermal and volumetric properties of brines with the Pitzer model

Adeline Lach*[1], Laurent André[1], Arnault Lassin[1], Mohamed Azaroual[1], Jean-Paul Serin[2], Pierre Cézac[2]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM)– 3 avenue Claude Guillemin, 45060 Orléans Cedex 2, France
[2] Lab. de Thermique Energétique et Procédés (LATEP) – Univ. Pau Pays de l'Adour : EA1932 – BP 1155, 64013 Pau, France

In this communication, we present the basic equations necessary for describing the thermal properties of electrolyte solutions, which is the apparent relative molar enthalpy and the apparent molar heat capacity, and their volumetric property, only the apparent molar volume. These equations rely on the Pitzer model for the excess Gibbs energy of aqueous mixtures, *G*ex [1]. Indeed, the first temperature derivative of *Gex* gives the apparent relative molar enthalpy of the electrolyte solution, L*f*, while the second temperature derivative gives its apparent molar heat capacity, *Cpf*. The pressure derivative of *Gex* provides the apparent molar volume of the solution, *Vf*. Combined with the water properties at the temperature and pressure of interest, these apparent properties can then be used to calculate the solution properties such as the heat capacity and density. Since these aqueous properties are seldom implemented in the released geochemical codes, we decided to include all these equations in a widely used geochemical calculation code, namely PHREEQC [2]. The numerical tool resulting from this modification is called PhreeSCALE [3] and can be used like PHREEQC, with dedicated additional keywords. If the Pitzer interaction parameters are known and implemented in the database, PhreeSCALE can perform "classical" solution-solid-gas equilibria and, especially, be used to compute heat capacity and/or density of solutions. Moreover, PhreeSCALE can be coupled to an optimization software in order to determine new sets of interaction parameters from experimental data of osmotic coefficient, water activity, solid or gas solubility, heat capacity and density. Calculation of these latter two properties is of main interest in many fields of application. For instance, the knowledge of brine heat capacity is a key information in geothermal applications but also to evaluate desalination process performances. Information about the brine density and its evolution with the chemical composition is also very important for CO_2 sequestration studies.

[1] K.S. Pitzer, Activity coefficients in electrolyte solutions, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, 1991
[2] D.L. Parkhurst, C.A.J. Appelo, Description of Input and Examples for PHREEQC Version 3-A Computer Program for Speciation, Batch-Reaction, One-Dimensional Transport, and Inverse Geochemical Calculations, 2013.
[3] A. Lach, F. Boulahya, L. André, A. Lassin, M. Azaroual, J.-P. Serin, et al., Thermal and volumetric properties of complex aqueous electrolyte solutions using the Pitzer formalism - The PhreeSCALE code, Comput. Geosci. 92 (2016) 58–69

A Pitzer model for darapskite solubility in NaOH solutions at 25°C

Adeline Lach*[1], Laurent André[1], Pierre Henocq[2], Arnault Lassin[1], Pierre Cézac[3]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin 45060 Orléans Cedex 2, France
[2] Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) – France
[3] Lab. de Thermique Energétique et Procédés (LATEP) – Univ. Pau Pays de l'Adour : EA1932 – BP 1155, 64013 Pau, France
@ : a.lach@brgm.fr

The objective of this work is to define a set of Pitzer [1] interaction parameters for the Na-SO4-NO3-OH-H2O quaternary system, at 25 °C and different pH conditions, up to the solubility of any salt of the chemical system, including mirabilite (Na2SO4:10H2O), thenardite (Na2SO4), nitratine (NaNO3) and darapskite (Na2SO4:NaNO3:H2O). The prediction of this double-salt solubility is of particular interest within the framework of the nuclear waste storage [2]. To our knowledge, only one author proposes experimental data of darapskite solubility in alkaline solutions up to 3 *m* hydroxide at 25°C [2]. Practically, describing the measured solubility of this mineral is not immediate and requires a step-by-step approach. First, the main work consists of describing accurately the Na2SO4-H2O, NaNO3-H2O and NaOH-H2O binary systems. The interaction parameters for these three systems are taken from literature. They were established in previous studies [3,4] from measurement data of heat capacity and osmotic coefficient. Due to the high solubility of NaOH (about 28 mol·kg-1 at 25°C) the partial dissociation of NaOH is considered. For the NaNO3-H2O binary system, several studies propose a set of Pitzer interaction parameters. In this study, we chose the interaction parameters published by Marion [5], because the brine properties such as the osmotic coefficient are correctly represented with only two interaction parameters. Although the interaction parameters are determined up to the salts solubility, i.e. 1.98 mol·kg-1 for the Na2SO4-H2O binary system and 10.8 mol·kg-1 for the NaNO3-H2O binary system, they can be used beyond this concentration range. Indeed, they are able to correctly represent the osmotic coefficient in supersaturated solutions, up to 6 mol·kg-1 for the Na2SO4-H2O system and to 15 mol·kg-1 for the NaNO3-H2O system, showing the robustness of the models. Then, the fitting work consists of optimizing the ternary interaction parameters on the solubility data of minerals. Finally, the aqueous properties and chemical equilibrium model including dissolution/precipitation mechanisms of the Na-SO4-NO3-OH-H2O quaternary system can be described without supplementary parameters.

[1] K.S. Pitzer, Activity coefficients in electrolyte solutions, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, 1991.
[2] R.K. Toghiani, V.A. Phillips, L.T. Smith, J.S. Lindner, J. Chem. Eng. Data. 53 (2008) 798–804.
[3] A. Lach, F. Boulahya, L. André, A. Lassin, M. Azaroual, J.-P. Serin, et al., Comput. Geosci. 92 (2016) 58–69
[4] A. Lach, Modélisation thermodynamique des propriétés d'excès des saumures naturelles et industrielles, Pau, 2015. http://www.theses.fr/2015PAUU3021
[5] G.M. Marion, Geochim. Cosmochim. Acta. 66 (2002) 2499–2516

Mots-Clés: darapskite, Pitzer

Méthodologie de cartographie du régolithe en domaine sédimentaire à partir des données spectrométriques aéroportées en région Centre

Frédéric Lacquement*[1], François Prognon[1], Bruno Tourlière[1], Guillaume Martelet[1,2], Pierre-Alexandre Reninger[1], José Perrin[1], Hélène Tissoux[1], Jacques Deparis[1]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – France
[2] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR7327, BRGM – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie 45071 Orléans Cedex 2, France
@ : f.lacquement@brgm.fr

L'état des lieux de la connaissance cartographique des terrains du régolithe de la France métropolitaine met en évidence une grande hétérogénéité dans la quantité et la qualité des données disponibles (http://infoterre.brgm.fr). Face aux enjeux sociétaux, la nécessité de générer rapidement une cartographie du régolithe passe par le développement de méthodologies novatrices. Dans ce cadre, le BRGM a développé une nouvelle méthodologie de cartographie en domaine sédimentaire à partir de données de spectrométrie gamma aéroportée, acquises sur la totalité de la région Centre (France).
Ces mesures aéroportées renseignent sur les teneurs en uranium, potassium et thorium du premier mètre sous la surface du sol. Elles permettent d'estimer une lithologie prédictive et, après couplage avec des données complémentaires, de produire une cartographie cohérente assimilable à une carte du régolithe. Les données, corrigées des effets anthropiques, ont été traitées suivant la méthodologie suivante :
- Définition d'unités cartographiques par la combinaison d'informations dérivées du MNT topographique, puis analyse et croisement avec les données radiométriques traitées. On obtient une carte où chaque polygone correspond à un domaine radiométrique et morphologique homogène et correspond à priori à une unité géologique de régolithe ;
- Association d'une lithologie probable du régolithe aux polygones définis précédemment. Le traitement conjoint des données de radiométrie gamma avec l'information lithologique superficielle extraite des forages BSS, permet d'associer une lithologie dominante pour chaque gamme de signatures géophysiques.
La combinaison de ces étapes permet la réalisation de supports cartographiques régionaux revêtant une information lithologique du régolithe à l'échelle d'un territoire possédant un levé radiométrique gamma. . Ces résultats ont fait l'objet d'une évaluation à la fois par des observations de terrain et par confrontation avec une carte de sols indépendante (INRA). Ces évaluations montrent que la méthode mise au point fournit des indications de lithologies correctes. L'ensemble de ces développements ouvre des perspectives de mise en œuvre très intéressantes pour la cartographie du régolithe. Leur transposition à l'échelle locale via des levers gamma-spectrométriques de terrain, permet d'envisager des déclinaisons pour des problématiques finalisées aussi variées que, l'aléa à l'érosion, aux mouvements de terrain ou au retrait gonflement des argiles, ainsi qu'à la cartographie de zones vulnérables à l'infiltration à proximité de captages AEP.

Mots-Clés: régolithe, gamma, spectrométrie, cartographie, lithologie, géophysique aéroportée, morphologie

Les minéralisations à Cu et à Pb de la Grande Saule, Falck, Moselle

Elodie Lacroix*[1], Jean Cauzid[2], Mikaël Atton[1], Maryse Delpech[1], Serge Delpech[1], Denis Morin[3], Raphaël Pastor[1], Anne Wilmouth[4]

[1] ERMINA – Archéologie des mines et des techniques – France
[2] Géoressources – Univ. Lorraine, CNRS : UMR7349 – rue Jacques Callot, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy, France
[3] HISCANT-MA – Univ. Lorraine : EA1132 – France
[4] Archeologie, Terre, Histoire, Sociétés (ArTeHiS) – Univ. Bourgogne, CNRS : UMR6298 – 21000 Dijon, France
@ : jean.cauzid@univ-lorraine.fr

Le Warndt appartient à la région Sarro-Lorraine qui forme une entité géologique et géographique homogène et particulière située au Nord du Département de la Moselle entre Saarlouis, au Nord-Ouest, Saint-Avold au Sud et Forbach à l'Est. Ce district se situe le long d'une dépression topographique au sommet de l'anticlinal de Lorraine mettant à l'affleurement les Grès du Buntsandstein. Les minéralisations se retrouvent sur les versants de cette dépression juste en dessous du contact entre le Buntsandstein supérieur (grès des couches intermédiaires) et les grès coquilliers du Muschelkalk. Les minéralisations sont des concentrations de cuivre ou de plomb argentifère. Le socle Varisque sous-jacent comporte également des couches du Westphalien qui ont été exploitées pour le charbon.
L'étude menée dans ce projet pluridisciplinaire regroupe des équipes d'archéologues et de géologues. Les prospections de surface et les explorations souterraines menées par les archéologues ont permis d'inventorier les sites où des minéralisations restent accessibles. Ils apportent par ailleurs une expertise sur les possibilités de prélèvements selon la présence ou non de traces d'exploitation. En accord avec eux, le site de la Grande Saule, situé sur le territoire de la commune de Falck, a été sélectionné pour y effectuer une étude détaillée.
Les possibilités de prélèvement sont extrêmement restreintes compte-tenu des contraintes de protection inhérentes au site inscrit à la Carte Archéologique et classé Natura 2000. La première approche consiste à cartographier et représenter en 3D la topographie souterraine, la lithologie, les données structurales et les minéralisations rencontrées. Pour limiter le prélèvement, l'équipe applique des techniques de spectroscopie portable non-destructives : UV-vis-NIR et XRF.
Le travail en cours porte sur des objets ayant majoritairement conservé les traces d'exploitation s'étalant du Moyen Age à l'Epoque contemporaine. Les premières investigations montrent une ségrégation entre les zones enrichies en plomb qui surplombent les zones à cuivre. Le plomb consiste en un minerai de galène disséminé dans le grès alors que le cuivre est du cuivre oxydé. Le plomb semble n'être présent que sous forme de galène alors que les formes minérales de cuivre sont plus variées : malachite, chrysocolle, azurite et cuprite ont été reconnus.

Mots-Clés: minerai, cuivre, plomb, techniques analytiques de terrain, géomodélisation

Effets des extractions de granulats marins sur les habitats benthiques dans le bassin oriental de la Manche : acquis du GIS SIEGMA "Suivi des Impacts des extractions de granulats marins "

Robert Lafite*[1], Jean-Claude Dauvin[2], Michel Desprez[1,3], Sophie Le Bot[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNIROUEN, UNICAEN, CNRS : UMR6143 – 76000 Rouen, France
[2] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[3] Working Group Extractions (WGEXT) du Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM) – Danemark

Parmi les activités humaines qui ont un effet sur la structure et le fonctionnement des habitats benthiques, les extractions de granulats marins tiennent une place privilégiée notamment dans le bassin oriental de la Manche. Aux sites d'extraction plus anciens et actuels comme ceux de Dieppe, se sont ajoutés des sites d'extraction plus récents (GIE GMO au large à l'ouest de la Baie de Seine en 2012 et GIE GMN dans la partie orientale de la baie de Seine). Afin d'apporter des réponses pour ce type d'activité, tant aux opérateurs (extracteurs), qu'aux usagers (pêcheurs, associations) et à l'administration, le GIS SIEGMA (Groupement d'Intérêt Scientifique "Suivi des Impacts des Extractions de granulats MArins ") a été mis en place en 2003. Il a été constitué dans le cadre d'une démarche de concertation générale associant réflexion publique et privée sur la problématique d'extraction de granulats marins. Il a permis depuis sa création d'améliorer les connaissances sur les impacts de l'activité d'extraction en mer, de mesurer en grandeur et temps réels les conditions d'un développement potentiel de l'exploitation des matériaux, de définir des indicateurs permettant de quantifier les impacts des extractions et de proposer des recommandations dans les modalités d'extractions. Les travaux scientifiques s'appuient notamment sur les recommandations internationales du Conseil International pour l'Exploitation de la Mer (CIEM). Au-delà, des travaux réalisés entre 2004 et 2012, il est préconisé de poursuivre les activités du GIS SIEGMA en proposant de nouveaux questionnements et actions de recherches prenant en compte les préoccupations et enjeux actuels des granulats, mais aussi les cumuls d'impacts avec d'autres activités comme la pêche, les implantations des EMR, les dragages portuaires.

Mots-Clés: extraction, granulats marins, habitats, benthos, Manche

Diversité des conditions thermiques lors de l'exhumation du manteau de la Zone Nord-Pyrénéenne : bilan des contraintes géologiques

Yves Lagabrielle*[1], Pierre Labaume[2], Camille Clerc[3], Michel de Saint Blanquat[4], Abdeltif Lahfid, Alain Vauchez, Bernard Azambre, Philippe Boulvais, Marc Poujol, Marie-Christine Boiron, Serge Fourcade, Benjamin Corre, Landry Marasi, Géraldine Bergamini, Jessica Uzel, Riccardo Asti

[1] Géosciences Rennes – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] Geosciences Montpellier – Univ. Montpellier II – Montpellier, France
[3] Univ. Nouvelle-Calédonie – Nouvelle-Calédonie
[4] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France

Un ensemble de données sur l'environnement géologique des péridotites de la Zone Nord-Pyrénéenne a été obtenu dans le cadre des programmes ANR Pyramid et RGF-BRGM consacrés à l'évolution géodynamique des Pyrénées. Ces données représentent des contraintes indispensables pour l'étude des processus de l'exhumation du manteau, de l'amincissement de la croûte continentale et de sa disparition complète lors de l'ouverture des bassins transtensifs albo-cénomaniens. On y trouve : (1) de nouveaux levés géologiques de détail autour des lherzolites de Lherz-Freychinède-Vicdessos-Bestiac-Prades et d'Urdach-Les Pernes et (2) des analyses multi-méthodes des métasédiments de la couverture prérift et du socle paléozoïque adhérent au manteau : composition des assemblages du métamorphisme HT, températures maximales par spectrométrie RAMAN sur la m.o., fabrique de la calcite par EBSD, inclusions fluides et isotopes stables dans les marbres et veines associées, datations U-Th-Pb in situ. Ces données permettent d'estimer les conditions thermiques lors de la remontée du manteau et de sa mise à l'affleurement. Nous montrons une variabilité remarquable de l'Ouest vers l'Est.
A l'Ouest, le manteau est exhumé à l'Albien sup. - Cénomanien inf. en perçant une couverture mésozoïque prérift qui n'a pas été chauffée à plus de 250°C. La croûte continentale supérieure y est réduite en lames ductiles extrêmement amincies puis cataclasées et remaniées sur le fond ultrabasique avec des fragments de manteau et de la couverture prérift, durant le dépôt du flysch noir. La température augmente au cours du Cénomanien (480°C) dans les zones où le manteau n'a pas été mis à l'affleurement. Le Trias supérieur se transforme profondément (talc-chlorites) et perd sa composante évaporitique. La couverture prérift décollée joue un rôle majeur comme couvercle isotherme, suivi en cela par les flyschs albiens puis cénomaniens.
A l'Est, le manteau perce à travers une couverture chauffée localement à plus de 600°C. Le Keuper y est réduit à quelques décimètres de grès et brèches riches en saphirine. La croûte supérieure a été presque totalement éliminée tectoniquement, mais des granulites sont remaniées à côté des péridotites et des marbres dans les brèches recouvrant le manteau exhumé.
Ces données de terrain représentent les contraintes de base pour construire les modèles d'amincissement crustal. La variabilité mise en évidence (gradient thermique et présence ou absence de croûte profonde remaniée) ne permet pas de proposer un modèle d'amincissement simple et unique. Cependant, toutes ces données indiquent que la croûte moyenne à supérieure se comporte ductilement sous les écrans thermiques de la couverture prérift et synrift, mobiles sur le Keuper. Un modèle de marge passive distale faisant appel à des blocs continentaux rigides de type " extensional allochthons " ne peut s'appliquer ici. Sur la base de ces données géologiques, nous mettons donc en avant un nouveau modèle de type marge distale chaude plus ou moins transtensive.

Mots-Clés: Pyrénées, lherzolites, exhumation, température, marge passive chaude

Caractérisation et valorisation des formations argileuses de la région de Biskra, Algérie

Bachir Lamouri*[1]

[1] Lab. Géodynamique et Ressources Minérales – Dpt. de Géologie – Univ. Annaba, Algérie

Dans le cadre de la valorisation des ressources minérales locales et notamment les formations argileuses on a procédé dans ce travail à la caractérisation des formations argileuses de la région de Biskra-Algérie. Pour cela des échantillons récoltés à travers les affleurements ont été préparés puis analysés par les différentes méthodes d'analyse classiques. Les résultats obtenus ont révélé que ces argiles sont très riches en fraction argileuse, dominée par la Smectite pour les formations d'âge Miocène, et la Palygorskite pour les formations d'âge Eocène.
L'essai de valorisation de ces argiles brutes dans le domaine des matériaux de construction selon le diagramme de Winkler a donné un résultat négatif et leur utilisation est subordonnée à un traitement préalable par ajout d'un dégraissant. Par contre leur valorisation par l'essai d'adsorption du cuivre a montré que la cinétique de fixation est très rapide et que ces argiles ont un pouvoir adsorbant très performant.

Mots-Clés: Biskra, Winkler, fixation, cuivre

Reconstructing the Holocene depositional environments along the northern coast of Sfax (Tunisia): mineralogical and sedimentological approaches

Ali Lamourou*[1], Jamel Touir, Nathalie Fagel

[1] Argiles, Géochimie et Environnements sédimentaires (AGES) – Allée du Six Août, 14 B- 4000 Liège, Belgique
@ : jamel.touir11@gmail.com, nathalie.fagel@ulg.ac.be

A sedimentological and mineralogical study of sedimentary cores allows to reconstruct the evolution of depositional environments along the Northern coast of Sfax (Tunisia). The aim is to identify the factors controlling the sedimentation from the Holocene to the Present. Three 30-m sediment cores collected by drilling at 30 meter water depth were analyzed for their color, magnetic susceptibility signal, grain size distribution by laser diffraction, organic matter content by loss of ignition, carbonate content by calcimetry and mineralogy by X-ray diffraction on bulk powder and clay $<$ 2 mm. The three cores broadly present the same sedimentological and mineralogical features. Microscopical observations of petrographic slides allow to identify 6 main sedimentary facies. Bulk mineralogical assemblages comprise clay minerals, quartz, calcite, gypsum and K-feldspars. The main change concerns the carbonate content that mimics the bioclaste abundance and dilute the detrital minerals (clay minerals, quartz and feldspars). The gypsum mainly occur in the lower sedimentary columns (SC12 and SC9) and in the upper/middle of core SC6. The clay fraction is made by a mixture of kaolinite, illite, smectite and palygorskite with no clear variation through core depth. Both grain-size parameters and magnetic susceptibility profile indicates a sharp transition in the upper 2 to 5 m of the sedimentological columns. Coarse, sandy to gravely, sediments characterized by a low magnetic susceptibility signal are replaced by fine bioclastic-rich clayey sediments. The analysis of vertical succession of depositional facies showed a fluvial depositional environment (coastal plain) basically marked by fluvial channels and inundation plains at the bottom of all cores. Core-top sediments, however, record a littoral marine environment characterized by sand depositions rich in gastropods, lamellibranches and algæ. Depositional facies, sedimentological and mineralogical parameters are consistent with a transition from a continental, fluviatile, depositional environment, with some emersion phases marked by the gypsum precipitation to a marine littoral environment. Such evolution is consistent with a relative sea-level rise which flooded the fluvial system at the coastal plain during the Holocene, in agreement with sea-level fluctuations in southeast Tunisia during the Holocene.

Mots-Clés: northern coast, Sfax Tunisia, depositional environments, facies, fluvial, sea-Level, Holocene

Variabilité spatiale de la fracturation et de la karstification de l'aquifère de surface des Calcaires du Barrois

Philippe Landrein*[1], Sylvain Gigleux[1], Céline Righini[1], Michel Hayet[1]

[1] Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA) – Route Départementale 960, 55290 Bure, France

Les Calcaires du Barrois affleurent largement sur la zone retenue pour l'implantation d'un centre industriel de stockage de déchets radioactifs en couche géologique profonde (projet CIGEO) à la limite de la Meuse et de la Haute-Marne. Cette formation du Jurassique terminal à dominante calcaire et épais d'environ 145 m supporte un aquifère superficiel fracturé et karstifié reposant sur la formation aquiclude des Marnes à Exogyres.
Le suivi hydrogéologique mené depuis plusieurs années a permis de déduire les grandes lignes du fonctionnement hydrogéologique. Il a mis en évidence la présence de niveaux semi-perméables stratifiant l'aquifère. Il a également montré que les aquifères réagissent très rapidement aux pluies, avec des intensités variables selon le lieu.
Afin de comprendre cette variabilité, plus de 100 forages sur une surface d'environ 50 km^2 ont été corrélés sur les bases des diagraphies pour produire un modèle numérique géométrique découpant la formation en 7 unités lithologiques. Sur une surface plus réduite d'environ 10 km^2, une trentaine de ces forages ont été inspecté à l'aide d'une diagraphie vidéo pour visualiser la fracturation et les drains horizontaux ouverts par dissolution, définir l'épaisseur affectée par les processus d'altération depuis la surface et calculer les directions préférentielles de la fracturation. Ces observations ont été complétées par des profils de sismique réfraction et dans une moindre mesure par des profils de résistivité électrique permettant également d'estimer la profondeur de la zone altérée. Les variations piézométriques mesurées en continu au pas de temps de 15 à 30 mn sur 37 piézomètres en réponse à des événements pluvieux, les résultats d'essais Lugeon (mesure du débit d'injection pour différents paliers de pression) sur 7 forages et les résultats de test de pompage ou d'injection sur 3 forages ont été comparés aux caractéristiques de la fracturation.
L'ensemble de ces observations ont permis de proposer un modèle conceptuel de la zone altérée et des voies préférentielles de circulation des eaux météoriques. Ce modèle intègre le rôle prépondérant des niveaux marneux dans l'extension verticale de la zone altérée, le contrôle de cette zone sur la dynamique des réponses piézomètriques à des événements pluvieux et les directions préférentielles de fracturation. Ce modèle constitue un élément de compréhension du fonctionnement hydrogéologique du secteur étudié, des relations entre les eaux de surface et les aquifères superficielles ainsi que des transferts entre les différents compartiments biosphère, sols et hydrosphère. De plus il permettra, à terme, d'établir les bases de fonctionnement sur lesquelles pourront s'appuyer les différentes études liées au suivi environnemental de l'impact d'un projet industriel de grande ampleur (spatiale et temporelle) tel que le projet CIGEO

Mots-Clés: altération de surface, aquifère superficiel, karstification diffuse, piézométrie

Patrimoine, éducation et développement touristique : le liant Géoparc

Christophe Lansigu*[1], Jean-Luc Desbois

[1] PNR Massif des Bauges - Géoparc – FPNR – Av Denis Thermes 73630 Le Chatelard, France
@ : jl.desbois@parcdesbauges.com

Le Parc naturel régional du Massif des Bauges, labellisé géoparc mondial Unesco depuis 2011 s'emploie à donner corps l'une des maximes fondatrices des géoparcs " Célébrer les patrimoines de la Terre, soutenir les communautés locales ". Territoires d'expérimentations, Les géoparcs sont en effet des outils pour relier et donner du sens aux différents champs d'interventions en géosciences. Sensibilisation, préservation et mise en valeur des patrimoines / éducation au territoire et à la gestion des ressources naturelles (potentialités, acceptation) / construction d'une offre touristique originale en prise directe avec les potentialités et spécificités géologiques.
Le patrimoine géologique, qu'il soit de valeur scientifique exceptionnelle ou plus ordinaire et d'intérêt culturel local est, dans un géoparc, une occasion de renouer le lien entre l'homme et la Terre. Il permet de mettre en évidence les liens qui relient l'homme et son environnement, pour permettre aux hommes de mieux trouver leur place, conscient des ressources du territoire, respectueux de ses limites. Une démarche qui met en perspective l'importance des ressources naturelles, l'histoire des dynamiques industrielles qui peuvent lui être liées et les enjeux de développement durable pour les territoires.
La mise en valeur des patrimoines, l'interprétation des paysages et la mise en lumière des connexions directes entre activités humaines et spécificités géologiques permet d'enrichir les pratiques des acteurs locaux et de mieux valoriser des productions locales. Que ce soit par des pratiques sportives éclairées (escalade, canyon, spéléologie, vol libre, randonnées accompagnées...) ou par l'enrichissement du discours des guides du patrimoine, l'appropriation d'éléments de géologie est en cours.
Différentes réalisations concrètes et des démarches de concertation et de formation, font progresser la prise de conscience de ces patrimoines et font naître de nouvelles logiques d'aménagement et de promotion touristique. Elles s'inscrivent dans une logique de géotourisme, qui répond à une attente grandissante du public pour des pratiques touristiques ludiques et intelligentes. Différentes initiatives de ce tourisme expérientiel seront présentées

Mots-Clés: patrimoine, médiation, géotourisme, géoparc, Massif des Bauges

Couplage de la modélisation stratigraphique, diagénétique et sismique pour améliorer la compréhension des systèmes carbonatés

Cyprien Lanteaume*[1,2], Jean Borgomano[1], François Fournier[1], Matthieu Pellerin[2]

[1] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., CNRS : UMR7330 – 3 Place Victor-Hugo 13331 Marseille Cedex 3, France
[2] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau 64018 Pau Cedex, France

Les roches carbonatées sont généralement considérées comme complexes, hétérogènes et très difficile à caractériser en termes de propriétés pétrophysique et d'architecture à partir d'interprétations sismiques.
Nous proposons une nouvelle méthode de travail intégrée de modélisation numérique couplant la sédimentologie, la diagénèse et la géophysique. Cette approche multidisciplinaire permet le partage d'un même modèle par plusieurs spécialités. Ce processus de modélisation est basé sur l'intégration de données hétérogènes et multi-échelles de la lame mince à la sismique en s'appuyant sur des modèles basés processus. L'application de cette boucle de modélisation est destinée à une meilleure compréhension des systèmes carbonatés ainsi qu'une plus grande robustesse de l'interprétation.
Les deux points clés de cette méthode sont 1) le couplage entre la modélisation stratigraphique et diagénétique basée-processus avec la modélisation sismique 2) l'intégration de l'empreinte diagénétique sur la signature pétro-élastique.
La nouvelle approche de modélisation est réalisée en quatre étapes clés 1) La modélisation stratigraphique basée-processus ; 2) La modélisation des processus diagénétiques ; 3) La distribution des propriétés pétrophysiques ; 4) La réalisation de sismique synthétique.
L'application de cette méthode sur des rampes carbonatées montre la pertinence de cet outil pour comprendre les facteurs de contrôles sur l'architecture stratigraphique et l'expression sismique des systèmes carbonatés.

Mots-Clés: modélisation, processus, systèmes carbonatés, sismique synthétique, diagenèse

Architecture stratigraphique de la plateforme carbonatée Urgonienne de Provence : apport et perspectives de la modélisation numérique basée processus

Cyprien Lanteaume*[1,2], Anthony Tendil[1], François Fournier[1], Jean Borgomano[1], Philippe Léonide[1], Camille Frau[3], Matthieu Pellerin[2]

[1] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., CNRS : UMR7330 – 3 Place Victor-Hugo 13331 Marseille Cedex 3, France
[2] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau 64018 Pau Cedex, France
[3] Institut für Geowissenschaften, Ruprecht–Karls–Universität – Im Neuenheimer Feld 234, 69120 Heidelberg, Allemagne

Au Barrémien-Aptien, des rampes carbonatées à rudistes se développent en bordure de la Téthys. Ces rampes carbonatées sont aujourd'hui d'importants réservoirs pétroliers au Moyen-Orient. La compréhension de ces systèmes carbonatés complexes et hétérogènes est généralement basée sur l'étude d'analogues d'affleurements. La formation de l'Urgonien de Provence est un excellent analogue des réservoirs du Moyen-Orient en terme d'âge, de faciès de dépôts, de paléoenvironnements et de propriétés réservoir (Borgomano et al., 2002 ; Léonide et al., 2012). La caractérisation de ces affleurements est souvent réalisée par des corrélations stratigraphiques à partir d'interpolations déterministes et des guides stratigraphiques. La succession de faciès et les cycles de paraséquences sont régulièrement interprétés comme un guide stratigraphique. L'empilement des facies à l'échelle locale (affleurement) est utilisé comme un résultat de processus à l'échelle régionale. Cependant, pour établir ces relations, il faut supposer un lien génétique fort entre le système sédimentaire et l'architecture stratigraphique de l'échelle locale à l'échelle régionale. La modélisation stratigraphique basée-processus offre la possibilité d'estimer l'impact de chacun des paramètres sur l'architecture stratigraphique. Le logiciel DIONISOS développé par l'IFPEN permet de tester plusieurs paramètres comme l'accommodation, le transport, la production carbonatée, la topographie initiale (Granjeon & Joseph, 1999). Dans cette étude, nous proposons une nouvelle méthode de travail pour établir les relations entre le système sédimentaire carbonaté et l'architecture stratigraphique. La méthode de travail s'effectue en quatre étapes clés : 1) l'extraction des paramètres à partir des données d'affleurements et la configuration des paramètres ; 2) La simulation d'un jeu de paramètres ; 3) comparaison du modèle crée en fonction des données (e.g. épaisseur, distribution de faciès) ; 4) itération des simulations en variant les paramètres ou validation du modèle. Cette approche permet de proposer un modèle stratigraphique cohérent avec un ensemble de processus physiques. Les principaux résultats de cette étude sont la mise en évidence du contrôle majeur de la subsidence, du transport et de la production carbonatée sur l'architecture stratigraphique. Le développement de la plateforme à rudistes vers le bassin semble contrôlé par une subsidence différentielle liée à un réseau de faille orientés Nord 120. Les nombreuses simulations numériques ont pour point commun l'export important de matérielle de la plateforme interne vers la pente afin de reproduire la répartition des facies. Ce transport important suppose la présence de clinoformes progradants vers le bassin. Ce travail propose un modèle d'architecture stratigraphique de l'Urgonien de Provence dans les Monts de Vaucluse cohérent avec les processus sédimentaires et permet de discuter la pertinence des corrélations dans les rampes carbonatées.

Mots-Clés: modélisation stratigraphique, plateforme carbonatée, corrélations

Les systèmes sédimentaires continentaux éocènes sur le versant nord-pyrénéen : quelles contraintes pour l'évolution du rétro-foreland pyrénéen ?

Eric Lasseur*[1], Nicolas Loget[2], Johan Miguet[2], Thibault Rueda[1]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 3 Avenue Claude Guillemin 45060 Orléans, France
[2] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – 4, place Jussieu BP CC129 75252 Paris Cedex 05, France
@ : e.lasseur@brgm.fr

Le foreland nord-pyrénéen est lié à la mise en place du rétro-wedge des Pyrénées. L'essentiel de la continentalisation de l'avant-pays nord pyrénéen intervient durant l'Eocène moyen (intervalle Lutétien-Bartonien), phase décrite comme le paroxysme de la convergence Europe-Ibérie. Cette continentalisation est synchrone d'une dénudation importante de la zone source partiellement compensée par la subsidence de l'avant-chaîne. Cette suralimentation provoque un dépôt en masse sur plusieurs centaines de mètres de dépôts fluvio-conglomératiques (série des poudingues de Palassou). Le trajet des sédiments et leur mode de transport entre la zone de piémont et la sédimentation fluviatile puis marine évolue vraisemblablement au cours de la continentalisation du bassin mais reste à caractériser. Cette étude porte sur la partie la plus proximale de ce système continental (entre Lavelanet et le massif du Mouthoumet et sa transition vers le nord) afin de mieux caractériser les transits sédimentaires ainsi que le lien avec les mouvements verticaux de l'avant- chaîne.

L'étude sédimentologique et la corrélation de plusieurs coupes levées montre une évolution selon deux mégaséquences principales marquées par :

- une progradation continue de la première mégaséquence durant l'intervalle Yprésien-Lutétien qui culmine dans le dépôt de système en tresse proximaux. Cette progradation accompagne les premiers systèmes chevauchants et se marque par une première structuration de l'avant pays. Les études antérieures ainsi que nos propres levés montrent une alimentation par des clastes issus des nappes relativement superficielles.
- une période de rétrogradation du système marquée par la mise en place de dépôts lacustres et de plaines d'inondation entrecoupés par des périodes de sheet flood.
- une progradation majeure (bartonien ?) du système s'accompagnant de dépôt type cônes alluviaux qui semble traduire une surrection et une incision du piémont. Cette séquence enregistre également les premières arrivées de matériel provenant de la zone axiale.

L'analyse des profils sismiques disponibles et la corrélation avec les dépôts situés plus au nord de la chaine montrent un partitionnement relativement important des produits d'érosion au cours de ces phases, depuis une première période sous-alimentée fortement contrôlée par la déformation de l'avant pays vers une période de suralimentation durant laquelle les dépôts continentaux scellent les structures préexistantes.

Evolution Crétacé supérieur- Tertiaire du bassin d'Aquitaine Résultats du projet Gaia

Eric Lasseur*[1], Carole Ortega[1], Isabelle Thinon[1], Benoît Issautier[1], Justine Briais[1], Olivier Serrano[1], Renaud Couëffé[1], Sandrine Grataloup[1], Yann Vernhet[1], Guillaume Badinier[1], François Guillocheau[2], Arnaud Wuilleumier[3], Serge Caussade[4]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin 45060 Orléans Cedex 2, France
[2] Géosciences Rennes – Univ. Rennes I – Rennes, France
[3] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – Pessac, France
[4] TIGF – Espace Volta, 40 avenue de l'Europe, 64010 Pau Cedex, France

Le bassin d'Aquitaine constitue au cours du Crétacé supérieur et du Tertiaire le retroforeland de l'orogène pyrénéen. Si la dynamique de la déformation et de la sédimentation du versant sud pyrénéen (proforeland) est bien connue du fait de la qualité d'affleurement et des nombreuses études qui y ont été consacrées, l'évolution du bassin d'Aquitaine, à l'exception d'une remarquable synthèse datant des années 1970 et de travaux plus récents est restée relativement mal connue jusqu'à récemment. De nombreux efforts ont été réalisés ces dernières années pour comprendre la dynamique de son évolution en lien avec l'orogène pyrénéen. Nous présenterons ici les principaux résultats du projet Gaia dont l'objectif est de fournir une caractérisation et un modèle d'écoulement des aquifères crétacés supérieur et tertiaires anté- molasse d'Aquitaine. Il se base en premier lieu sur une mise à niveau de la connaissance géologique du Bassin d'Aquitaine. Basé sur la réinterprétation et la synthèse d'une base de données exceptionnelle constituée en particulier par les profils sismiques, forages et datations biostratigraphiques issus de l'exploration pétrolière, ce projet permet d'actualiser la connaissance de l'évolution du bassin d'Aquitaine du Crétacé supérieur à l'Eocène supérieur. Les principaux apports sont :
- Une restitution de la distribution 3D des épaisseurs au cours des grandes étapes de l'évolution du bassin. (intra-Crétacé supérieur, Paléocène, Yprésien, Lutétien- Bartonien) permettant de retracer l'évolution de la dynamique du bassin.
- Une amélioration du calage temporel et du style de la déformation de l'avant pays.
- Une restitution des géométries et de la dynamique sédimentaires au cours de ces étapes, en lien avec la déformation et l'arrivée des produits d'érosion de la chaîne en cours d'édification.
Couplé à l'enregistrement connu dans la chaine pyrénéenne et compilée avec les données précédentes, cette synthèse permet une meilleure compréhension de la dynamique du retroforeland en réponse à l'évolution de l'orogène pyrénéen. En particulier, ces résultats permettent de contraindre les premières déformations compressives d'âge Crétacé supérieur au début de la convergence Ibérie-Eurasie, la dynamique du bassin durant le Paléocène, la réponse des systèmes sédimentaires et l'évolution du bassin flexural au cours de l'Eocène, le comblement progressif et l'enregistrement dans l'avant pays de la phase paroxysmale de la convergence Ibérie-Eurasie.

Mots-Clés: Bassin d'Aquitaine, retroforeland, Crétacé supérieur, Tertiaire, géométries sédimentaires

Evidence and facies recognition of various deep-sea processes in Chalk : The Turonian-Campanian of Flamborough head (UK)

Eric Lasseur*[1], Ophélie Faÿ-Gomord[2], Bruno Caline[3]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – France
[2] Katholieke Universiteit Leuven (KUL) – Celestijnenlaan 200D, BE-3001 Heverlee, Belgique
[3] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau 64018 Pau Cedex, France

The Flamborough Head cliffs (Yorkshire, UK) are an outstanding chalk outcrop which covers stratigraphically the whole Upper Cretaceous, from Albian to Campanian. They offer an exposure of deep-sea chalks uplifted during tertiary inversion. These outcrops are likely to be good analogs of chalk deposits of the North Sea, where depositional facies are mainly inferred from seismic images and a few published core descriptions. A detailed sedimentological study has been carried out on Turonian to Campanian sections, including macro- and microscopic observations. Sedimentary features are particularly well preserved allowing the recognition of different depositional processes.
All deposits are fine grained (muddy) carbonates composed of a dominant proportion of coccoliths and microfauna. Larger size grains include both reworked bioclasts (mainly echinoderms and foraminifera) and "in-situ" to slightly reworked faunas (inoceramid, sponges). Three main facies associations were identified:
1- Turbidites facies are massive pluridecimetre thick beds with sharp bases. Their base is coarser with sand size bioclasts and is grading upward to finer grained even-laminated decimeter- thick horizons. These beds correspond to the classical ab terms of the Bouma sequence. The terminal terms (Tcde) are typically absent. They are usually not bioturbated, except at their top.
2- Bottom-current related facies are abundant but do not correspond to the ideal contourite facies model. They are frequently plurimetre-thick packages composed of thinly laminated beds. Planar even and undulating laminations are frequent. Current ripples also occur. Meter-thick bioclastic and intensely bioturbated horizons may be intercalated. Ichnofacies are there typically more diverse. At larger scale, beds packages show internal organization with compensation. These facies are likely to be deposited within large contourite drifts.
3- Hemipelagites are intensely bioturbated mudstones with rare faunas (few sponges and inoceramids) which do not show any evidence of currents reworking.
Turbidites and contourites facies are frequently associated, the formers being probably reworked by bottom currents. This study proposes criterions to recognize different deep-sea chalk facies, applicable both on outcrops and cores. It gives keys to refine our knowledge of the palaeogeography, slope processes and bottom currents dynamic of the North-sea chalk deposits and associated potential reservoirs.

Mots-Clés: deep sea chalk, turbidites, contourites, North Sea, Flamborough Head

A new set of Pitzer interaction parameters to describe solution properties and solid-liquid equilibria in the Li-Ca-Cl-H2O system at 298.15 K

Arnault Lassin*[1], Anne-Laure Thadée[1,2], Adeline Lach[1], Laurent André[1], Sylvain Guignot[1], Jean-Paul Serin[2], Pierre Cézac[2]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin 45060 Orléans Cedex 2, France
[2] Lab. de Thermique Energétique et Procédés (LATEP) – Univ. Pau Pays de l'Adour : EA1932 – BP 1155, 64013 Pau, France

The Li-Ca-Cl-H2O system has been described in previous works using different modelling approaches [1-3], including the Pitzer equations [4]. These models are self-consistent but cannot be combined with recent developments aiming at describing larger chemical systems such as H-Li-Na-K-Cl-OH-H2O [5,6]. The objective of the present work is thus to develop a new set of Pitzer interaction parameters for the Li-Ca-Cl-H2O system consistent with these latter models, at 298.15 K. This task was done in two steps. First, the description of the Ca-Cl-H2O subsystem has been extended to the metastable super-saturation region by refining the recent model of Lach [7] using the osmotic coefficient data selected by [8]. Then, using osmotic coefficient or water activity data for LiCl-CaCl2 mixtures [9,10] and solubility measurement data [10-12], the new set of specific interaction parameters and solubility products has been determined. Both types of data can be reproduced satisfactorily (see figure below) using the geochemical code PhreeSCALE [13], and it is now possible to envision the extended description of the H-Li-Na-K-Ca-Cl-OH-H2O chemical system at 298.15 K.

[1] Christov C., Velikova S. and Ivanova K. (2000) *J. Chem. Thermod.* 32, 1505-1512.
[2] Zeng D., Xu W., Voigt W. and Yin X. (2008) *J. Chem. Thermod.* 40, 1157-1165.
[3] Meng L., Li D., Deng T. and Guo Y. (2014) *Acta Geol. Sinica* 88, 356-358.
[4] K.S. Pitzer, *Activity coefficients in electrolyte solutions*, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, 1991
[5] Lassin A., Christov C., André L. and Azaroual M. (2015) *Amer. J. Sci.* 315, 204-256.
[6] Lach A., André L., Lassin A., Azaroual M., Serin J.-P. and Cézac P. (2015) *J. Sol. Chem.* 44, 1424-1451.
[7] Lach A. (2015) Ph.D. Thesis, Univ. Pau Pays de l'Adour.
[8] Rard J.A. and Clegg S.L. (1997) *J. Chem. & Engin. Data* 42, 819-849.
[9] Filippov V.K. and Mihelbson K.N. (1977) *Zh. Neorg. Khim.* 22, 1689-1694.
[10] Long G.-M., Yao Y., Wang F.-Q. and Wang R.-L. (1999) *Wuli Huaxue Xuebao* 15, 956-960.
[11] Shevchuk V.G. and Vaisfeld M. (1967) *Zh. Neorg. Khim.* 12, 1064-1069.
[12] Shepelev A.I. (1962) *Ser. Khim. Nauk* 57
[13] Lach A., Boulahya F., André L., Lassin A., Azaroual M., Serin J.-P. and Cézac P. (2016) *Comput. Geosci.* 92 (2016) 58–69

Mots-Clés: lithium, brines, Pitzer, LiCl, CaCl2, mixed electrolytic system

Hydrodynamics of ore deposits related to granitic intrusion : application to the Panasqueira Sn-W deposit (Portugal)

Gaetan Launay*[1], Stanislas Sizaret[2], Laurent Guillou-Frottier[1], Eric Gloaguen[1], Jérémie Melleton[1], Michel Pichavant[2], Rémi Champallier[2]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin 45060 Orléans, France
[2] Univ. Orléans – Orléans – France

The world-class Panasqueira Sn-W deposit consists of a dense network of flat veins concentrated at the proximity of a hidden greisen apex directly observable in underground operations and which has been intersected by drill holes. The W-bearing veins have variable widths and they both crosscut the greisen cupola and the nearly vertical foliation of the metasedimentary country rocks. Previous studies (Thadeu 1979) have suggested that the Panasqueira deposit is related to magmatic activity for which the most part is unexposed and being only represented by the greisen cupola. Hydrothermal fluid circulation during the final stages of granite crystallisation has probably led to greisenisation of the cupola and to the deposition of the mineralization in the veins system.

However, this view has been challenged notably by Polya (1988) who showed that the Nb content of wolframites depends on their distance relative to the main faults. This would tend to indicate that the hydrothermal circulation is mostly controlled by faults and not by the cupola.

The aim of this study is therefore to constrain mechanisms of hydrothermal fluid circulations that ultimately leads to the mineralized vein network at Panasqueira. To do so, field-based approaches, experimental studies and numerical modelling will be combined. Hydrothermal circulation in the granitic cupola is studied by focusing on the permeability changes associated with hydrothermal alteration of the granite. This is investigated by petrological study and experimental determinations of permeability for different granite alteration levels.

The upper part of the granite consists in massive greisen which results in the pervasive alteration of the granite by hydrothermal fluid along the granite-schist contact. The greisenisation can also occur along fracture planes in the deeper part of the unaltered granite. The greisen consists mainly of quartz and muscovite with associated sulphides and hydrothermal apatites. Muscovites which compose the greisen result in the replacing of feldspars of the fresh granite. Otherwise, greisen is generally vuggy which suggests an increase of the granite porosity during hydrothermal alteration processes. This porosity increase has a positive effect on the permeability of the granitic system. Indeed, first experimental measurements of permeability with the Paterson press suggest that the unaltered granite is impermeable whereas the greisen is highly permeable. Moreover, the presence of apatite and sulphides in some vuggs suggest that the neoformed porosity participate and enhance the circulation of the hydrothermal fluids in the granite. These results suggest a positive feed-back loop between greisenisation and fluid circulation. This working hypothesis, currently being tested by numerical modelling, is tentatively proposed in order to explain the focusing of hydrothermal fluids within granitic apexes.

Mots-Clés: Greisen, hydrothermal alteration, permeability changes, focalization of hydrothermal fluid

The deep crustal structure of the Lesser Antilles Island arc from wide-angle seismic modelling

Muriel Laurencin*[1], Frauke Klingelhoefer[2], Boris Marcaillou[3], David Graindorge[1], Mikaël Evain[2], Jean-Frédéric Lebrun[4]

[1] IUEM (Institut Universitaire Européen de la Mer) – Univ. Bretagne Occidentale [UBO], UMR 6538 – pl. Copernic, 29280 Plouzane, France
[2] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Technopôle Brest Iroise - BP 70 - 29280 Plouzané, France
[3] Géoazur – Univ. Nice Sophia Antipolis, INSU, Obs. Cote d'Azur, IRD – 250 rue Albert Einstein Les Lucioles 1, Sophia Antipolis 06560 Valbonne, France
[4] UMR Géosciences Montpellier à Univ. Antilles Guyane (GM - UAG) – Campus de Fouillole, 97159 Pointe à Pitre, Guadeloupe

One of the goals of the Antithesis cruises (2013 and 2016), was the study of the deep structure of the lesser Antilles subduction zone in order to quantify its seismic hazard, deep structures associated to the subduction and the nature of the crust. Four combined wide-angle and multi-channel seismic profiles were acquired between Barbuda and the Virgin Islands using 30 ocean bottom seismometers, a 4.5 km digital streamer and a 7200 cu. inch seismic source. Forward modelling of the wide-angle seismic data reveals the deep structure of the subduction zone in the study area. All models were additionally constrained using gravity modelling and synthetic data calculations. Three of the wide-angle seismic profiles have been additionally modelled using a three dimensional tomographic approach in order to constrain lateral variations of the crustal structure as well as the downgoing plate. Here, the subducting Atlantic oceanic plate is about 5-7 km thick, and can be modelled by one single layer along all four profiles. The dip angle of the subducted plate varies from the south to the north, probably a result of the increasing obliqueness of the subduction system. Sedimentary thickness on the oceanic plate is low with maximal some hundreds of meters of sediments at the trench in the south.

The thickness of the sedimentary layers of the accretionary prism is ~5 km in front of Antigua and decreases toward the north. The ~18-km-thick Caribbean crust at the arc is subdivided in 2 or 3 layers interpreted as the middle crust. It is overlain by a 2-to-4-km-thick layer with velocities ranging from 4.5 to 5.5 km/s that might correspond to volcanic products, an upper crustal layer or high velocity sediments, which might correspond to a carbonate platform. The velocities in the lower crustal layer reach 7.4 km/s probably corresponding to mafic rocks and plutons. The velocities in the upper mantle were constrained to be 8.00-8.20 km/s along most profiles underneath the arc as well as underneath the oceanic crust, thereby excluding the existence of extensive serpentinisation of the mantle through water entering the subduction zone.

For comparison, a wide-angle seismic profile about 150 km to the South in the vicinity of Guadeloupe Island shows a higher sedimentary thickness at the accretionary wedge. However, the crustal thickness and the slab geometry are similar with the profile in front of Antigua. It indicates that the slab geometry might be homogeneous along this segment.

Mots-Clés: Lesser Antilles, wide, angle seismic, modelisation

Relations entre la subduction de la plaque nord-américaine et le Passage d'Anegada ; structure de la marge NE de la plaque Caraïbes

Muriel Laurencin*[1], David Graindorge[1], Boris Marcaillou[2], Jean-Frédéric Lebrun[3]

[1] IUEM (Institut Universitaire Européen de la Mer) – Univ. Bretagne Occidentale [UBO], UMR 6538 – pl. Copernic, 29280-PLOUZANE, France
[2] Géoazur – Univ. Nice Sophia Antipolis, INSU, Obs. Cote d'Azur, IRD – Bât 1, 250 rue Albert Einstein Les Lucioles 1, Sophia Antipolis 06560 Valbonne, France
[3] UMR Géosciences Montpellier à Univ. Antilles (GM - UA) – Campus de Fouillole, 97159 Pointe à Pitre, Guadeloupe

Dans les Petites Antilles, la convergence des plaques nord-américaine et caraïbe génère une subduction sub-perpendiculaire à la marge face à la Guadeloupe, et qui devient fortement oblique vers les Grandes Antilles à partir du nord des Iles Vierges. Dans cette zone de transition, le Passage d'Anegada est une structure SW-NE transverse à la marge qui s'étend à travers l'arc et l'avant arc. Il est composé d'une série de bassins, de failles et de rides, organisés en échelon. Malgré la publication dans le passé de plusieurs modèles tectoniques, différents et peu compatibles, la mise en place, la déformation tectonique passée et actuelle du Passage restent énigmatiques, notamment en raison de l'absence de données d'imagerie profonde.

Au cours des campagnes Antithesis 1 et 3 (2013 et 2016), nous avons acquis les premières données d'imagerie sismique et complété la carte bathymétrique du bassin de Sombrero jusqu'à la fosse des Petites Antilles. Ces données éclairent plusieurs questions fondamentales. Comment le Passage d'Anegada se propage-t-il vers le front de la marge au NE ? Quelles sont les structures et la déformation de cette zone ? En quoi cette tectonique éclaire-t-elle la déformation passée et actuelle du Passage d'Anegada dans son ensemble.

Le bassin de Sombrero d'extension E-W se prolonge vers le nord-est par un second bassin en échelon à gauche et plus modeste, le bassin de Malliwana. Ces bassins sont bordés de failles décrochantes E-W organisées aussi en échelon à gauche formant des structures en fleurs négatives selon des directions parallèles aux bordures de bassins. Les bassins sont parfois recoupés de failles WNW-ESE qui développent des structures en fleurs positives à la manière d'inflexions transpressives comme au NE du bassin de Malliwana. Ces structures se prolongent vers l'est jusqu'au front de la marge et qui est séparé du prisme par une faille décrochante sénestre, parallèle à la fosse, appelée la faille de Bunce. Cette dernière est le témoin du partitionnement au front de la marge. L'organisation générale de ces structures est compatible avec un ellipsoïde de déformation en cisaillement de direction NW-SE. Cette orientation est proche de celui de la faille de Bunce, ce qui traduirait aussi le partitionnement de la déformation le long de ces structures.

Cependant, la formation de ces structures de telles dimensions et emprises ne semblent pas être totalement liées qu'au partitionnement de la déformation. Une interprétation du remplissage sédimentaire du bassin de Sombrero permet de proposer de manière cohérente que la vigoureuse déformation tectonique passée soit actuellement faible. Ce faisceau convergent d'arguments suggère que le Passage d'Anegada se soit formé au cours d'une phase tectonique majeure passée, peut-être liée à la collision du banc des Bahamas.

Mots-Clés: Petites Antilles, subduction, sismique réflexion, Anegada

Evaluation de la vulnérabilité des aquifères littoraux de Basse-Normandie aux intrusions salines en contexte de changement climatique

Alexandra Laurent*[1], Nolwenn Croiset[2], Charlotte Bourgault[3]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – Hérouville-Saint-Clair, France
[2] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – Orléans, France
[3] Agence de l'eau Seine-Normandie (AESN) – Hérouville-Saint-Clair, France
@ : a.laurent@brgm.fr

L'intrusion d'eau salée est un phénomène naturel, définie comme le déplacement et le maintien d'eau salée dans un aquifère d'eau douce. L'intensité de l'intrusion dépend de plusieurs facteurs, notamment de la nature de l'aquifère, mais elle peut être amplifiée par des prélèvements d'eau souterraine ou encore par une élévation du niveau marin dans un contexte de changement climatique. Les intrusions salines vont modifier la composition chimique de l'eau douce (augmentation des chlorures) et engendrer des conséquences sur les usages directs de l'eau (alimentation en eau potable, agricole) et indirects (écosystèmes terrestres et aquatiques). En France, l'étude de Dörfliger (2011) sur la vulnérabilité des aquifères côtiers métropolitains aux intrusions salines a mis en évidence de nombreux secteurs fortement sensibles à ce phénomène, notamment les côtes du Calvados. Suite à ce constat et afin de répondre aux exigences de la DCE, l'Agence de l'eau Seine-Normandie et le BRGM se sont associés pour financer une étude spécifique sur le littoral bas-normand (environ 450 km), lequel présente des aquifères côtiers variés d'un point de vue lithologique (socle, sédimentaire) et dont les modes et les degrés d'exploitation différent selon les secteurs et les usages concernés. Mené par le BRGM, ce projet s'inscrit dans la poursuite du travail de recensement des phénomènes d'intrusions salines et d'identifications des zones les plus à risques. Les objectifs sont les suivants :

- Synthèse bibliographique des données hydrogéologiques, hydrochimiques et réalisation de coupes géologiques transversales à la côte.
- Identification et cartographie des secteurs à enjeux.
- Utilisation du modèle maillé hydrodynamique de la plaine de Caen et du bassin de la Dives (Wuilleumier, 2013) pour l'identification des secteurs vulnérables à la montée du niveau marin et aux intrusions salines associées.
- Cartographie des secteurs potentiellement sensibles et recommandations pour la mise en place de dispositifs de suivi des intrusions salines.

Les premiers résultats ont permis de montrer la variabilité de la chimie des eaux et notamment de la conductivité en fonction des concentrations en chlorures selon les différentes entités hydrogéologiques et leur relation avec les eaux marines. A partir d'un modèle maillé couplé à un modèle analytique en 2D, plusieurs scénarios ont pu être testés afin de calculer l'évolution de la profondeur et de la distance à la côte de l'interface eau douce – eau salée. La solution analytique choisie représente la position de l'interface eau douce-eau salée de façon simplifiée, et permet d'estimer des ordres de grandeur par type d'aquifère et par secteur de l'évolution des niveaux piézométriques et de la position du biseau salé vis-à-vis de l'élévation du niveau de la mer et des variables climatiques (température et précipitations) selon les scénarios d'émission de gaz à effet de serre RCP2.6 et RCP8.5 (GIEC, AR5, 2014).

Mots-Clés: intrusions salines, hydrogéologie, Basse-Normandie, biseau salé, hydrochimie

Modélisation stratigraphique 3D de l'éventail turbiditique du Congo depuis 200 ka : vers une hiérarchisation des facteurs de contrôle de la sédimentation

Dimitri Laurent*[1], Marie Picot[2], Tania Marsset[1], Laurence Droz[2], Marina Rabineau[2], Didier Granjeon[3]

[1] Geosciences Marines (GM) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Centre Bretagne - ZI de la Pointe du Diable - CS 10070 - 29280 Plouzané, France
[2] Domaines Oceaniques – CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
[3] IFP Energies Nouvelles (IFPEN) – 1-4, av. de Bois-Préau, 92852 Rueil-Malmaison Cedex, France

Si la géométrie et le fonctionnement interne des systèmes turbiditiques sont aujourd'hui relativement bien contraints, la contribution relative des facteurs autogéniques (compensation topographique, dynamique des courants dans les chenaux, ...) et allogéniques (tectonique, eustatisme, climat) contrôlant leur évolution architecturale ne fait pas l'objet d'un consensus.
L'architecture du système turbiditique quaternaire du Congo est régie par une succession de cycles de progradation/rétrogradation des dépôts suggérant un contrôle non aléatoire (Picot *et al.*, 2016). Un forçage externe a été proposé par la corrélation des cycles sédimentaires aux variations de la mousson africaine ainsi qu'à des changements de décharges sédimentaires fluviatiles calés sur les transitions glaciaires/interglaciaires (Picot, 2015).
A la lumière de ces résultats, l'objectif de cette étude est de modéliser et hiérarchiser les facteurs internes et externes régissant, dans le temps et l'espace, l'évolution architecturale de ces dépôt-centres depuis 200 ka. Ce travail constitue le premier essai de modélisation stratigraphique de l'éventail turbiditique quaternaire du Congo. Le logiciel *Dionisos* (IFP-EN) est utilisé afin de simuler le transport sédimentaire ainsi que l'architecture 3D d'unités sédimentaires en fonction des paramètres externes définis.
Les résultats préliminaires confirment que la compensation topographique n'est pas le seul contrôle en jeu et que la mise en place de cycles de progradation/rétrogradation des dépôt-centres nécessite une variation au cours du temps du flux sédimentaire en provenance du bassin versant. Le travail en cours déterminera la nature des forçages externes impactant ces changements de flux. En particulier sera abordée l'influence sur les apports continentaux (i) des variations saisonnières du débit fluviatile, (ii) du cycle de la mousson africaine (précession des équinoxes) et enfin (iii) des périodes glaciaires et interglaciaires.
Cette modélisation Source to Sink permettra *in fine* de proposer un modèle dynamique de mise en place de l'éventail turbiditique du Congo en privilégiant le lien entre les processus opérant à terre et les transferts sédimentaires dans le bassin.

Picot, M. (2015). Cycles sédimentaires dans le système turbiditique du Congo : nature et origine (Thèse de doctorat, Univ. Bretagne Occidentale).

Picot, M. et al., (2016). Controls on turbidite sedimentation: Insights from a quantitative approach of submarine channel and lobe architecture (Late Quaternary Congo Fan). Marine and Petroleum Geology, 72, 423-446.

Mots-Clés: Congo, bassin sédimentaire, Quaternaire, système turbiditique, sismique, modélisation stratigraphique, logiciel Dionisos

Enregistrement sédimentaire de la transgression albienne sur la plate-forme néritique constantinoise, le cas du Djebel Felten Sud ouest de Constantine nord est Algérie

Ouided Laziz*[1]

[1] Univ. Constantine – Ain Elbay Constantine, Algérie

La transgression albienne a largement marqué la sédimentation du haut fond constantinois. Dans le massif du Djebel Felten, situé sur la partie centrale de cette plate-forme, se développe une série albo-aptienne dépassant 200 m d'épaisseur. L'Aptien, essentiellement carbonaté, est riche en orbitolines et se termine par des lumachelles à huitres fortement ferruginisées. Le passage Aptien - Albien, marqué par une surface durcie, est surmonté par des nivaux conglomératiques dépassant 5 m. Au-dessus de cet intervalle conglomératique (intervalle transgressif) se développent des marnes verdâtres albiennes, qui montrent une riche association de foraminifères benthiques et des échinodermes. L'analyse des faciès et des microfaciès nous a permis de proposer une sédimentation de rampe à barres bioclastiques. durant l'Aptien, la sédimentation était essentiellement lagunaire et interrompu par plusieurs surfaces d'émersions. L'arrivée de la mer albienne a enregistré un prisme transgressif conglomératique riche en phosphates .La transgression albienne est accentuée pour installer des marnes verdâtres profondes caractérisant un prisme de haut niveau marin.

Mots-Clés: Felten, transgression albienne, intervalle transgressif, plateforme néritique

Géométrie des failles normales et stratigraphie mécanique

Alexandre Le Bacquer*[1], Thierry Nalpas[1], William Vetel[2], Jean-François Ballard[2], Xavier du Bernard[2]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France
[2] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau 64018 Pau Cedex, France

La déformation extensive et la géométrie des failles normales dans les bassins sédimentaires sont influencées par la stratigraphie mécanique. Les roches compétentes accommodent la déformation de façon fragile, tandis que les roches incompétentes accommodent la déformation de façon plus ductile. En contexte extensif à faible quantité de déformation, la géométrie d'une faille normale est alors contrôlée par la rhéologie des roches de la pile stratigraphique qu'elle affecte. L'impact de la stratigraphie mécanique sur le développement/dimensionnement des failles a jusqu'alors été peu étudié.
Afin d'apporter de nouvelles contraintes sur ce thème, cette étude se base sur une approche multi- échelle comprenant 1/ des données acquises lors d'une campagne de terrain en Espagne, 2/ l'interprétation de deux blocs de sismique 3D (Angola, Nigéria) et 3/ des résultats d'expériences de modélisation analogique. La synthèse des données sur un diagramme log/log amène à proposer une loi de dimensionnement selon laquelle la longueur du plat (Lp) est sensiblement égale à l'épaisseur de la formation incompétente (Ed) dans laquelle elle se met en place (Lp=kEd). Le facteur k représente alors les paramètres mécaniques et contextuels faisant varier le rapport Lp/Ed (compaction, pression fluide, taux de déformation, ...). De plus, sur la base de cartes de rejet, cette étude démontre l'implication de la présence des plats sur la distribution latérale et verticale du rejet le long du plan de faille. Il apparait que le rejet d'un segment de faille compris entre deux plats est systématiquement moins fort. Enfin, cette relation directe entre rejet et plat engendre la formation de structures comme des plis et/ou des failles antithétiques. L'observation de ces géométries, n'étant pas caractéristiques d'un domaine extensif, peut alors mener à de fausses interprétations quant à la nature des failles qui les engendrent - failles inverses ou décrochantes - ou sur la nature de la déformation - décrochement ou inversion.
Au final, cette étude propose un modèle de croissance de failles dans un volume de roches dominé par des alternances rhéologiques fragile/ductile avec Lp/Ed =1. Le diagramme log/log présente plusieurs domaines : l'un à déformation purement fragile (Lp/Ed $<>$ 1), avec formation de plats.

Mots-Clés: stratigraphie mécanique, faille normale segmentée verticalement, variation du rejet, plats

Dynamique de comblement d'un estuaire mégatidal (Baie de Somme) : marqueurs sédimentaires, morphologiques et dynamiques, bilans volumiques et marqueurs d'évolution du trait de côte

Sophie Le Bot*[1], Charlotte Michel[1], Flavie Druine[1], Stéphane Costa[2], Franck Levoy[3], Carole Dubrulle-Brunaud[3], Robert Lafite[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNIROUEN, UNICAEN, CNRS : UMR6143 – 76000 Rouen, France
[2] Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géophen) – Normandie Univ, UNICAEN, CNRS : UMR6554 – Campus 1 Esplanade de la Paix - BP 5186 14032 CAEN Cedex 5, France
[3] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France

A l'image de nombreux estuaires en Manche (Tessier et al., 2011), la Baie de Somme est en cours de comblement par des sables d'origine marine (Dupont, 1981) et des bioclastes issus d'une production benthique endémique (Desprez et al., 1998). La poldérisation (Bastide, 2011) et l'élévation du niveau de la mer augmentent le processus d'accrétion naturelle induisant d'importantes modifications d'usages du milieu (e.g. pêcheries, navigation).
L'évolution du trait de côte a été quantifiée sur la base de différents marqueurs (e.g. pied des dunes littorales et du cordon de galets, limite de végétation) et montre la progradation du trait de côte sur les dernières décennies (Michel, 2016), qui souligne le comblement de la baie, estimé par Latteux (1998) à 700 000 m3/an pour une élévation moyenne des fonds de 1,8 cm/an.
En domaine intertidal, des marqueurs sédimentaires, morphologiques et dynamiques ont été définis, sur la base de données de sédiments superficiels et de LiDAR topographique aéroporté, afin d'établir une zonation du domaine intertidal de la Baie de Somme (Michel et al., soumis). Des bilans sédimentaires volumiques, assortis de calculs d'incertitudes, ont été établis à partir des données de LIDAR aéroporté acquises entre 2011 et 2013, à pas de temps saisonnier à bisannuel, pour chaque zone morpho-sédimentaire, permettant ainsi d'obtenir une information spatialisée sur la dynamique du comblement du domaine intertidal de la baie (Michel, 2016). Le comblement est estimé à 4 cm/an en moyenne sur la période 2011-2013, soit plus de deux fois plus élevé qu'au cours des dernières décennies. Ce comblement se situe à des stades différenciés selon la localisation dans la baie (Michel, 2016) : (i) comblement effectif dans les schorres (vitesse estimée entre 0,6 et 4,5 cm/an d'après les données de Bertel, 2012, et de Le Bot *et al.*, 2012, 2015) et la partie haute reliant l'estuaire de la Maye au Crotoy (vitesse de comblement moyenne très faible : 1,8 cm/an), (ii) comblement en cours de finalisation (vitesses de comblement actuelles faibles : 3,2-3,4 cm/an) dans les secteurs internes nord, et (iii) comblement actif en cours (vitesses moyennes de 2,7 à 10,4 cm/an) dans les secteurs externes de la baie. On observe donc un gradient large/fond de baie de la dynamique de comblement de la Baie de Somme. Seul un secteur, situé sur le front de delta au sud de la baie, se caractérise plutôt par une érosion estimée à 9,3 cm/an en moyenne.
(les données de LIDAR aéroportées ont été acquises par l'équipe CIRCLE (M2C), avec le soutien de la Région Picardie, du FEDER, de la FR CNRS 3730 SCALE et du SNO DYNALIT).

Mots-Clés: estuaire, mégatidal, comblement, bilan sédimentaire, intertidal, trait de côte

Flux sédimentaires et réponse morphodynamique des fonds en Manche Est : influence des marées et des houles sur les dunes hydrauliques subtidales et intertidales

Sophie Le Bot*[1], Yann Ferret[1,2], Charlotte Michel[1], Thierry Garlan[2], Julien Deloffre[1], Arnaud Héquette[3], Robert Lafite[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ., UNIROUEN, UNICAEN, CNRS : UMR6143, Normandie Univ – 76000 Rouen, France
[2] Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) – Ministère de la Défense – 13 rue du Chatellier 29200 BREST, France
[3] Lab. d'Océanologie et de Géosciences (LOG) – Univ. Lille I, CNRS : UMR8187, Univ. Littoral Côte d'Opale – 28 av Foch 62930 Wimereux, France

Les dunes hydrauliques constituent des objets sédimentaires qui enregistrent les événements majeurs d'érosion-dépôt de la dynamique sédimentaire actuelle.
En Manche Orientale, les fonds sédimentaires subtidaux et intertidaux sont largement couverts de dunes hydrauliques, de dimensions et de granulométrie variées, structurées par le transport sédimentaire, induits par les puissants courants de marée (régime macro à mégatidal) et les vagues levées par le vent (mer du vent). Le prisme sédimentaire picard, subtidal, constitue un stock de sédiments sablo-graveleux, modelé de bancs tidaux, eux-mêmes recouverts de grandes à très grandes dunes hydrauliques (Ferret et al., 2010). Il participe à l'alimentation des estuaires picards, qui sont en phase de comblement, et en particulier à celui de la Baie de Somme dont le domaine intertidal est également couvert de petites à moyennes dunes hydrauliques (Michel, 2016).
La réponse morphodynamique de ces dunes hydrauliques aux flux sédimentaires et forçages hydrodynamiques (mortes-eaux vs vivez-eaux, période calme vs agitée) est analysée. Une synthèse est proposée en fonction de la dimension des dunes et des conditions des forçages hydrodynamiques, variables entre les domaines sub- et intertidaux.
(les travaux ont été menés avec le soutien de : DGA, Région Haute-Normandie, FR CNRS 3730 SCALE, INSU-CNRS projet EC2CO FORSOM)

Mots-Clés: dunes hydrauliques, transport sédimentaire, flux sédimentaires, morphodynamique, Manche, marée, houle

Becklesia maulnyi sp. nov.: A new cycadean species from the Lower Oxfordian (Upper Jurassic) of Écommoy (Sarthe, NW France)

Matthieu Le Couls*[1], Jason Hilton[2], François Guillocheau[1], Nicolas Morel[3], Philippe Courville[1]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu, CS 74205, 35042 Rennes Cedex - France
[2] School of Geography, Earth and Environmental Sciences, University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham, B15 2TT, United Kingdom
[3] Musée Vert, 204 avenue Jean Jaurès, 72100 Le Mans, France
@ : matthieu.lecouls@univ-rennes1.fr

Plant macrofossil remains of *Becklesia* Seward 1895 emend. Watson and Cusack 2005, a rare genus of extinct cycad, have been known for over a century from Great Britain and Libya. Historically the genus was poorly characterised leading to many fossil cycads that resembled *Becklesia* being placed in other genera including *Cycadites* and *Paracycas*. We describe here a new species, *B. maulnyi* sp. nov., from an exceptional and almost complete cycad specimen housed for two hundred years in the collections of the Musée Vert of Le Mans. The specimen comprises the apex of a stem bearing petiolate and pinnate leaves with thin and widely separated leaflets, which possess two prominent abaxial stomatal grooves that are characteristic of the genus *Becklesia*. We reassign three other French cycad fossils previously described under different generic names to *Becklesia*. Finally, we briefly discuss the geographical and stratigraphical implications of the genus and also consider presence of entire cycads in the fossil record.

Mots-Clés: Cycads, *Becklesia*, Oxfordian, Upper Jurassic, Sarthe, NW France

Tectonique extensive tertiaire à l'extrémité occidentale du Massif armoricain. Les blocs tiltés d'Ouessant et de Molène

Bernard Le Gall[1], Christine Authemayou*[1], Axel Ehrhold[2]

[1] Domaines Océaniques (LDO) – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS : UMR6538 – 29280 Plouzané, France
[2] Géosciences Marines (GM) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – ZI de la Pointe du Diable - CS 10070 - 29280 Plouzané, France
@ : bernard.legall@univ-brest.fr

La géométrie 3D du plancher sous-marin de l'archipel de Molène (Ouest Bretagne) est imagée de façon exceptionnelle, sur une surface d'environ 200 km^2, grâce aux nouvelles données alti-bathymétriques de l'IFREMER et du SHOM. Sur ce MNT, le toit du substratum hercynien, constitué de terrains métamorphiques et magmatiques prolongeant vers l'ouest le dispositif du domaine du Léon, forme une vaste ride asymétrique d'orientation NW-SE dont l'axe topographique, souligné par l'alignement des 7 îles de l'archipel, est décalé vers le NE.

La ride est bordée au NE et au NW par, respectivement, les chenaux de la Helle et du Fromveur, eux-mêmes directement contrôlés par les failles éponymes. Le réseau de failles du Fromveur limite un étroit fossé qui sépare la ride de Molène du bloc d'Ouessant au NW.

La surface enveloppe de la topographie des deux blocs présente un léger basculement ($< 1^\circ$) vers le SW. Celui-ci est clairement exprimé au niveau du bloc d'Ouessant dont la morphologie 3D évoque celle d'un bloc tilté que l'on associe au jeu extensif de la faille de la Helle.

La décroissance progressive des déplacements verticaux vers l'extrémité SE de la faille (de 40 m minimum à 0) rend compte, d'une part, de la présence de dépôts sédimentaires paléogènes (syntectoniques ?) dans le compartiment effondré à la latitude d'Ouessant et, d'autre part, de la morphologie moins bien affirmée du bloc tilté de Molène. La faille de la Helle est donc assimilée à une structure en ciseaux, accompagnée par le fonctionnement des failles transverses du Fromveur le long desquelles les deux blocs sont désolidarisés.

L'ensemble de ces failles a dû fonctionner au début du Tertiaire comme le suggère la présence des dépôts paléogènes. L'existence d'une composante décrochante, dextre, le long de la faille de la Helle n'est pas à exclure, si l'on admet que le système de failles normales subméridiennes découpant la bordure NE du bloc de Molène soient des structures en échelon associées au fonctionnement de la faille de la Helle. Dans ce cas, celle-ci serait une structure oblique, développée en contexte transtensif, et enracinée le long de discontinuités de socle hercynien. Les conditions de sa mise en place sont discutées dans le contexte plus vaste de la marge ouest-armoricaine.

Mots-Clés: imagerie LiDAR, morphologie sous-marine, failles extensives, bloc tilté, archipel de Molène, Ouessant, domaine du Léon

Imagerie LiDAR du socle hercynien immergé de l'archipel de Molène, Ouest Massif armoricain. Duplex ductile décrochant et intrusions syntectoniques

Bernard Le Gall[1], Christine Authemayou*[1], Axel Ehrhold[2]

[1] Domaines Océaniques (LDO) – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS : UMR6538 – 29280 Plouzané, France
[2] Géosciences Marines (GM) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – ZI de la Pointe du Diable - CS 10070 - 29280 Plouzané, France

De récentes données alti-bathymétriques acquises par l'IFREMER et le SHOM au niveau de l'archipel de Molène (Ouest Massif armoricain) fournissent une image exceptionnelle de l'organisation structurale du socle hercynien dans le prolongement occidental immergé du domaine métamorphique du Léon. En l'absence de couverture sédimentaire, le toit du soubassement hercynien apparaît accidenté, sur une surface d'environ 200 km^2, par un réseau très dense de linéaments dont les attributs géométriques spécifiques permettent leur classification en diverses familles. Leur interprétation en termes, soit de structures magmatiques, soit de déformations ductiles ou fragiles, est contrainte par des corrélations Terre-Mer, ainsi que par l'étude d'échantillons sous-marins prélevés au toit du socle (~50).
Concernant les déformations ductiles, on retiendra parmi les résultats majeurs :
- la réalisation d'une carte de trajectoire de la schistosité régionale affectant les séries métamorphiques (gneiss et micaschistes évoluant du faciès schistes vert à amphibolites), impliquées dans le flanc sud de l'antiforme du Léon;
- l'identification d'un système de cisaillements ductiles dextres (x 5), dont le couloir Nord Molène qui prolonge vers l'ouest le Cisaillement Nord Armoricain (CNA).
Les déformations ductiles s'accompagnent de la mise en place d'un certain nombre d'intrusions magmatiques, parmi lesquelles le granite de Saint-Renan, daté vers 318 Ma (méthode U-Th/Pb sur zircons et monazites), est spatialement associé à un complexe de migmatites largement présentes à l'extrémité NW de l'archipel. Au SW de l'archipel, une importante intrusion hybride, associant gabbro et granodiorite, est soulignée par un réseau très régulier de linéaments, d'allure parallèle et concentrique, moulant le contour elliptique de l'intrusion. Son âge d'environ 316 Ma est synchrone du magmatisme granitique et des cisaillements ductiles dextres.
L'ensemble du dispositif tectono-magmatique de l'archipel molènais est interprété comme un duplex décrochant dextre dont le cisaillement bordier méridional, impliquant les structures des Pierres Noires et de l'Elorn, se connecte latéralement vers l'est au CNA.

Mots-Clés: approche terre-mer, imagerie LiDAR, soubassement hercynien, déformations ductiles, intrusions syntectoniques, archipel de Molène, domaine du Léon

Analyse de facies sédimentaires d'un delta mixe (tidal et fluvial) dans un contexte de haute latitude pendant une transition greenhouse-icehouse (Eocène inférieur à moyen) : cas du Delta de Mackenzie, Canada

Chloé Le Gouche*[1], Cécile Robin-Guillocheau, Jean-Loup Rubino, Johann Schnyder, Marie Salpin, François Baudin

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Bâtiment 15 - Univ. Rennes 1 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France

Classer les deltas et déterminer les processus sédimentaires majeurs qui ont permis leur mise en place n'est pas toujours évident. La classification classique des deltas en trois pôle selon leur processus de formation proposé par Galloway en 1975 est bien connue mais souvent insuffisante (Bhattacharya, 2006) pour classer tous les deltas, notamment pour des deltas formés par au moins deux processus sédimentaires différents (deltas mixtes). Il est alors nécessaire de coupler l'analyse morphologique du bassin (classification de Galloway, 1975) à l'analyse détaillée des facies sédimentaires avec notamment l'étude des bioturbations qui se révèlent être de très bons indicateurs environnementaux pour déterminer le ou les processus sédimentaires majeurs à l'origine de la construction d'un delta (MacEachern, 2005).
L'objet de cette étude, le Delta de Mackenzie, est situé en position de haute latitude dans le bassin océanique Arctique. Il se développe depuis le Crétacé supérieur dans le bassin de Mackenzie au Nord du Canada. L'Eocène présente un cycle climatique complet avec un optimum climatique pendant l'Yprésien puis un refroidissement global au Lutétien. Ces 2 phases sont séparées par l'événement Azolla, marqué par le dépôt dans le Bassin Arctique d'une fougère d'eau douce (Brinkhuis, 2006). Pendant l'optimum climatique du début de l'Eocène, les températures des eaux de surface ont atteint 20°C (Kerr, 2004 ; Suc, 2016 – personal communication) et sont associées à une montée du niveau marin relatif (Sluijs, 2008).
Des études basées sur des électrofacies et quelques photos de carottes de l'Eocène inférieur (Dixon, 1981) ont été réalisées dans le passé, mais aucune n'a encore proposé un modèle de facies sédimentaire basé sur l'étude de carottes dans le bassin, associé à un modèle d'électrofacies pour l'Eocène dans le Bassin de Mackenzie.
L'objectif de cette étude est donc de proposer un nouveau modèle de facies basé sur les carottes sédimentaires et les données de puits disponibles pour l'Eocène inférieur et l'Eocène moyen du Delta de Mackenzie (Yprésien et Lutétien) principalement. Le but de cette étude est de mieux comprendre les sédimentations deltaïques d'influence mixe et plus particulièrement le cas d'un delta en haute latitude et dans un contexte climatique plutôt chaud.
L'analyse des facies et des structures sédimentaires couplée à celle des bioturbations montre un delta qui semble être sous influence à la fois tidale et fluviale. Au cours de du développement du Delta de Mackenzie, des phases dominées par les processus fluviaux ont alterné avec des phases dominées par des processus tidaux.

Mots-Clés: delta, sédimentation, Eocène, fluvial, tidal

The K–Pg boundary: how geological events lead to collapse of marine biodiversity

Guillaume Le Hir*[1], Frédéric Fluteau[1], Yves Goddéris[2]

[1] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – Univ. Paris VII - Paris Diderot, CNRS : UMR7154 – 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05, France
[2] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France
@ : lehir@ipgp.fr

The cause(s) of Cretaceous/Paleogene (*K–Pg*) mass extinction event is a matter of debate since three decades and remains not fully understood yet. A first scenario connects the *K–Pg* crisis with the Chicxulub impact in Yucatan while the second scenario evokes the emplacement of the Deccan traps in India as the *cause* for the *K–Pg* biodiversity collapse, a hypothesis supported by the fact that mass extinctions, since the Devonian at least occurred during the emplacement of large basaltic provinces. Pierazzo et al. (1998) estimated that the extraterrestrial bolide lead to an instantaneously CO_2 degassing ranging from 880 Gt to 2,960 Gt into the atmosphere, together with a massive release of SO2 ranging from 150 to 460 Gt.. Self et al. (2006, 2008) and Chenet et al. (2009) suggested that the emplacement of the Deccan traps released 15,000 Gt to 35,000 Gt of CO_2 and 6,800 Gt to 17,000 Gt of SO2 over a 250 kyr-long period (Schoene et al., 2015). To decipher and quantify the long term environmental consequences of both events, we tested different scenarios: a pulse-like magmatic degassing scenario in the absence of a bolide impact, a bolide impact in the absence of volcanism, and a combination of pulse-like magmatic degassing scenarios and bolide impact. To understand the environmental changes and quantify biodiversity responses to asteroid impact and/or Deccan traps, we improve GEOCLIM, a coupled climate-carbon numerical model, by implementing an biodiversity model in which marine species are described by specific death/born rates, sensitivity to abiotic factors (temperature, pH, dissolved O2, calcite saturation state) and feeding relationships, each of these characteristics is assigned randomly. Preliminary simulations accounting for the eruption of the Deccan traps show that successive cooling events (S-aerosols effect) combined with a progressive acidification of surface water (caused by CO_2 and SO2 injections) cause a major collapse of the marine biomass. In addition to a collapse by one order of magnitude of the marine productivity, our experiments show that most of the equatorial species, less tolerant to cooling events, disappear from low latitudes zones with a response depending on the degassing scenario. According to our study the post crisis recovery occurs in a context of post-eruption warming, which increases the continental weathering. This enhanced input of nutriments and alkalinity quickly restore conditions for a very efficient primary productivity. Additional simulations in which Chicxulub impact, different community structures (regional versus global extent of species...) and processes leading to post crisis biodiversity recovery will be discussed.

Mots-Clés: paléoclimat, modélisation, extinction de masse

Origine, état de préservation et potentiel d'archivage de la matière organique préservée dans les sédiments de deux lacs urbains artificiels d'Orléans

Claude Le Milbeau*[1], Jérémy Jacob[1]

[1] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR7327, BRGM – Campus Géosciences 1A rue de la Férolerie 45071 Orléans France Cedex 2, France
@ : claude.le-milbeau@univ-orleans.fr

Les sédiments urbains, notamment ceux qui s'accumulent dans les réseaux d'assainissement, constituent une préoccupation récurrente pour les gestionnaires de l'espace public, non seulement en termes de volumes accumulés mais également en termes de nature des sédiments qui conditionne leurs traitements lors d'opérations de curage. A l'inverse, ces sédiments constituent une archive potentielle de l'histoire du bassin versant qu'ils drainent, d'intérêt pour les paléoenvironnementalistes qui se préoccupent de reconstruire l'histoire intégrée du milieu urbain sur des périodes très récentes.

Nous avons analysé la matière organique (MO) préservée dans les sédiments des lacs de l'Univ. (LU) et de l'Orée de Sologne (LOS) situés dans le quartier de La Source à Orléans afin de déterminer leur potentiel d'archivage. Ces lacs artificiels (bétonnés/bitumés) collectent les eaux de pluie et ont été curés dans les années 90.

Seuls quelques millimètres de vase ont pu être collectés dans LOS. Dans LU, nous avons obtenu une carotte de 32 cm, constituée d'un sable beige contenant des graviers à la base (U1), d'une boue organique très sombre (U2), et enfin d'une boue floconneuse verdâtre (U3). Les teneurs en carbone organique (COT) très faibles dans U1 (< 1 %) atteignent 5 % dans U2 et 7 % dans U3. Dans U1, ces faibles COT sont associés à des Tmax élevés ($> 400°$C) qui décroissent jusqu'à 270 °C dans U2 et U3. Les indices d'hydrogénation (IH) et d'oxygénation (IO) indiquent une MO dégradée provenant principalement de végétaux vasculaires dans U1, avec une plus forte contribution de matières algales et une meilleure préservation dans U2 et U3. La MO dans l'échantillon de LOS est très similaire à celle des sédiments superficiels de LU, exceptés des Tmax $>$ 400°C qui pourraient signaler une plus forte dégradation.

Les distributions en *n*-alcanes témoignent d'une forte contribution de végétaux vasculaires et de matériel algal pour LOS). Des différences notables dans les distributions de biomarqueurs spécifiques (dioxo- ursène et oléanène, méthoxyserratènes et acide abiétique, par exemple) sont en accord avec les végétations respectives environnant les deux lacs. Enfin, les sédiments contiennent un grand nombre de dérivés diagénétiques de triterpènes originaux, dont l'origine et le mode de formation restent à déterminer. Au total, et bien que les accumulations demeurent faibles, il semble que les sédiments des lacs artificiels urbains archivent des éléments déterminants de leur environnement immédiat.

La rhyolite en Corse néolithique : quelles stratégies pour la provenance d'objets archéologiques ?

Arthur Leck*[1], François-Xavier Le Bourdonnec[1], Bernard Gratuze[2], Stéphan Dubernet[1], Nadia Ameziane-Federzoni[3], Céline Bressy-Leandri[4], Sylvain Mazet[5], Jean-Michel Bontempi[6], Maxime Rémicourt[7], Thomas Perrin[7], Rémy Chapoulie[1]

[1] Centre de Recherche en Physique appliquée à l'Archéologie (IRAMAT-CRP2A) – Univ. Bordeaux Montaigne, CNRS : UMR5060 – Maison de l'Archéologie, Esplanade des Antilles, 33607 Pessac, France
[2] Institut de Recherches sur les Archéomatériaux - Centre Ernest Babelon (IRAMAT-CEB) – CNRS : UMR5060, Univ. Orléans – France
[3] ARCHÉO-ÎLE – Chercheur indépendant – Valle Longa, 20117, Ocana, Corse, France
[4] Direction Régionale des Affaires Culturelles-Corse – Service régional de l'archéologie, Villa San Lazaro 1, chemin de la Pietrina, 20704 Ajaccio Cedex 9, France
[5] Institut National de Recherches Archéologiques Préventives (INRAP) – INRAP – France
[6] Musée Départemental d'Archéologie Jérôme Carcopino – Département de la Haute-Corse – Hameau du Fort de Matra, 20270 Aléria, France
[7] TRACES – CNRS : UMR5608, Univ. Toulouse le Mirail - Toulouse II – Maison de la Recherche, 5 Allée Antonio Machado, 31058 Toulouse Cedex 9, France
@ : arthur.leck@gmail.com, francois-xavier.le-bourdonnec@u-bordeaux-montaigne.fr

Grâce à l'analyse d'artefacts en silex et en obsidienne, de nombreuses études ont mis en évidence les liens qui existaient au Néolithique et au Chalcolithique entre la Corse et la Sardaigne. Cependant on ne sait aujourd'hui que très peu de choses sur les déplacements et les échanges ayant eu lieu à l'intérieur de la Corse elle-même. Il se trouve qu'une roche volcanique siliceuse, la rhyolite, dont les gisements se situent en majorité en haute montagne, au centre et au nord de l'île, a été exploitée et diffusée à travers tout le territoire dès le Néolithique ancien. Pour le moment, une seule étude d'envergure a été menée, dans le Nord de l'île, afin d'identifier par l'analyse pétrographique les gîtes de matière première de ces artefacts en rhyolite. La pétrographie étant une méthode destructive, il est difficile de l'appliquer sur de grandes séries d'objets archéologiques. Notre étude, réalisée au sein de l'IRAMAT dans le cadre d'un stage de Master 2, a donc consisté à rechercher une stratégie analytique moins invasive, basée sur la géochimie des roches, afin de mener de futures études de provenance sur ces outils en rhyolite. Nous avons analysé 34 échantillons géologiques provenant de 4 gisements distincts, ainsi que 42 échantillons archéologiques mis au jour sur 3 sites différents. Des spécificités géochimiques propres à chaque gisement ont pu être mises en évidence. Il a même été possible d'identifier des sous-groupes clairement différenciés au sein d'un même filon. L'EDXRF s'est avérée être une méthode performante pour discriminer les sources mais également pour caractériser les artefacts suivant un protocole non destructif. L'ICP-MS à ablation laser se heurte à des problèmes d'hétérogénéité des roches étudiées, nous avons cependant montré qu'en ajustant notre protocole d'analyse cette méthode pourrait compléter les analyses EDXRF, inefficaces sur les pièces trop fines. Enfin, quelques essais en DRX indiquent que cette dernière méthode pourrait permettre d'identifier les échantillons provenant de sources secondaires, en révélant la présence de minéraux d'altération comme les chlorites. L'échantillonnage des sources géologiques s'est cependant révélé insuffisant pour retracer la provenance de certains artefacts. De futurs recherches devront donc s'atteler à prospecter le territoire Corse afin d'obtenir un échantillonnage plus exhaustif des gisements de rhyolite.

Mots-Clés: Néolithique, Chalcolithique, Corse, rhyolite, provenance de matériaux lithiques, EDXRF, LA-ICP-MS, DRX

Calcimetry : a useful tool for the determination of flow pathways in the Soultz-sous-Forêts Enhanced Geothermal System

Béatrice Ledésert*, Ronan Hébert[1]

[1] Lab. Géosciences et Environnement Cergy (GEC) – Univ. Cergy Pontoise : EA4506 – 5, mail Gay Lussac, Neuville-sur-Oise - 95031 Cergy-Pontoise Cedex, France
@ : ledesert@u-cergy.fr

The economic success of an enhanced geothermal system (EGS) depends firstly on the features of the geothermal reservoir. The Soultz-sous-Forêts' EGS (Alsace, France) is located in the Upper Rhine graben where a thermal anomaly occurs (Ziegler, 1992; Dèzes et al., 2004). The results of calcimetry measurements performed on cuttings from the 3 wells of the EGS at Soultz-sous-Forêts (Alsace, France) are compared to other available data of petrography, mineralogy, fracture zones, flow pathways...
GPK3 is the injection well while GPK2 and GPK4are the 2 production wells (Figure 1). The relationship between flow ranking and calcite content for the fracture zones of GPK3 and GPK4 is opposed to that of GPK2 (the higher the fluid flow, the lower the calcite content). This suggests that the fracture zones of GPK2 are different from those of GPK3 and GPK4, and that the connectivity to the whole fracture network may be different too. The results of this study provide also some explanation for the effects of the chemical stimulations performed in the 3 wells, as well as some information for future chemical stimulations that could be aimed to improve the connectivity between the wells and the fracture network.

References

Dezayes, C. and Genter, A. (2008), "Large-scale fracture network based on Soultz borehole data", EHDRA Scientific Conference, Proceedings of the EHDRA scientific conference, 24–25 September 2008, Soultz-sous-Forêts, France.
Dèzes, P., Schmid, S.M., Ziegler, P.A. (2004), "Evolution of the European Cenozoic Rift System: interaction of the Alpine and Pyrenean orogens with their foreland lithosphere",Tectonophysics 389, 1–33.
Hébert R. and **Ledésert B.**, (2012). Calcimetry at Soultz-sous-Forêts Enhanced Geothermal System: relationships with fracture-zones, flow pathways and reservoir chemical stimulation results. In "Geothermal Energy, Technology and Geology", Edited by Jianwen Yang, Nova Science Publishers Inc., NY, Chapter 3, p. 93-113.
Hooijkaas. G. R., Genter, A., Dezayes, C. (2006), "Deep-seated geology of the granite intrusions at the Soultz EGS site based on data from 5 km-deep boreholes", Geothermics, 35, 5-6, 484-506.
Kretz, R. (1983) " Symbols for rock- forming minerals ", American Mineralogist, 68, 277-279.
Ziegler, P. (1992), "European Cenozoic rift system". Tectonophysics, 2008, 91-111.

Mots-Clés: geothermal energy, Soultz, calcimetry, calcite, flow pathways

L'autoroute aux dinosaures (Jura suisse) - Un exemple singulier de gestion du patrimoine, du terrain jusqu'à la création de la base de données informatique

Apolline Lefort*[1]

[1] Section d'archéologie et paléontologie, Paléontologie A16, République et Canton du Jura – Hôtel des Halles, CH-2900 Porrentruy, Suisse
@ : apolline.lefort@jura.ch

La construction de l'autoroute suisse A16 (République et Canton du Jura) durant ces 30 dernières années, a permis la découverte de restes archéologiques et paléontologiques d'une ampleur unique au monde.
Les collections de l'Archéologie A16 et de l'Archéologie cantonale comptent près d'un millions de vestiges au total (bijoux, artéfact lithiques, pots décorés...) datés du Paléolithique (-110'00 à -10'000 ans) au Moyen Âge et même de l'Epoque moderne. Les collections de la Paléontologie A16 (ou Pal A16) comptent environ 45'000 spécimens datés du Jurassique supérieur, de l'Oligocène et du Quaternaire. Sur le seul périmètre du plateau de Courtedoux-Chevenez, 13'500 traces de dinosaures, près de 90 carapaces de tortues, trois squelettes de crocodiles ainsi que plus de 2'500 restes de mammifères ont été découverts.

Basée à Porrentruy, la Pal A16 est financée par l'Office fédéral des routes (OFROU) et par le canton jurassien. Entre 2000 et 2011, le travail a principalement consisté à sauvegarder et à documenter les nombreuses découvertes de terrain. L'autoroute recouvre désormais la plupart des sites fouillés. Les années 2012 à 2018 s'orientent vers l'exploitation scientifique des données, la gestion de la documentation et des collections ainsi que vers la transmission de l'ensemble de cet héritage. JURASSICA sera chargé de gérer le patrimoine paléontologique en provenance de l'A16, dès fin 2018.
L'aventure a impliqué de nombreuses personnes parmi les autorités fédérales, les élus politiques locaux mais aussi scientifiques, techniciens (fouilleurs, préparateurs, dessinateurs), étudiants et habitants. De nombreux projets destinés au public ont été mis en place. Les fouilles et les recherches liées ont pris des proportions inattendues et bénéficié de moyens humains et financiers inhabituels. Les personnes à l'origine de ce projet et les garants de la pérennité de ces collections ont-ils persuadés les habitants de la valeur culturelle, touristique et pécuniaire de ce patrimoine ? Je vous livrerai des informations sur le focntionnement de ces structures associées et mon point de vue de scientifique "étrangère" sur cet étonnant projet.

Mots-Clés: Jura suisse, autoroute, paléontologie

Architecture and evolution of the Sivas Basin (Turkey): Evidences from field obsrvations, seismic reflection data and balanced cross-sections

Etienne Legeay*[1], Jean-Claude Ringenbach[2], Geoffroy Mohn[3], Jean-Paul Callot[1], Alexandre Pichat[1,2], Charlie Kergaravat[1,2], Kaan Kavak[4]

[1] Lab. des Fluides Complexes et leurs Réservoirs (LFC-R) – Univ. Pau Pays de l'Adour, TOTAL – BP 1155 - 64013 Pau, France
[2] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau 64018 Pau Cedex, France
[3] Lab. Géosciences et Environnement Cergy (GEC) – Univ. Cergy Pontoise : EA4506 – France
[4] Cumhuriyet University Sivas – Turquie
@ : jean-claude.ringenbach@total.com

Several oceanic basins of Northern Neotethys were consumed by north-dipping subduction until the end of Mesozoic in Eastern Mediterranean. Campanian time is known for a generalized southward obduction of ophiolite thrust sheets and associated ophiolitic mélange, from Greece to Oman.
In Anatolia, obducted ophiolites are often capped by Tertiary sedimentary basins covering the suture zones. In particular, the Sivas Basin developed at the junction of distinct sutures zones separated by the so-called Kirsehir continental block. This basin recorded a complex succession of deformation phases from the Late Cretaceous to the Cenozoic capturing the final closure of Neotethys basins and subsequent continental collision. In order to understand the peculiar position of this basin above the sutured crustal blocks and ophiolites, this study is based on a fieldwork approach to characterize structural and sedimentary setting, coupled to subsurface data analysis, thermochronology and biostratigraphy.
New balanced and restored cross-sections and associated kinematic model illustrate the present-day geometry of the basin. The proposed cross-sections are based on extensive surface and subsurface data illustrating: 1) a north-verging deformation characterized by formation of duplexes of ophiolitic materials and Paleocene to Eocene clastics and carbonates, 2) the development of secondary salt tectonic event in the basin.
Based on our results, a tectono-sedimentary evolution of the Sivas Basin is proposed. Early deposits of Maastrichtian to Paleocene age are represented by carbonate platforms developed above ophiolitic highs, passing to turbidites toward the North. The onset of the compression is due to the initiation of the retro-wedge of the north-dipping subduction of the Southern Neotethys domain beneath the Tauride microcontinent. As a result, imbricate thrusts and duplexes are initiated and participate to the marine isolation of the Sivas Tertiary basin. The early Eocene is deposited over a local unconformity marked by incisions formed in response to the emergence of north-verging thrusts. The middle Eocene, intensively folded by north verging thrust, is mostly represented by basinal turbidites and locally syn-orogenic deposits. The basin is finally closed during the late Eocene capped by a thick evaporitic level. The early Oligocene, outcropping northward of the Eocene belt, records continental deposits affected by strong halokinesis leading eventually to the formation of evaporite canopies localizing a second generation of Oligo-Miocene minibasins, and passive-roofing duplexes.

Mots-Clés: Tethys, Sivas, fold-and-thrust belt, foreland, salt tectonics

Tectonique de l'arc ancien des Petites Antilles du Nord à l'Eocène et l'Oligocène - analyse structurale et cinématique de l'île de Saint-Barthélemy

Lucie Legendre*[1], Mélody Philippon[1], Jean-Lén Léticée[1], Jean-Frédéric Lebrun[1], Yves Mazabraud[1], Philippe Munch[2]

[1] UMR 5243 - Géosciences Montpellier à Univ. Antilles (GM - UA) – Campus de Fouillole, 97159 Pointe à Pitre, Guadeloupe
[2] Géosciences Montpellier (GM) – CNRS : UMR5243, Univ. Montpellier II – Place E. Bataillon - CC 60 34095 Montpellier Cedex 5, France
@ : lucie.legendre@univ-ag.fr

L'Est de la plaque Caraïbe est délimité depuis le crétacé par une zone de subduction à vergence Ouest. Du Paléocène à l'Eocène l'entrée en subduction du banc des Bahamas entraine le réarrangement de la frontière de plaques qui est suivi de la mise en place de l'arc des Petites Antilles. Au sud des Petites Antilles l'activité magmatique de cet arc est continue. Au Nord cette activité cesse à la fin de l'Oligocène (arc ancien) puis l'arc recule vers l'Ouest pour former au Miocène supérieur un arc récent encore actif à actuel. L'île de Saint-Barthélemy au Nord de l'arc ancien est composée de dépôts volcaniques (coulées et hyaloclastites) intercalés avec des sédiments clastiques et carbonatés d'âge Eocène moyen. Cette série est recoupée par des dykes et pipes d'âge Oligocène et correspondant à une activité phréatomagmatique. L'objectif de ce travail est d'étudier les structures tectoniques observées à Saint-Barthélemy afin de reconstituer l'état de contrainte de la plaque supérieure lors de la mise en place de l'arc ancien.
L'analyse structurale de l'île montre que deux directions de failles principales orientées N140° et N50° structurent la série Eocène et contrôlent le magmatisme Oligocène et la morphologie actuelle de l'île. Deux directions secondaires N0° et N90° sont également observées. A l'Ouest de l'île, du Sud vers le Nord les dépôts de plus en plus anciens de la série affleurent à la faveur des failles normales N140°. A la base de la série, on observe un éventail sédimentaire et une première discordance angulaire contrôlés par ces failles. A l'Est de l'île, une géométrie comparable est observée mais contrôlée par les failles N50°. Ces failles sont à l'origine de deux autres discordances angulaires affectant la partie supérieure de la série. Nous pouvons proposer la chronologie suivantes (i) activité des failles N140° dès les premiers dépôts (ii) développement des failles N50°. A la pointe Est de l'île on observe un couloir transtensif le long des structures N50° et N90° qui affecte toute la série. A l'Oligocène les intrusions se mettent en place principalement le long des failles N140° et N50°.
Couplée à cette chronologie l'inversion des données de cinématique des failles nous permet de caractériser l'évolution des paléo-contraintes de l'Eocène moyen à l'Oligocène et de discuter des implications à l'échelle régionale.

Mots-Clés: failles, tectonique, cinématique, arc volcanique, Antilles

La diffusion scientifique en Sciences de la Terre : quel rôle pour les laboratoires de recherche ?

Sébastien Leibrandt*[1]

[1] GeolExplo – Médiation, Enseignement, R&D en Géologie-Volcanologie – Paris, France
@ : sleibrandt@geolexplo.com

Catastrophes naturelles, changements climatiques, au travers des médias en continu le grand public est confronté aux évolutions constantes de notre planète, et sa soif de connaissance pour les sciences est croissante (66 % des français en mai 2016, source IPSOS), notamment pour l'étude de la Terre. Une grande part de cette connaissance est issue de l'Univ., qui forme les chercheurs de demain. Le rôle des chercheurs dans la diffusion scientifique est ainsi primordial mais l'écart entre recherche et grand public est encore trop grand. La célébration annuelle de la science ouvre les portes des laboratoires, mais n'en dévoile les coulisses que pour quelques heures. Comment développer les liens entre recherche et grand public ?
Le développement des loisirs offre une belle opportunité de relayer la science de façon ludique. Les randonneurs et voyageurs veulent donner du sens à leurs virées en se nourrissant de connaissances naturalistes, comme pour revivre l'aventure darwinienne. Une aventure qui peut être vécue au quotidien au travers d'actions de " recherche participative ", passerelle entre le monde académique et le grand public (38 % des français ont envie de participer à l'avancée des sciences naturelles, source IPSOS). Les nouvelles technologies numériques et les réseaux sociaux sont aujourd'hui des outils indispensables à la construction de cette passerelle, surtout auprès de la jeune génération. Du cours en ligne ouvert à tous (MOOC) à la plate-forme de vidéos YouTube, l'accès à la connaissance et la vulgarisation scientifique se démocratise à grande vitesse. Mais l'information délivrée en ligne est parfois faible ou erronée (e.g. Wikipédia), et le contenu scientifique doit être mieux contrôlé. Comment aider les chercheurs en géosciences à prendre le train en marche ?
Cette intervention présente le regard d'un géologue universitaire devenu entrepreneur, qui se consacre aujourd'hui entièrement à la diffusion des Sciences de la Terre au travers d'une structure de médiation et d'enseignement nommée GeolExplo. Cette micro-entreprise s'attache à développer différents canaux et méthodes de diffusion de la géologie en imaginant notamment de nouvelles formes de communication entre laboratoires de recherche et grand public. Une réflexion est également menée sur de nouvelles sources de financement de la recherche en Sciences de la Terre par le grand public via le développement de la diffusion scientifique.

Mots-Clés: diffusion scientifique, médiation, recherche participative, entreprenariat

Analog modelling of pressurized subglacial water flow: Implications for tunnel valley formation and ice dynamics

Thomas Lelandais*[1], Régis Mourgues[1], Edouard Ravier[1], Stéphane Pochat[2], Pierre Strzerzynski[1], Olivier Bourgeois[2]

[1] L.P.G. Le Mans, CNRS UMR 6112, Univ. Maine – Univ. Maine – France
[2] Lab. de Planétologie et Géodynamique de Nantes (LPGN) – CNRS : UMR6112, INSU, Univ. Nantes – 2 Rue de la Houssinière - BP 92208 44322 NANTES Cedex 3, France

Subglacial meltwater flow, occurring at the ice-bed interface or as groundwater flow, exerts a major control on basal erosion and ice dynamics. The understanding of the subglacial meltwater drainage system represents a major issue to reconstruct the dynamics of glacial paleo-environments and to predict the evolution of modern glacial systems. Tunnel valleys are an important component of this subglacial drainage system and exhibit specific characteristics including for examples: U-shaped cross-sectional profile with flat bottom, abrupt flank slopes, constant width, longitudinal profile with local adverse slopes. So far, most of tunnel valley studies were based on field and subsurface data analysis or numerical simulation that led to the establishment of several models of tunnel valley formation. All these models underline the necessity of an over pressurized water flow at the base of the ice sheet. This work, based on analog modelling, presents an innovative approach in the study of subglacial water circulation and allows the formation of tunnel valleys to be monitored. In our experiments the ice is simulated by a circular and transparent lid of silicon while the substratum is simulated by a very fine and porous sand. Meltwater production is modeled by a central and punctual injection of water below the silicon putty. For reduced injection discharge, low water pressure is recorded and water is evacuated as groundwater without any associated drainage features at the silicon-sand interface. For increasing injection discharge, water pressure reaches the lithostatic stress leading to the decoupling of the sand/silicon interface. This decoupling episode is associated with a relatively large zone where meltwater can be evacuated at the interface. This rapid episode is followed by silicon-sand recoupling and establishment of a channelized drainage system morphologically resembling tunnel valleys.
Morphological analysis of these tunnel valley analogs are based on DEM generation using 6 cameras device taking simultaneous HR photographs of the experiments (stereophotogrammetry methods). The influence of various parameters such as lid thickness, water discharge, water discharge variations on valley dimensions were tested experimentally to analyze the impact of ice thickness variations or meltwater production rate changes on tunnel valley morphologies. In parallel, we also examined the impact of subglacial meltwater drainage evolution on ice dynamics by realizing silicon flow velocity maps before, during and after the formation of tunnel valleys.

Mots-Clés: tunnel valleys, analog modelling, morphological analysis, fluid overpressure

Etat thermique de la croûte varisque dans le massif nord-pyrénéen du Saint Barthélémy

Baptiste Lemirre*[1], Stéphanie Duchene[1], Michel de Saint Blanquat[1], Marc Poujol[2]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – France
[2] Geosciences Rennes – OSU Rennes, Univ. Rennes I, CNRS : UMR6118 – France
@ : baptiste.lemirre@get.obs-mip.fr

La chaîne Varisque est classiquement interprétée comme le résultat d'une subduction océanique suivie d'une collision continentale et d'un épisode tardif de haute température. La singularité du segment pyrénéen est la prédominance de cet épisode tardi-varisque qui est caractérisé au premier ordre par une déformation majeure synchrone d'un métamorphisme de haute température et d'un magmatisme varié. Cependant, la source de chaleur responsable du métamorphisme et du magmatisme reste débattue.
L'objectif de cette étude est de déterminer les trajets P-T-t-déformation à l'échelle d'un massif nord-pyrénéen, le Saint Barthélémy, et de discuter des causes de l'évolution des gradients géothermiques.
Le massif du Saint Barthélémy est composé de deux unités séparées par une zone de cisaillement à faible pendage. L'unité supérieure du Saint Barthélémy représente la croûte varisque supérieure constituée de migmatites et de micaschistes alors que l'unité basale, formée de gneiss granulitiques, correspond au début de la coûte inférieure. Les granulites des massifs nord-pyrénéens sont les reliques les plus profondes de la croûte varisque mises à l'affleurement lors du cycle alpin. L'ensemble du massif est caractérisé par une déformation majeure rétrograde par rapport au pic thermique suivie d'une localisation de la déformation le long de bandes de cisaillement chaudes. Les données P-T-t-déformation indiquent une température homogène de 800 °C sur l'ensemble de la croûte médiane de 10 à 20 km pendant le pic thermique à 300 Ma (datation U-Pb sur zircons et monazites de granulites et migmatites). Dans la partie supérieure de la croûte, on observe un gradient maximum supérieur à 80 °C/km à 10 km de profondeur. Nous suggérons que ce géotherme est induit par la migration de liquides depuis la base de la croûte jusqu'à la profondeur de mise en place des corps magmatiques dans la partie supérieure du massif. Un second épisode thermique est enregistré à 280 Ma. Nous proposons que cet épisode permien soit lié à la relaxation thermique de la croûte. En effet, le chemin rétrograde montre un refroidissement de la croûte granulitique du Saint Barthélémy au cours de l'exhumation. L'évolution du géotherme, caractéristique des massifs nord-pyrénéens, suit un épisode magmatique diversifié à ca. 305 Ma à l'échelle de la chaîne. Cette coïncidence, ainsi que l'absence d'enregistrement d'épaississement crustal, suggère une origine mantellique de l'anomalie thermique tardi-varisque.

Mots-Clés: Varisque, Pyrénées, thermicité

Bilan sédimentaire de l'estuaire de Seine : Etat des connaissances

Jean-Philippe Lemoine*[1], Romaric Verney[2], Pierre Le Hir[2], Florent Grasso[2]

[1] GIP Seine-Aval (GIP Seine-Aval) – GIP Seine-Aval – 115 bld de l'Europe, France
[2] Dynamiques de l'Environnement Côtier (DYNECO) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Technopole Brest-Iroise, BP 70, 29280, Plouzané, France

I Fonctionnement hydro-sédimentaire de l'estuaire de la Seine
L'estuaire de la Seine s'étend sur 160km, de l'embouchure en baie de Seine à la limite artificielle de propagation de la marée : le barrage de Poses. Cette zone est principalement influencée par les interactions entre l'hydrologie de son bassin versant, les conditions marines typiques de la baie de Seine et l'activité anthropique. La synthèse des études réalisées ces quinze dernières années a permis de préciser et quantifier les mécanismes régissant le transfert des sédiments au sein de l'estuaire en lien avec les différents forçages, ainsi que les échelles de temps associées [Lemoine & Verney, 2015]. Le bouchon vaseux évolue ainsi de l'amont vers l'aval de l'estuaire en fonction des forçages naturels et anthropiques. En lien avec les pratiques de gestion de la morphologie, on observe depuis les années 1950, une migration vers l'aval du bouchon vaseux liée à l'amélioration des écoulements amont-aval induite par la chenalisation et à la diminution des rejets solides.
II Bilan sedimentaire de l'estuaire de la Seine
L'estuaire de la Seine est l'exutoire d'un bassin versant de près de 80000 km^2 soumis à un climat de type océanique tempéré. L'érosion de ce bassin versant, résultante des mécanismes naturels et de l'ensemble des activités anthropiques, apporte près d'un million de tonnes de sédiments par an vers l'estuaire dont environ 90% proviennent de la Seine à Poses [Laignel, 2006].
L'estuaire reçoit également des sédiments en provenance de sa frontière marine. Près de 4 millions de m3 de sédiment en provenance de la baie de Seine rentrent dans l'estuaire [Avoine 1995]. Ce flux, principalement généré par les courants de marée, permet aux particules marines de remonter d'environ 80km vers l'amont. La mise en regard de l'ensemble des apports cités précédemment avec les volumes de sédiments dragués annuellement par les deux Grands Ports Maritimes de Rouen et du Havre permet d'obtenir un bilan sédimentaire quasiment équilibré. Ainsi, pour le maintien des conditions de navigation le port de Rouen drague environ 4,5 millions de m3 de sédiments par an soit quasiment l'équivalent du volume de sédiment entrant dans l'estuaire naturellement.
III perspectives
Nos travaux et l'analyse des évolutions bathymétrique durant la dernière décennie illustrent l'importance des dragages dans le fonctionnement global de l'estuaire de la Seine [Lemoine & Verney, 2015 ; Artelia, 2012]. La connaissance des impacts de cette activité sur le fonctionnement hydro-sédimentaire de l'estuaire est aujourd'hui limitée, en effet la majeure partie des études n'a jusqu'ici considéré que les forçages hydrométéorologiques naturels (marées, débits de la Seine à Poses, conditions météo-océaniques). Dans ce cadre, notre projet vise à caractériser les effets de la gestion anthropique des sédiments dans la dynamique des particules et le bilan sédimentaire de l'estuaire de la Seine.

Mots-Clés: estuaire, bilan sédimentaire, dragage

Profil d'altération dans une formation argileuse: exemple des argiles tégulines du bassin de Paris

Catherine Lerouge*[1], Jean-Charles Robinet[2], Mathieu Debure[1], Benoît Henry[1], Nicolas Maubec[1], Guillaume Wille[1], Elise Decouchon[1], Benoit Madé[2], Christophe Tournassat[1]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – France
[2] Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) – Parc de la Croix Blanche, rue Jean Monnet, 92298 Chatenay Malabry, France
@ : c.lerouge@brgm.fr

Les Argiles tégulines d'âge Aptien affleurent sur une bande d'une largeur d'environ 80 km dans l'est du Bassin de Paris. Une caractérisation minéralogique, géochimique et pétrophysique des argiles tégulines échantillonnées à pas régulier dans un forage vertical recoupant la formation a été réalisé en 2015 dans la région de Brienne Le Château (dans le cadre des études menées par l'Andra dans l'Aube) dans l'objectif de mieux contraindre et comprendre l'environnement géochimique de cette formation en sub-surface ($<$ 20m).
Les Argiles tégulines sont recoupées dans ce forage entre 2 et 34 m de profondeur. Elles passent abruptement d'une teinte ocre à 2 m à une teinte verte à 4-5 m. Le cortège minéralogique est constitué d'une fraction argileuse dominante (illite, interstratifiés illite-smectite, chlorite, kaolinite, glauconie) associée à une fraction silteuse détritique à quartz dominant et feldspath potassique, et une fraction carbonatée (calcite, dolomite, sidérite). Les minéraux accessoires sont les phosphates sous forme de nodules, la célestine en traces et la pyrite présente sous forme de framboides disséminés ou massive. Sa présence indique une évolution diagénétique en milieu réducteur associée à une réduction bactérienne des sulfates marins. L'altération de surface est marquée par un changement de teinte des argiles (passage Fe2+/Fe3+), la dissolution partielle du feldspath potassique, l'oxydation de la pyrite en gypse, sulfates de fer et hydroxydes de fer.
Le suivi des gaz mesurés (CO_2, O2, N2, alcanes) par dégazage des carottes en cellules sous atmosphère d'He a permis de mettre en évidence une légère augmentation de O2 et N2 et une augmentation significative de la pression partielle de CO_2 dans la zone d'oxydation de la pyrite (4-9 m), passant de 10 mbar à 40-50 mbar en haut de la formation.
Les propriétés chimiques des roches ne sont pas ou peu modifiées par l'altération de surface, les mesures de capacité d'échange cationique étant relativement constante sur le profil (140-170 meq/kg de roche). Les cations échangeables sont par ordre décroissant de quantités échangeables Ca2+, Mg2+, K+, Sr2+ et Na+. Cependant les concentrations en Ca2+ diminuent à la faveur du Mg2+ vers la surface. Les concentrations en chlorures et en sulfates sont faibles. Les concentrations en chlorures ne varient pas ou peu avec la profondeur, tandis que les concentrations en sulfates augmentent vers la surface ($<$ 20 m).
Sur la base de l'ensemble des données (formation de gypse et hydroxydes de fer, augmentation de la pression partielle de CO_2, diminution du Ca2+ sur l'échangeable, augmentation des sulfates dissous vers la surface) le processus majeur identifié de l'altération de surface est l'oxydation de la pyrite. Cette oxydation induit en retour une évolution de la chimie des eaux sur la hauteur du profil jusqu'à environ 20 m de profondeur.

Mots-Clés: altération supergène, argiles

The role of transfer zones in the formation and reactivation of hyperextended rift systems: the example of the Mauléon-Basque-Cantabrian basins

Rodolphe Lescoutre*[1], Emmanuel Masini[2], Gianreto Manatschal[1]

[1] Institut de physique du globe de Strasbourg (IPGS) – Univ. Strasbourg, CNRS : UMR7516, Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre (EOST) – 5 Rue René Descartes 67084 Strasbourg Cedex, France
[2] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau 64018 Pau Cedex, France

Numerous studies have revealed the importance of rift-inheritance on the formation of orogens but little consideration was given to rift segmentation and the role of transfer zones on the architecture of mountain belts. Indeed, in magma-poor hyperextended margins, transfer faults are responsible for the distribution of basins that can undergo very different evolutions with different magmatic budgets, sedimentary input, switches in polarity resulting in localized and diachronic exhumation and breakup in these domains. Nevertheless their fate during the convergence and the role of pre-existing segmentation is yet little explored. Our study focuses on the Basque region (Pyrenees) and more particularly on the Pamplona transfer zone that delimits the Mauléon-Arzacq rift system to the east from the Basque-Cantabrian system to the west. The aim of this study is twofold: 1) describe the role of the Pamplona transfer fault and define its tectonic evolution associated to adjacent basins, and 2) understand its role during reactivation.
The influence of the Pamplona fault system on the structuration of the Mauléon and the Basque-Cantabrian basin is substantial as expressed by their large offset and the occurrence of exhumed deep crustal and mantle rocks flooring the two basins. On the one hand, fieldwork in the Labourd Massif and the western termination of the Mauléon basin enabled to describe faults and their relations to hyperextension and sedimentary sequences. This work also allowed describing the formation and reactivation of faults according to their orientation and their activity with respect to basement (i.e. pre-Trias) and post-extensional sediments (i.e. post-Cenomanian). A strong relationship between rift architecture (proximal to distal domains) and structural inheritance is suggested. In the Basque-Cantabrian basin, preliminary field observations show a well-preserved ultra distal domain thrust northward on the upper plate along the Leiza fault, including HT-LP rocks such as described in the North Pyrenean Zone further to the east. Furthermore, upper plate (European) basement is outcropping in the western side (Cinco-Villas massif) of the Pamplona fault while exhumed granulitic lower plate basement (Iberian) occurs on the eastern side (Labourd massif). On the other hand, preliminary results from fieldwork and new tomographic imaging enable to determine the role of the Pamplona fault system during Late Cretaceous compression. Little reactivation is recorded in the vicinity of the transfer zone, arguing for well-preserved rift architecture in this area. These observations show a different mode of deformation on either side of transfer faults during extension and compression with rather well preserved rift structuration. This suggests a key control of transfer systems at crustal and lithospheric scale during formation and reactivation of hyperextended systems.

Mots-Clés: transfer faults, hyperextension, Pamplona fault, Pyrenees, segmentation

Dynamique fluvio-estuarienne holocène de la Garonne maritime (SW France)

Séverine Lescure*[1], Gilles Arnaud-Fassetta[2,3], Charles Le Cœur[1]

[1] Lab. de géographie physique (LGP) – CNRS : UMR8591 – bat. Y 1 Place Aristide Briand 92195 MEUDON Cedex, France
[2] Pôle de recherche pour l'organisation et la diffusion de l'information géographique (PRODIG) – CNRS : UMR8586 – 2 rue Valette 75005 Paris, France
[3] Univ. Paris Diderot - Sorbonne Paris Cité – Univ. Paris VII - Paris Diderot – 5, rue Thomas Mann 75013 Paris, France

L'étude propose un modèle d'évolution holocène d'un système fluvio-estuarien très peu documenté : la Garonne maritime. De nos jours, ce tronçon fluvial est régi simultanément par des processus fluviaux (dynamique fluviale) et marins (marée, houle) et présente un chenal subrectiligne évasé en aval, assez peu profond (*i.e.*, 11 m en moyenne), à pente longitudinale faible (*i.e.*, 0,2 ‰) et au débit modéré ($630 < Q < 700$ m3/s). L'association des données géohistoriques, géomorphologiques, stratigraphiques, sédimentologiques, géophysiques, ostracologiques et palynologiques acquises essentiellement sur deux sites-témoins révèle que cette configuration est relativement récente et résulte d'une histoire holocène complexe rythmée par plusieurs métamorphoses fluviales. Dans le détail, les résultats de l'étude démontrent que :
1) Le caractère estuarien du tronçon a été acquis à l'Holocène moyen suite à la transgression flandrienne ;
2) La basse Garonne a connu au moins trois métamorphoses " fluviales " au cours des dix derniers millénaires : une à l'Atlantique (passage de chenaux multiples à un chenal unique), une au Subboréal récent et/ou Subatlantique ancien (retour à un style à chenaux multiples) et une du Xe s. av. J.-C – Xe s. apr. J.-C (retour à un chenal unique) ;
3) Le fleuve a été contrôlé inégalement par les flux hydro-sédimentaires amont et aval au cours de son histoire.

Mots-Clés: Garonne, basse vallée, haut estuaire, dynamique fluvio estuarienne, hydrogéomorphologie, métamorphose fluviale, Holocène

Six années de suivi de l'érosion des falaises crayeuses en Seine-Maritime au scanner laser terrestre

Pauline Letortu*[1], Stéphane Costa[2], Olivier Maquaire[2], Christophe Delacourt[3], Robert Davidson[2], Emmanuel Augereau[3], Timothée Duguet[4]

[1] Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géomer) – CNRS : UMR6554, Univ. Bretagne Occidentale (UBO) – Place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané, France
[2] Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géophen) – Normandie Univ, UNICAEN, CNRS : UMR6554 – Esplanade de la Paix, 14000 Caen, France
[3] Domaines Océaniques – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), Observatoire des Sciences de l'Univers, CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
[4] Lab. Ondes et Milieux Complexes (LOMC) – Normandie Univ, UNILEHAVRE, CNRS : UMR6294 – 76600 Le Havre, France
@ : pauline.letortu@univ-brest.fr

Le recul des falaises est souvent quantifié à partir de l'observation de sa partie sommitale ou basale alors que le front de l'abrupt constitue le meilleur référentiel pour suivre toute évolution. De plus, dans l'estimation du retrait, la part de l'éboulisation est souvent négligée en raison de son évacuation rapide en quelques marées et du manque d'outils de mesure à très haute résolution. Or, certains auteurs estiment que ces mouvements particulaires constituent une part non négligeable du recul total des falaises crayeuses (10-11 %). Le scanner laser terrestre constitue un outil capable de quantifier les taux d'ablation du front de l'abrupt avec une précision centimétrique ($\pm$ 0,01 à 0,04 m). Ce dernier a été déployé sur trois sites de côtes rocheuses en Seine-Maritime, entre 2010 et 2016, avec des relevés tous les 4-5 mois. Cette approche diachronique réalisée en contexte de falaise vive et de falaise morte, dont les caractéristiques lithostratigraphiques sont très proches, fournit une quantification très précise des évolutions régressives.
Ces levés permettent ainsi de :
1) mesurer les taux d'ablation et leur localisation sur le front de falaise. Les taux sont bien évidemment supérieurs en contexte de falaise vive qu'en contexte de falaise morte ;
2) identifier la part non négligeable des mouvements particulaires (éboulisation) dans le recul total des falaises ;
3) souligner l'importance des actions marines dans le recul de ce type de côte rocheuse ;
4) visualiser l'une des modalités de recul de pan entier de falaise, à savoir la création d'une encoche de sapement se propageant vers le haut de la falaise et pouvant aboutir à une déstabilisation du pan entier de l'abrupt.

Mots-Clés: érosion côtière, falaise, scanner laser terrestre, Normandie

Synthesis of ZnO nanoparticles by inorganic sol-gel at room temperature

Siham Lhimr*[1], Saidati Bouhlassa, Ahmed El Yahyaoui El Idrissi, Naima Bouhsane

[1] Department of Chemistry Faculty of Sciences V, BP.1014 RABAT – Maroc

Zinc oxide crystallizes in the typical wurtzite hexagonal structure (c= 5,21 Å a= 3,25 Å). ZnO is an n-type semiconductor with direct band gap energy (3, 3 eV)[1][2]. In the present work, zinc oxide nanoparticles we prepared ZnO nanoparticles, wet chemical synthesis such as inorganic sol-gel at room temperature.
The products have been characterized by X-ray diffraction (XRD) and FT-IR spectroscopy. The XRD patterns of samples were in agreement with that of the typical wurtzite structure ZnO and the sharp diffraction peaks indicated good crystallinity of the ZnO nanoparticles. The morphologies of the particles have been studied with a transition electron microscope (TEM). The optical band gap was calculated from UV-visible absorption measurement.

[1] R. Liu, A.A. Vertegel, E.W.Bohannan, T.A. Sorenson, J.A. Chemistry of Materials, 13 508-512 (2001).

[2] Y.K.Su, S.M. Peng, L.W. Ji, C.Z. Wu, W.B. Cheng, C.H.Liu. Langmuir 26 603-606 (2010).

Mots-Clés: ZnO, sol gel, UV, visible

Rôle des relais de processus dans le fonctionnement hydro-morphologique des bassins versant alpins. Exemple du Bassin versant du Peynin (Queyras)

Candide Lissak*[1], Vincent Viel[2,3], Kevin Graff[2,3], Etienne Cossart[4], Monique Fort[2,3], Benoit Carlier[2,3], Gilles Arnaud-Fassetta[2,3], Jean-Philippe Malet[5]

[1] Normandie Univ, UNICAEN, CNRS, LETG-Caen – CNS, CNRS : UMR6554 – 14000 Caen, France
[2] Pole de Recherche pour l'Organisation et la Diffusion de l'information Géographique (PRODIG – CNRS : UMR8586 – 2 rue Valette, 75005 Paris, France
[3] Univ. Paris-Diderot, Sorbonne Paris Cité – CNRS : UMR8586 – France
[4] Environnement Ville Société (EVS) – ENS Lyon, INSA Lyon, ENTPE, Univ. Jean Monnet - Saint-Etienne, Univ. Lumière - Lyon II, Univ. Jean Moulin - Lyon III, CNRS : UMR5600, École Nationale Supérieure des Mines - Saint-Étienne – 18 Rue Chevreul 69362 Lyon Cedex 07, France
[5] Institut de physique du globe de Strasbourg (IPGS) – Univ. Strasbourg – CNRS : UMR7516 – EOST – 5 Rue René Descartes 67084 Strasbourg Cedex, France
@ : candide.lissak@unicaen.fr

Le fonctionnement des bassins versant alpins est fortement marqué par la dynamique sporadique et erratique des flux hydrosédimentaires, notamment à cause de la nature même des transferts sédimentaires pouvant être facilités par de forts couplages versant-chenal. Ces transferts sédimentaires permettent la mobilisation d'importants volumes de sédiments principalement lors de crues estivales. Ces dynamiques très morphogènes sont à l'origine d'importants dégâts dans les fonds de vallées et amplifient l'impact des crues dans ces systèmes. Notre étude se focalise sur ces flux sédimentaires, notamment sur leurs variabilités spatio-temporelles en lien avec la nature des processus qui les animent. Afin de mieux comprendre le fonctionnement des crues en domaine torrentiel, et de proposer des outils de gestion adaptés aux bassins versants alpins dans un contexte de changements globaux, le site d'étude choisi est le bassin versant du Guil (Queyras, Hautes Alpes, 317 km^2) (ANR 12 SENV-0004 SAMCO), sujet à de nombreuses crues (19 événements depuis 1918 : Juin 1957 ($>$ R.I. 100 an), juin 2000 (R.I. 30 an)...) et à de fortes charges sédimentaires ($\approx$ 12,000 m3 lors de la crue de juin 2000). L'objectif de notre étude est de proposer un bilan sédimentaire en se focalisant dans un premier temps sur un sous bassin torrentiel (BV du Peynin, 15mk^2) entièrement situé dans les schistes lustrés et qui, grâce à de forts couplages versant-chenal, joue un rôle essentiel dans les apports sédimentaires au Guil. Afin de formaliser les relais de processus, notre démarche consiste (1) à définir les sources potentielles d'approvisionnement (localisation, nature des processus de formation des stocks et de (re)mobilisation). (2) Afin de quantifier les transferts sédimentaires, différentes méthodes ont été utilisées pour déterminer l'apport des fines au sein de l'hydrosystème (photogrammétrie, lasergrammetrie en diachronie). (3) La quantification des transferts de charges grossières a été réalisée grâce à l'implantation de traceurs (560 pit-tag) qui ont permis de suivre les distances et les trajectoires de blocs de tailles variées lors de laves torrentielles depuis 3 ans. Enfin (4), pour mieux comprendre la nature des couplages et définir les conditions adéquates pour une synchronisation entre signal sédimentaire et signal météorologique, des simulations des relais de processus (cascade sédimentaire) sont proposées à partir de modèles par compartiments basés sur les dynamiques de systèmes. Le résultat de ces simulations met en avant la réponse complexe du système aux forçages météorologiques, notamment liée à l'état de maturation des stocks sédimentaires pour un fonctionnement optimal de la dynamique hydrosédimentaire du système.

Mots-Clés: transfert sédimentaire, Alpes, lave torrentielle, relais de processus

Cartographie de l'aléa 'mouvements de terrain' des versants côtiers des communes de Villerville et Cricqueboeuf (Normandie)

Candide Lissak[1], Olivier Maquaire*[1]

[1] Normandie Univ, UNICAEN, CNRS, LETG-Caen – CNS, CNRS : UMR6554 – 14000 Caen, France
@ : candide.lissak@unicaen.fr

Des glissements de terrain 'actifs' affectent les côtes du Calvados, entre Trouville-sur-Mer et Honfleur et présentent des déplacements très variables, dans l'espace et le temps, avec des déplacements saisonniers d'ordre centimétriques à décimétriques, mais rythmées par des phases d'accélération brutales avec des déplacements pluri-métriques comme en 1982, 1988, 1995 et 2001.
Ces zones instables sont donc au cœur des préoccupations des gestionnaires qui doivent proposer une cartographie préventive des risques et faire admettre par les populations concernées, des zonages qui apparaissent pour beaucoup très (trop) contraignants et pas toujours facile à expliciter. Différents zonages réglementaires ont été proposés depuis les années 1970 (carte Zermos, PER, PPR). Le PPR mouvements de terrain des communes de Trouville-sur-Mer - Villerville – Cricqueboeuf a été approuvé le 4 mai 1990, mais mis en révision depuis juin 2003 compte tenu des réactivations successives.
De nombreuses investigations ont été menées à l'initiative des services de l'état et des équipes de recherches universitaires afin de mieux comprendre le fonctionnement de ces glissements et d'en prévoir l'extension potentielle.
L'objectif de notre présentation est de montrer comment dans une démarche de cartographie PPR de type 'expert', le zonage de l'aléa peut être optimisé en proposant des scénarios d'extension potentielle des zones instables sur les deux cirques du glissement du Cirque des Graves et des Fosses du Macre en se basant sur les différents travaux menés pour mieux comprendre l'organisation spatiale de ces glissements de terrain.
Notre démarche croise alors les résultats d'investigations de terrain multiples (analyses géomorphologiques, géotechniques, géophysiques, instrumentation haute résolution...) et de traitements SIG. Le tout permettant de mettre en avant les caractéristiques morphostructurales de ces versants instables.
Les différents résultats montrent l'intérêt des recherches académiques, basées sur des investigations multiples, dans la connaissance et la cartographie de ce type de phénomène et montrent notamment l'importance de connaitre avec précision la morphostructure de ce type de terrain afin de délimiter l'aléa avec précision notamment dans des zones où la pression foncière est importante. Cela permet de 'proposer' des limites raisonnables entre les niveaux d'aléa en permettant de réduire les incertitudes.

Mots-Clés: cartographie, aléa, PPR, glissements de terrain

Occurrence temporelle et seuils hydroclimatiques de déclenchement et de réactivation de glissements de terrain (Pays d'Auge, Normandie)

Candide Lissak*[1], Mathieu Fressard[1], Olivier Maquaire[1], Olivier Cantat[1], Yannick Thiery[2], Robert Davidson[1]

[1] Normandie Univ, UNICAEN, CNRS, LETG-Caen –CNRS : UMR6554 – 14000 Caen, France
[2] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – France
@ : candide.lissak@unicaen.fr

Les versants côtiers et continentaux du plateau du Pays d'Auge (Calvados, Normandie) sont sujets à des glissements profonds et superficiels (395 glissements de terrain cartographiés). Ces phénomènes sont globalement caractérisés par des déplacements lents de faible amplitude (< 1cm ou 1-10cm.an-1); mais peuvent être marqués par des accélérations brutales (déplacements pluri-métriques) notamment les glissements côtiers ou les glissements continentaux de la basse vallée de la Touques. Ces mouvements de versant sont sujets à d'importantes irrégularités dans leurs périodes de déclenchement et de réactivation.
Sur les secteurs les plus actifs (glissements du Cirque des Graves et des Fosses du Macre), un réseau de mesures haute résolution temporelle est implanté depuis 2009. Le système de surveillance est composé de 24 repères topographiques, 3 récepteurs GNSS permanents et de plusieurs points d'observation hydro-météorologiques. En complément, pour les glissements continentaux, un inventaire réalisé entre 2009 et 2013 a permis de cartographier 395 glissements (la date exacte de déclenchement/réactivation est connue pour 62 glissements).
A partir de la combinaison de données historiques régionales et de chroniques HR temporelles, l'objectif de notre étude est d'identifier des seuils hydro-climatiques critiques à la stabilité des versants. Ces seuils ont été identifiés sur la base d'approches statistiques et expertes par l'analyse des chroniques à différentes échelles. Plusieurs situations sont possibles pour les déclenchements et accélérations. Les glissements les plus profonds sont sujets à des accélérations lors d'excédents pluviométriques de longue durée (plusieurs mois) induisant une élévation des eaux souterraines de plus de deux mètres par rapport au niveau moyen annuel. Les accélérations d'amplitude modérées sont associées à des épisodes pluviométriques de faible intensité et à une élévation des nappes limitée. Ces faibles accélérations sont cependant saisonnières et entretiennent l'instabilité des versants depuis plusieurs décennies. Des pluies prolongées en période hivernale (> 15 jours consécutifs de pluie avec un cumul de plus de 100 mm) peuvent être responsables d'accélérations de amplitudes diverses et des précipitations de forte intensité en période estivale ou printanière (> 30mm par jour) peuvent provoquer l'accélération des glissements les plus superficiels.

Mots-Clés: glissement de terrain, facteur de déclenchement, seuil hydroclimatique

Dynamique d'une croûte orogénique partiellement fondue et de ultra-haute température : l'exemple de la Khondalite Belt, Craton de Chine du Nord

Cyril Lobjoie*[1], Pierre Trap[1], Wei Lin[2], Philippe Goncalves[1], Didier Marquer[1], Olivier Bruguier[3], Qiuli Li[2]

[1] UMR 6249 - Lab. Chrono-environnement – CNRS : UMR 6249 – Univ. Franche-Comté – 16 route de Gray 25000 Besançon, France
[2] State Key Laboratory of Lithospheric Evolution, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences – No.19, BeiTuCheng Road(West), ChaoYang District, Beijing City., Chine
[3] Univ. Montpellier – UMR5243-CNRS – Lab. ICP-MS Géosciences, place E. Bataillon, France

La Khondalite Belt, située dans le Craton de Chine du Nord, est une portion de croûte moyenne à inférieure, d'âge Paléoprotérozoïque, d'environ 1200 km de long et 300 km de large. Cette croûte orogénique est très largement fondue et contient de nombreux indices de métamorphisme de ultra-hautes températures. Quatre lithologies majeures sont documentées: des khondalites, qui sont des gneiss migmatitiques à grenat, sillimanite, biotite ± spinel ± sapphirine, des marbres et gneiss calco-silicatés, de nombreux granites et des intrusions de gabbronorites. L'analyse structurale détaillée, la construction de chemin P-T et la datation U-Pb (LA-ICP-MS) sur monazite et zircon permettent de contraindre l'évolution tectono-métamorphique de cette ceinture orogénique et de discuter sa dynamique.
Deux déformations principales, D1 et D2 sont reportées. Une foliation S1, peu pentée et généralement orientée N70°E est associée à une linéation d'étirement L1, subhorizontale de direction E-W. La déformation D1 est suprasolidus. La seconde foliation est fortement pentée et contribue au plissement de la S1 selon un raccourcissement horizontal NW-SE dans les conditions suprasolidus. A l'échelle kilométrique, D2 est responsable du développement d'un réseau anastomosé de zones de cisaillement selon un système en S/C/C' dans un régime transpressif dextre, depuis des conditions suprasolidus jusqu'à subsolidus. Bien que deux types de trajet, horaires et antihoraires, soient proposés classiquement pour les granulites de la Khondalite belt, les résultats de l'étude métamorphique semblent suggérer que seule une évolution P-T horaire est valide. La plupart des migmatites enregistrent des conditions de 0.6-0.8GPa et 850°C au pic du métamorphisme. Tandis que des températures jusqu'à 1050°C sont enregistrées à proximité de certaines intrusions basiques pour des pressions de l'ordre de 0.8 GPa à 0.3 GPa comme estimé dans un échantillon de migmatite à olivine. L'étude géochronologique suggère une durée de fusion partielle de la croûte de l'ordre de 50 Ma, entre ~1.93Ga et ~1.88Ga. Dans ce laps de temps, les intrusions de gabbronorites mises en place à moyenne et basse pression et le métamorphisme UHT associé sont également datées entre ~1.92Ga et ~1.89Ga.
Ces résultats sont replacés dans la cadre géodynamique du craton de Chine du Nord. Ils permettent de proposer un modèle de partitionnement de la déformation lors du fluage latéral d'une croûte chaude et partiellement fondue. Enfin, sont discutés la géométrie et le moment de transfert des liquides anatectiques, des magmas granitiques et gabbronoritiques dans la croûte migmatitique et leur rôle sur le bilan thermique et rhéologique.

Mots-Clés: croûte orogénique, migmatites, métamorphisme UHT, Khondalite Belt, transpression

Circulation convective dans le bassin du lac Tchad : apport des données satellitaires

Teodolina Lopez*[1], Raphael Antoine[2], Yann Kerr[1], José Darrozes[4], Michel Rabinowicz[3], Guillaume Ramillien[4], Anny Cazenave[4], Pierre Genthon[5,6]

[1] Centre d'études spatiales de la biosphère (CESBIO) – CNRS : UMR5126, IRD, CNES, Obs. Midi-Pyrénées, INSU, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III – BPI 2801, 18 Av Edouard Belin, 31401 Toulouse Cedex 4, France
[2] CEREMA Normandie-Centre – Ministère de l'écologie de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire – chemin de la poudrière 76120 Grand-Quevilly, France
[3] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563, 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[4] Lab. d'études en Géophysique et océanographie spatiales (LEGOS) – CNRS : UMR5566, IRD, CNES, Obs. Midi-Pyrénées, INSU, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III – 14 avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France
[5] Institut de Recherche pour le Développement (IRD) – Le Sextant 44, bd de Dunkerque, CS 90009 13572 Marseille Cedex 02, France
[6] Hydrosciences Montpellier (HSM) – IRD, CNRS : UMR5569, Univ. Montpellier II – Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5, France
@ : teodolina.lopez@protonmail.com, raphael.antoine@cerema.fr

La nappe phréatique du Quaternaire (dénommée par la suite NPQ) du bassin du lac Tchad est caractérisée par la présence d'anomalies piézométriques, d'une superficie moyenne de 12 000 km^2 (Schneider, 1966). Ces anomalies sont décrites comme des dépressions et des dômes piézométriques où la profondeur atteint respectivement ~60 m et ~10 m sous la surface. Une première étude de Leblanc et al. (2003) a montré que les températures de brillance obtenues par les images infrarouge de METEOSAT (5 km/pixel) sont corrélées spatialement avec les anomalies piézométriques. En effet, pour une même latitude, les dômes sont 4-5 K plus chaud que les dépressions, indépendamment des saisons. Ce comportement thermique peut être expliqué par un taux d'évapotranspiration plus important à l'aplomb des dômes (Leblanc et al., 2003). Cette hypothèse implique que la NPQ soit séparée des autres aquifères du bassin par une couche riche en argile datant du Pliocène. Cependant, basée sur l'imagerie visible, nous avons mis en évidence la présence de polygones géants dans les régions où la surface est enrichie en argile. Cette observation nous amène à penser que grâce à ses structures, une connexion verticale est susceptible de permettre un échange entre les différents aquifères.
Ces deux observations basées sur des données satellitaires nous permettent de proposer une hypothèse alternative pour expliquer le développement des anomalies piézométriques. Cette hypothèse se base sur le développement d'un modèle de circulation convective à l'échelle du bassin et qui impacte toutes les nappes. Le modèle montre que les dépressions piézométriques sont générées par un courant convectif descendant froid au contraire des dômes qui sont associés à un courant ascendant chaud. De ce fait, cet apport continu explique une augmentation du stock d'eau observée par GRACE dans la région des dômes piézométriques. L'association du cycle diurne avec le cycle d'évapotranspiration à l'aplomb du courant convectif ascendant permet d'expliquer l'excès de température associé aux dômes piézométriques.

Refs : Schneider (1966), Carte hydrogéologique au 1/500 000, *B.R.G.M.* Leblanc et al (2003), *Geophys. Res. Lett., 30* (19), 1998.

Mots-Clés: lac Tchad, anomalies piézométriques, perméabilité verticale, données infrarouges, convection, GRACE

Monte Carlo approach to assess the uncertainty of wide-angle layered models: Application to the Santos Basin, Brazil

Afonso Loureiro*[1,2], Alexandra Afilhado[1,3], Luís Matias[1,2], Maryline Moulin[4], Daniel Aslanian[4]

[1] Instituto Dom Luiz (IDL) – Portugal
[2] Faculdade de Ciências (FCUL) – Universidade de Lisboa, Campo Grande, Edificio C5, 7749-076 Lisboa, Portugal
[3] Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL) – Portugal
[4] Lab. de Géodynamique et enregistrement Sédimentaire (GM-LGS) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Ifremer, REM-GM-LGS, Technopôle Brest-Iroise, CS 10070, 29280 Plouzané Cedex, France
afilhado@dec.isel.ipl.pt

In the Santos Basin (Brazil), two parallel wide-angle refraction profiles show different crustal structures. One shows moderate crustal velocity gradient, and a clear Moho with topography. The other has an anomalous velocity zone, and no clear Moho reflections. This has large implications on the geological and geodynamical interpretation of the basin. Model uncertainties must be excluded as a source of these differences.
We developed VMONTECARLO, a tool to assess model uncertainty of layered velocity models using a Monte Carlo approach and simultaneous parameter perturbation using all picked refracted and reflected arrivals. It gives insights into the acceptable geological interpretations allowed by data and model uncertainty through velocity-depth plots that provide: a) the velocity-depth profile range that is consistent with the travel times; b)) the random model that provides the best fit, keeping most of the observations covered by ray-tracing; c) insight into valid models dispersion; d) main model features unequivocally required by the travel times, e.g., first-order versus second-order discontinuities, and velocity gradient magnitudes; e) parameter value probability distribution histograms.
VMONTECARLO is seamlessly integrated into a RAYINVR-based modelling work-flow, and can be used to assess final models or sound the solution space for alternate models, and is also capable of evaluating forward models without the need for inversion, thus avoiding local minima that may trap the inversion algorithms and providing information for models still not well-parametrized.
Results for the Brazilian models show that the imaged structures are indeed geologically different and are not due to different interpretations of the same features within the model uncertainty bounds. These differences highlight the strong heterogeneity of the crust in the middle of the Santos Basin, where the rift is supposed to have failed.

Mots-Clés: Brazil, Santos Basin, velocity and depth uncertainty, wide-angle seismic reflection and refraction, ray-tracing and travel time inversion, Monte Carlo, model assessment and probability distribution

Apport des campagnes de mesures 2014-2016 par sondage magnétique des protons sur le site expérimental hydrogéologique de Beauvais

Pascale Lutz*[1], Lahcen Zouhri[1]

[1] HydrISE – Institut Polytechnique LaSalle Beauvais-Esitpa – 19, rue Pierre Waguet - BP30313 - 60026 Beauvais Cedex, France
@ : pascale.lutz@lasalle-beauvais.fr

Le site expérimental hydrogéologique de Beauvais est constitué notamment de **5 forages et 14 piézomètres de 110 m** (réalisés en 2013-2014), ainsi que d'un forage carotté depuis mai 2015. Ces ouvrages permettent le suivi piézométrique de la nappe et d'estimer les propriétés physico-chimiques de l'aquifère (par diagraphies notamment). La réalisation de tomographies électriques et profils de sismique réfraction à proximité des forages permettent également de compléter les informations sur la lithologie et de localiser les zones altérées.
Les **méthodes géophysiques de subsurface traditionnelles** (méthodes électriques et sismique réfraction notamment) sont, en effet, couramment employées pour répondre à des problématiques hydrogéologiques variées. Elles peuvent être efficaces dans la définition géométrique des couches aquifères, mais ne permettent généralement pas de déterminer les propriétés et paramètres hydrogéologiques. Elles mesurent effectivement un **paramètre** qui n'est **qu'indirectement lié à la présence et à la quantité d'eau** dans le sous-sol.
La méthode du **" Sondage par Résonance Magnétique des Protons (RMP) " permet par contre de détecter directement la présence d'eau** dans le sous-sol et d'**estimer les principaux paramètres hydrogéologiques** : teneur en eau, perméabilité (K) et transmissivité (T). C'est la raison pour laquelle l'Institut Polytechnique LaSalle Beauvais-Esitpa a décidé d'inclure cette méthode dans son protocole multi-disciplinaire d'étude de l'aquifère de la craie.
Depuis juin 2014, plusieurs **campagnes par sondages RMP** ont été menées au nord de la plateforme hydrogéologique, afin d'approfondir les connaissances des **caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère de façon non destructive**. Ces dernières ont tout d'abord consisté à localiser les zones favorables pour la réalisation de tels sondages. Les mesures ont ensuite été effectuées en utilisant le système " Nummis Poly " d'IRIS Instruments ; l'inversion des données a permis de déterminer des modèles de teneur en eau jusqu'à 90 m en moyenne et d'estimer l'évolution de la perméabilité et de la transmissivité. La synthèse de ces résultats, en incluant ceux de la récente campagne de début juin 2016, permet de révéler les variations spatiales et temporelles des caractéristiques hydrogéologiques de l'aquifère de la craie à proximité de Beauvais.

Mots-Clés: aquifère et nappe de la craie, Beauvais, site expérimental hydrogéologique, sondages par Résonnance Magnétique des Protons, méthodes électriques, diagraphies, sismique réfraction, piézométrie

Magnétisme environnemental et cartographie des aérosols urbains dans la ville de Paris

Mélina Macouin*[1], Sonia Rousse[1], Christine Franke[2], Aude Isambert[3], Aurélio Philip[2]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR 5563 – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[2] Mines ParisTech, Centre des Géosciences – Paris Sciences & Lettres Research University - PSL – 35 rue St Honoré, 77300 Fontainebleau, France
[3] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – Univ. la Réunion, Univ. Paris VII - Paris Diderot, INSU, CNRS : UMR7154 – 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05, France

La pollution de l'air représente un problème de santé publique croissant, notamment dans les zones urbanisées. Son suivi et sa connaissance sont donc des enjeux majeurs. Traditionnellement, la quantification des particules en suspension dans l'atmosphère est réalisée par des stations de collectes et des mesures chimiques qui impliquent un coût important tant opérationnel qu'instrumental. A l'inverse, les méthodes de magnétisme environnemental, développées récemment, ont l'avantage de permettre de traiter un grand nombre d'échantillons en raison de leur facilité et de leur rapidité de mise en œuvre. Ces méthodes utilisent les propriétés magnétiques de certains aérosols pour évaluer de manière indirecte les émissions de polluants. Ces méthodes sont maintenant reconnues pour l'étude de différents types de pollution anthropiques et sur différents collecteurs de poussières atmosphériques tels que les filtres et les végétaux.
Nous avons utilisé ces méthodes afin de cartographier les pollutions atmosphériques urbaines le long de la Seine. Une campagne d'échantillonnage d'écorces de platanes a été effectuée dans l'agglomération parisienne, en avril 2016, dans le cadre du programme " Paris 2030 ". Environ 350 échantillons d'écorces de platanes ont été prélevés dans la ville de Paris et les communes limitrophes en amont et en aval. Les échantillons récoltés ont été analysés afin de déterminer leurs caractéristiques magnétiques (susceptibilité magnétique, hystérésis magnétique, acquisition d'aimantations isothermales, dépendance en fréquence de la susceptibilité).
L'utilisation du magnétisme environnemental permet de proposer une carte à haute résolution ($<$ 50 m) des valeurs de susceptibilité magnétique et des valeurs la dépendance en fréquence de la susceptibilité magnétique des écorces de platanes. Les résultats obtenus montrent une concentration plus importante en (nano)particules magnétiques en fonction de l'importance de la voie de circulation attenante et de son éloignement par rapport à l'arbre prélevé. Le nombre de voies, la vitesse limite autorisée et le nombre de croisements ou de feux de circulations sont autant de paramètres qui influent sur la concentration et la taille des particules magnétiques retrouvées. Les écorces de platanes se révèlent être de bons collecteurs de poussières atmosphériques et offrent le potentiel, ainsi, de cartographier, à courte échelle spatiale, différents types de particules émises par le trafic routier.

Mots-Clés: magnétisme environnemental, pollution atmosphérique, pollution urbaine, métaux lourds, aérosols

Characterization and ceramic application of cretaceous clays of south-east Tunisia

Salah Mahmoudi*[1], Ezzeddine Srasra, Fouad Zargouni

[1] Department of Earth Sciences, Faculty of Sciences of Gabes, 6072, Zrig, Gabes, Tunisie

Many clays were selected from south–east Tunisia, were subjected to detailed mineralogical, chemical and geotechnical analyses. These clays were showed the dominance of illite, minor amount of kaolinite, illite/smectite mixed layers and chlorite. The non-clay minerals were quartz, calcite, hematite, dolomite and small rate of feldspars.The presence of these clay minerals gives an indication of their capability to produce a ceramic product, also the absence of some minerals injures the ceramic product like that of gypsum. The geochemical analysis proved that these clays are siliceous, aluminous and the rate of CaO does not exceed 20%. The iron rate was relatively high (~ 7%). Plasticity measurements showed that these clays are slightly plastic. They adapt to fast drying. The firing and drying behavior were proved that these clays are the drying and firing shrinkage were little and don't pass 4% and 2%, respectively. These analyses data were encouraging and can be a very favorable for use in traditional ceramic. The ceramic mixtures give satisfactory results.

Mots-Clés: clays, mineralogy, chemistry, ceramic properties, Tunisia

Caractéristiques sédimentologiques des environnements de dépôts actuels de l'estuaire de la Loire

Grégoire Maillet*[1,2], Matthieu Durand[1], Claude Vella[3], Hélène Clouet[1,2], Noémie Martin[1], Eric Beneteau[1], Meryem Mojtahid[1]

[1] Lab. des Bio-Indicateurs Actuels et Fossiles (LPG-BIAF) – Univ. Angers, CNRS : UMR6112 – 2 boulevard Lavoisier - 49045 Angers Cedex 01, France
[2] Observatoire des Sciences de l'Univers Nantes Atlantique (OSUNA) – CNRS : UMS3281 – Campus Lombarderie - 2 Rue de la Houssinière - 44322 NANTES, France
[3] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., INSU, IRD, CNRS : UMR7330 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France

Un jeu de données morphologiques, sédimentologiques et géophysiques détaillées a été acquis dans l'estuaire de la Loire de l'amont de Nantes à la pointe Saint Gildas en septembre 2012, conjointement par la V/O Haliotis (Maillet, 2012) et le Surell (Mojtahid et al., 2014). Une cartographie détaillée basée sur une mosaïque sonar couplée au logiciel Roxann et calée par 320 prélèvements sédimentaires à la benne van Veen et des données Chirp permet la caractérisation la plus complète possible de la distribution des sédiments superficiels et de la nature des habitats benthiques de l'estuaire (Mojtahid et al., 2014).
Dans ce contexte une étude statistique multicritères a été réalisée pour tenter de dégager les caractéristiques de différents environnements de dépôts actuels dans l'estuaire. L'objectif est de contribuer à l'interprétation de la distribution spatiale des organismes benthiques estuariens et d'abonder les études de reconstitution paléo-environnementale basées sur des carottages ne permettant pas d'appréhender la variabilité spatiale des processus.
Concernant les résultats, si une signature explicite des caractéristiques des vasières inter-tidales, du fond de chenal dragué et de la position des sites par rapport au bouchon vaseux est décelable, il semble plus complexe de définir des caractéristiques sédimentologiques propres aux zones subtidales, y compris dans le gradient amont-aval, pourtant théoriquement marqué par la zone d'amortissement des énergies dans la partie médiane de l'estuaire (confrontation marée-houle vs fleuve), et par l'origine marine ou continentale des particules.
Les raisons envisagées tiennent (1) à une spécificité du fleuve Loire encore capable de mobiliser une charge sablo-graveleuse granulométriquement indifférenciable des sédiments marins, et (2) à la forte variabilité latérale des dépôts sédimentaires causée par un degré d'anthropisation du chenal fortement dissymétrique.

Maillet G. (2012). Halioloire1 cruise, RV Haliotis, http://dx.doi.org/10.17600/12120050
Mojtahid M., Maillet G.M., Coynel A., Jadas-Hécart A., 2014.Semhabel: Suivi Environnemental des Micro-HAbitats Benthiques de l'Estuaire de la Loire. Final report, FEDER / Plan Loire Grandeur Nature, Angers University, 112 p.

Mots-Clés: environnements de dépôt, cartographie des habitats benthiques, zones de transition

Caractérisation du métamorphisme de bas-degré des systèmes turbiditiques syn-orogéniques des bassins d'avant-pays sud-pyrénéens

Tatiana Maison*[1], Sébastien Potel[1], Pierre Malié[1], Cyril Gagnaison[1], Benoit Proudhon[1], Julien Bailleul[1]

[1] Bassins Réservoirs Ressources (B2R) – Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – 19 rue Pierre Waguet - BP30313 - 60026 Beauvais Cedex, France
@ : tatiana.maison@lasalle-beauvais.fr

L'Unité Sud-Pyrénéenne Centrale (USPC) s'étend du bassin de Jaca à l'Ouest, aux massifs de la Pedraforca et de Cadi à l'Est et depuis la Haute Chaîne au Nord, jusqu'au bassin de l'Ebre au Sud. Constituée d'une série décollée allant du Trias à l'Oligo-Miocène, elle représente un vaste domaine trapézoïdal en plats et rampes. Ce dispositif correspond à l'imbrication de 3 sous-unités principales, transportées sur des chevauchements en *piggy-back* à vergence sud, avec du Nord au Sud et de la plus ancienne à la plus récente, les nappes de Boixols (Campano-Maastrichtien), Montsech (Eocène supérieur) et Sierras Marginales (Oligo-Miocène). La couverture méso-cénozoïque, décollée au niveau des évaporites triasiques, s'est déplacée vers le Sud, chevauchant le Bassin d'avant-pays de l'Ebre, au niveau Chevauchement Frontal Sud-Pyrénéen situé au front des Sierras Marginales.

L'utilisation des méthodes d'étude du métamorphisme de bas ou très-bas degré fournit des éléments sur la compréhension de l'évolution syn-orogenique des systèmes turbiditiques des bassins sédimentaires d'avant pays. Parmi ces méthodes, certaines impliquent les minéraux argileux et leurs réactions de transformations en réponse à différents facteurs tels-que la température. En effet, les minéraux argileux comme l'illite et la chlorite sont très présents dans les bassins sédimentaires et offrent la possibilité de caractériser le métamorphisme de bas degré en utilisant les indices de " cristallinité " des argiles de Kübler (illite) et d'Árkai (chlorite).

Ici, l'étude du métamorphisme de bas degré, basée sur une approche multi-méthodes (minéraux argileux et matère organique) permet de comprendre l'évolution thermo-barométrique des nappes de Boixols au niveau du sous-bassin de Pardinella et de Montsech au niveau du bassin de Tremp. Des transects orientés N-S permettent d'appréhender l'influence de la tectonique compressive sur la recristallisation des phyllosilicates, l'évolution de la matière organique et donc le degré métamorphique supposé et la maturation des bassins.

Les premiers résultats sur l'étude des argiles et la matière organique au sein des deux sous-bassins montrent des conditions diagenétiques (" High diagenesis ") dans les formations sédimentaires du Campano-Maastrichtien mais aussi dans les formations Eocène dans la nappe de Montsech (bassin de Tremp). De plus, les valeurs de " cristallinité " de l'illite, par leur diminution du sud vers le nord dans chacun des bassins, montrent une augmentation de la température dans cette même orientation.

Mots-Clés: Pyrénées, bassin syn-orogénique, métamorphisme bas degré, argiles, Boixols, Montsech, illite, matière organique

Relationships between tectonic structures and cold seep plumbing systems on active accretionary margins from field exposures of tubular concretions (North Island, New Zealand)

Pierre Malié*[1], Julien Bailleul[1], Frank Chanier[2], Renaud Toullec[1], Geoffroy Mahieux[1,3], Vincent Caron[1,3], Sébastien Potel[1]

[1] Bassin-Réservoirs-Ressources (B2R) – Dpt. Géosciences – Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – 19 Rue Pierre Waguet,- BP 30313, F-60026 Beauvais Cedex, France
[2] Lab. d'Océanologie et de Géosciences (LOG) – Univ. Lille I, CNRS : UMR8187, Univ. Littoral Côte d'Opale – 59650 Villeneuve d'Ascq Cedex, France
[3] University of Picardie Jules-Verne – Chemin du Thil, 80000 Amiens, France
@ : pierre.malie@unilasalle.fr

The analysis of offshore seismic lines suggests that a strong relationship exists between tectonic structures and paleo-fluid migrations in accretionary prisms. However, only a few field analogues of the plumbing system have been described and their tectonic framework has not been investigated in detail. The uplifted accretionary prism of the Hikurangi Margin, (North Island, New Zealand) exposes early to late Miocene mudrocks in coastal cliffs north of Cape Turnagain, and in the Akitio syncline east of Pongaroa. These outcrops display tubular carbonate concretions that result from a subsurface plumbing network of paleo-seeps within Miocene trench slope basins. We present here new results on the spatial distribution of the tubular concretions, with a particular attention to their relations with tectonic structures.

In the Pongaroa area, tubular carbonate concretions in lower Miocene mudrocks, occur along N-S trends, while in middle Miocene sediments, they occur along NNE-SSW trends. The N-S trend parallels the major Fault Zone (Breakdown FZ), which separates two wide synclines (Waihoki and Akitio synclines). The NNE-SSW direction parallels the orientation of the axes of these two synclines, also parallel to the present subduction front. Our mapping and tectonic analysis suggested a strong relationship between the main structural directions and the occurrence of tubular concretions.

In the Cape Turnagain area, part of another slope basin, tubular concretions developed on the western flank of a syncline on the foot-wall of a major seaward-verging thrust (Tautane Fault).In addition, we show that offshore seismic lines cross-cutting the Tautane Fault present some evidence of paleo-fluid circulation within the overthrusted series, on the same foot-wall domain than those of Cape Turnagain area.

The distribution of tubular concretions from both studied slope basins reveals the close relationship between tectonic activity on faults and this particular type of fluids circulations. However, some of the concretions appear more likely linked to folding, with no direct link to any major fault. The detailed analysis of tubular concretions from various ages and contexts permits to discuss the origin of fluids, and the processes and timing of fluid circulation during deformation on the upper ridge of an accretionary wedge.

Mots-Clés: accretionary wedge, tectonic structures, tubular concretions, fluid circulation, New Zealand

Multi-proxy analysis of the burial history of slope basins on the Hikurangi accretionary wedge (North Island, New Zealand)

Pierre Malié*[1], Sébastien Potel[1], Rafael Ferreiro Mählmann[2], Julien Bailleul[1], Frank Chanier[3], Renaud Toullec[1], Geoffroy Mahieux[1,4], Vincent Crombez[5], Tatiana Maison[1], Brad Field[6]

[1] Bassin-Réservoirs-Ressources (B2R) – Dpt. Géosciences – Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – 19 Rue Pierre Waguet, BP 30313, 60026 Beauvais Cedex, France
[2] Technische Universität Darmstadt – Institut für Angewandte Geowissenschaften, Schnittspahnstraße 9, D-64287 Darmstadt, Allemagne
[3] Lab. d'Océanologie et de Géosciences (LOG) – Univ. Lille I, CNRS : UMR8187, Univ. Littoral Côte d'Opale – 59650 Villeneuve d'Ascq Cedex, France
[4] University of Picardie Jules-Verne – Chemin du Thil, 80000 Amiens, France
[5] IFP Energies nouvelles, Geosciences Division (IFPEN) – 1 et 4 avenue de Bois-Préau, 92852 Rueil-Malmaison, France
[6] GNS Science (GNS) – 1 Fairway Ave, Lower Hutt, Nouvelle-Zélande
@ : pierre.malie@unilasalle.fr

In the Wairarapa area (North Island, New Zealand), maturation of hydrocarbon source rocks and the migration of fluids increased in the Miocene to Pliocene due to tectonic burial associated with the formation of the Hikurangi accretionary wedge. The outer wedge of the accretionary prism is offshore, but the inner wedge is exposed in the Coastal Ranges, permitting high-resolution sampling of Neogene trench slope basins and their pre-orogenic Cretaceous to Oligocene sedimentary bedrocks. Thermal maturity of the sedimentary organic matter and of migrated solid bitumen generations was studied in order to estimate the thickness of the eroded cover. The study mainly focused on onshore basins and basement ridges, but has been extended offshore using sample cuttings from two wells: Titihaoa-1 and Tawatawa-1.
A multi–proxy approach was used, involving analysis of organic matter (Rock-Eval pyrolysis, organic petrography, vitrinite and solid bitumen reflectance) and of clay minerals (Kübler Index (KI) of the <2 and <10 μm fractions) as also the study of the clay mineral reaction progress with increasing grade of diagenesis.
The Middle to Late Cretaceous formations show type III and IV kerogenes (vitrinite, inertinite, solid bitumen and reworked material). The latest Cretaceous to Paleocene Formations (Whangai formation and Waipawa black shale) are composed of Type II and III kerogenes and represent the only known potential source rocks identified so far within the basin. Results of Rock-Eval pyrolysis indicate that the Cretaceous to Paleocene formations are immature to marginally mature in the outcrops. Migrated solid bitumen populations found in fractures of Paleocene limestones suggest multiple migration events during the Neogene sedimentary and tectonic burial history.
High-grade diagenetic KI values and vitrinite data of the high volatile bituminous stage determined from Late Miocene formations in the Titihaoa-1 and Tawatawa-1 wells and field samples indicate a detrital component. The provenience of the detritus is assigned to Jurassic to Cretaceous structural highs formed during the Late Miocene. The reworked detrital material can be associated to the Late Miocene erosional phase affecting the structural highs separating the Neogene basins.

Mots-Clés: organic matter petrography, clay mineralogy, structural analysis, vitrinite/solid bitumen reflectance, Kübler Index, burial history, Hikurangi prism, New Zealand

Thermo-chronological constraints on diagenetic evolution of carbonate reservoirs (Δ47 and U/Pb): case of the Paris basin, France

Xavier Mangenot*[1,2], Magali Bonifacie[2], Marta Gasparrini[1], Axel Gerdes[3], Virgile Rouchon[1]

[1] IFP Energies Nouvelles (IFPEN) – France
[2] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05, France
[3] J. W. Goethe Universität, Institut für Geowissenschaften – Frankfurt am Main, Allemagne
@ : bonifaci@ipgp.fr

Diagenesis is a crucial process in the development or destruction of reservoir properties, especially in carbonate formations. Exploration and modeling concepts require prior detailed reconstruction of diagenetic history and fluids pathways with three key parameters: (1) the temperature at which diagenetic transformations occurred, (2) their absolute ages and (3) the source of mineralizing fluids (e.g. meteoric, marine, brine...). Thermal information from diagenetic carbonates is commonly derived from conventional stable oxygen isotopes measurements and fluid inclusions microthermometry. However, these geothermometers are often at their application limits and require assumptions to be made on the fluid composition, petrography and pressure. An accurate and self-sufficient quantification of carbonate formation temperature can now be provided by clumped isotopes thermometry (Δ47). Carbonate relative ages are traditionally determined from macroscopic and petrographic observations. More recently the development of U-Pb radiometric analyses by ID-TIMS gave access to carbonate absolute dating. Until now the potential of this method has been impeded by the important carbonate volume and U contents required and by the fact that it is a very time consuming method, but current the development of *in situ* U/Pb dating by laser ablation opens new opportunities. This study presents for the first time the coupling of two recently developed geochemical proxies on carbonate minerals (Δ47 thermometry and *in situ* U/Pb dating by laser ablation) in order to constrain the thermo-chronological evolution and the paragenetic history of a carbonate reservoir. Here we focused on a Middle Jurassic carbonate reservoir unit (Paris basin, 1800m depth), that hosts four successive generations of calcite and dolomite cements. We recorded a multi-steps thermal evolution, beginning with deposition under normal sedimentary temperature (marine TΔ47 between 23° and 30°C) and evolving towards oil window burial conditions. Indeed, the four burial cements show distinguishable Δ47 temperatures from 59° to 90°C, ranging in ages from late Cretaceous (121$\pm$4My) to Oligocene (35$\pm$6My). We have therefore calibrated a paragenetic sequence both in time and temperature, providing a framework of fluid circulation and petrophysical evolution of the studied reservoir formation. Finally, the time-temperature scenario deduced from the tandem application of Δ47 and U-Pb analyses agrees with the modeled thermal history available for the Paris basin (backstripping calibrated with vitrinite reflectance data). We anticipate that this novel thermochronological approach for studying carbonate diagenesis will provide crucial information on: (1) the thermal history and heat flow regime in sedimentary basins, (2) absolute ages of oil and water migration in reservoirs, (3) the evolution in time and space of the reservoirs quality.

Mots-Clés: clumped isotopes, U/Pb dating, paleofluids, thermicity

In situ U-Pb dating of carbonate by LA-ICP-(SC)-MS : Context, results and perspectives

Xavier Mangenot*[1,2], Axel Gerdes[3], Marta Gasparrini[2], Magali Bonifacie[1], Virgile Rouchon[2]

[1] IPGP – 1 rue Jussieu, 75005 Paris, France
[2] IFP Energies Nouvelles (IFPEN) – 1-4 avenue du bois Préau, 92500, Rueil Malmaison, France
[3] J. W. Goethe Universität, Institut für Geowissenschaften – Frankfurt am Main, Allemagne
@ : gerdes@em.uni-frankfurt.de, marta.gasparrini@ifpen.fr

Providing absolute time constraints on diagenetic events remain a challenge that would be very promising to characterize the chronology of reservoir quality development relative to trap formation, petroleum catagenesis and migration. In diagenetic studies, it is common practice to establish a paragenetic sequence that places the petrographically observable diagenetic phases in a relative timescale (e.g. cement stratigraphy). Unfortunately, this relative chronology does not provide any information on the specific age of each diagenetic phase, neither on the cinematic and duration of the mineralization process (e.g. pore or veins filling cements). Here is reported a laser ablation (LA) method to perform *in situ* U-Pb dating of carbonate minerals directly on thin sections or polished surfaces. LA methods are not as precise as most isotope dilution TIMS method, but have the ability to quickly generate calendar ages, thus expanding the range of dating tools that can be applied to various carbonate mineralogies (calcite, dolomite). This new *in situ* approach allows age characterization with uncertainties as small as $\pm 1\%$ (2sigma) at 95% confidence, depending on U content and/or on the occurrence of radiogenic subzones, two key parameters for precise age characterizations. More than 15 geochronological results will be presented from a sample-set of diagenetic cements, microcrystalline calcites and biogenic shells from the Jurassic and Triassic reservoirs of the Paris basin. Some specimens showed to be very suitable material for precise U/Pb dating; with high radiogenic subzones (U/Pb$>$ 100) and high uranium content (U$>$ 2ppm), whereas other specimens were very poor in U and/or too rich in common lead to be precisely dated ($>$ 10% errors). The significance and the interpretation of U-Pb isochrones will be discussed taking into account petrographic and cathodoluminescence characters of the studied cements. Examples of both successful and unsuccessful samples will be presented and discussed in order to expose our actual knowledge on the prerequisite, the applicability and the precision of LA U/Pb dating methods on carbonate. This recent innovation has produced encouraging results that may revolutionize our ability to date diagenesis and is likely to grow rapidly in the future.

Mots-Clés: carbonate diagenesis, U/Pb dating, LA-ICPMS

Correlation of inorganic and organic thermal indicators in the fold-and-thrust belts of the subalpine basins (Bauges and Bornes massifs, France)

Xavier Mangenot*[1,2], Jean-François Deconinck[3], Magali Bonifacie[2], Pierre-Yves Collin[3], Jean-Pierre Sizun[4], Didier Quesne[3]

[1] IFP Energies Nouvelles (IFPEN) – France
[2] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05, France
[3] Univ. Bourgogne – Biogéoscience – Dijon, France
[4] Chrono-environnement – Univ. Bourgogne Franche-Comté, CNRS : UMR6249 – route de Gray 25030 Besançon Cedex, France
@ : jean-francois.deconinck@u-bourgogne.fr

One of the main advantage of correlating different proxies in thermal reconstructions is that they often react differently to the evolution of the physico-chemical conditions during sedimentary and tectonic burial (e.g. temperature and exposure time), indirectly providing access to information on the rate of geological processes. In this study we investigate the sensitivity and the kinetic response of three independent thermal proxies (clay mineralogy, organic matter maturity and clumped isotopes thermometry) on carbonate samples that experienced contrasting thermal histories. The emergent carbonate clumped isotopes technique shows high promise to constrain the precipitation temperature of carbonate minerals but might also be affected by later reordering of 13C–18O bonds though solid-state diffusion when the rock experiences higher-T conditions than those of precipitation. While the respective progress of clay mineral transformation and organic matter maturation are well documented in different geologic and thermal settings (e.g. Delisanti et al. 2010, Uysal et al. 2000), the progress of solid-state diffusion and its impact on the clumped isotopes composition still need to be assessed. Here we examine this issue on the natural case study in the western subalpine Alps, which present two zones affected by contrasting thermal histories. The internal zone has experienced tectonic burial by thrusting, resulting in overheating ($>$ 160°C) that simultaneously induced clay mineral diagenetic transformations (R1 to R3 illite-smectite transformation), organic matter overmaturation (gas windows) and carbonates clumped isotopes resetting (D47 blocky temperature $>$ 160°C) of the overlying carbonate units (sublitographic limestones - Upper Cretaceous). The external zones have undergone a cooler thermal history ($<$ 80°C) and does not record such modifications. This comparative approach of three independent thermal indicators allow to access natural temperature-time limits for the preservation or alteration of the primary clumped isotopes paleotemperatures. In order to better constrain these limits, our geological observations will be compared with heating experiments conducted at laboratory timescales (Henkes et al. 2013). Finally, we will discuss the implication of clumped isotopes resetting for reconstructing the maximal burial temperature of the studied carbonate units, the thickness of the eroded thrust sheet and its cooling rate.

Mots-Clés: clumped isotope, thermicity, clay diagenesis

Suivi de la dynamique des falaises argilo-marneuses par scanner laser terrestre et photogrammétrie (Calvados, Normandie) depuis septembre 2014

Olivier Maquaire*[1], Stéphane Costa[1], Thomas Roulland[1], Mohand Medjkane[1], Pauline Letortu[2], Robert Davidson[1]

[1] Littoral - Environnement - Télédétection - Géomatique (LETG-Caen) – Normandie Univ, UNICAEN, CNRS : UMR6554 – 14000 Caen, France
[2] Littoral - Environnement - Télédétection - Géomatique (LETG-Brest Géomer) – CNRS : UMR6554, Univ. Bretagne Occidentale (UBO) – Institut Universitaire Européen de la Mer, 29280 Plouzané, France

Entre Houlgate et Villers-sur-Mer (Calvados, Normandie), les falaises des '*Vaches Noires*' évoluent sous l'action de processus subaériens continentaux et marins. L'escarpement principal est armé par un calcaire de faible épaisseur reposant sur une épaisse série argilo-marneuse. Cet escarpement recule par glissements rotationnels. La partie aval de l'escarpement présente une morphologie chaotique affectée par des coulées boueuses s'écoulant entre des pinacles. Le trait de côte évolue par accumulation des dépôts résultant des glissements et ou des coulées boueuses à la base de la falaise et par l'attaque par la mer.
Dans le cadre du SNO DYNALIT (Service National d'Observation axé sur l'étude de la dynamique du littoral et du trait de côte), le suivi d'un secteur des falaises des vaches noires a été entrepris. Deux méthodes ont été retenues pour la création de MNT, une méthode 'lourde' par suivi au TLS (Terrestrial Laser Scanning), et une méthode 'légère' par photogrammétrie terrestre de type 'Structure from Motion' (SfM).
Les résultats permettent d'apporter des réponses quant à la précision et la résolution de chacune des méthodes. Le levé par TLS apporte des résultats précis d'ordre centimétrique mais la mise en place sur le terrain se révèle plus contraignante (temps d'acquisition lié aux horaires de marée, nombre de personnel...). Le suivi par photogrammétrie terrestre SfM constitue une méthode rapide et peu couteuse capable de produire des MNT avec une précision décimétrique. Toutefois, compte tenu de la morphologie très chaotique, ils demeurent tout de même quelques " zones d'ombre ". De plus, pour photogrammétrie terrestre SfM, la résolution décroit avec la distance de prise de vue (mauvaise résolution en partie sommitale de la falaise). Mais, sur les deux années de suivi, il est possible de bien mettre en évidence le fonctionnement très différencié, dans l'espace et le temps, des divers talwegs et interfluves suivis.

Mots-Clés: dynamique, falaises, Lidar, photogrammétrie, haute résolution

Les cartes G: Programme de cartographie des sédiments des côtes métropolitaines

Elodie Marches*[1], Thierry Garlan[1], Isabelle Gabelotaud[1], Emeric Brenon[1]

[1] Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) – Ministère de la Défense – 13 rue du Chatellier 29200 BREST, France
@ : thierry.garlan@shom.fr

La connaissance de la nature des fonds marins est nécessaire pour répondre à de nombreux besoins, tels que la délimitation des habitats marins benthiques (activités de pêche ou de protection des écosystèmes), l'exploitation des granulats, la sécurité de la navigation ou encore les études de sites pour l'implantation d'infrastructures en mer (EMR). Dans ce cadre, le SHOM, en partenariat avec d'autres organismes publics, réalise depuis 1992, des cartes de répartition des sédiments sur le plateau continental métropolitain : les cartes G.
Ces cartes sont réalisées avec l'ensemble de la connaissance disponible. Pour une carte G, vont donc être prises en compte des données anciennes acquises au plomb suiffé jusqu'aux données les plus récentes (sondeur multifaisceaux, sonar latéral, prélèvements à la benne ou par carottages, systèmes de classification des fonds). L'opération de priorisation des données et de délimitation des zones sédimentaires est effectuée par le sédimentologue qui dispose d'une visualisation de toutes les données dans le SIG conçu en début de projet de réalisation de toute carte G. Les données les plus récentes permettent d'obtenir une très haute résolution qu'il faudra simplifier pour répondre aux exigences des règles cartographiques. Les données anciennes fournissent une information permettant de réaliser la cartographie dans des secteurs où les levés récents font défaut. Les cartes G constituent ainsi la synthèse des données sédimentologiques existantes. Comme elles comportent des données d'époques très différentes et qu'elles ne représentent donc pas l'état des fonds marins à un moment donné, chacune des cartes G est accompagnée d'une carte de qualité et de répartition des connaissances qui renseigne sur la quantité de données qui ont été intégrées et sur la modernité des systèmes d'acquisition utilisés.
Elles existent sous forme côtières au 1/50 000 et avec une variante sous forme régionales au 1/150 000. A terme, le programme doit aboutir à une cartographie complète du plateau continental français.

Mots-Clés: cartographie, sédiments, nature des fonds

Projet VALSE : Vulnérabilité et Adaptation pour Les Sociétés face aux Érosions de falaises côtières en région Provence Alpes Côte d'Azur (PACA) : 2012-2014

Nathalie Marçot*[1], Jérémy Giuliano[2], Thomas Dewez[1], Mélody Prémaillon[3], Thomas Lebourg[2], Vincent Godard[4], Cécilia Claeys[5], Anna Rouadjia, Laurent Fissier, Hervé Tepongning Megnifo

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – France
[2] Géoazur – Univ. Nice Sophia Antipolis, Obs. Cote d'Azur, IRD, CNRS : UMR7329 – 250 rue Albert Einstein, Sophia Antipolis, 06560 Valbonne, France
[3] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR 5563 – 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France
[4] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., IRD, CNRS : UMR 7330 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[5] Lab. Population-Environnement-Développement (LPED) – IRD – Univ. Provence - Aix-Marseille I, CNRS : UMR 151 – 3 place Victor Hugo - 13331 Marseille Cedex 3, France
@ : n.marcot@brgm.fr

VALSE avait pour objectifs d'améliorer la compréhension des **processus mécaniques d'érosion** dans l'évaluation d'une loi probabiliste mettant en évidence le **recul du trait de côte rocheux** de la région PACA, en intégrant la **dimension sociale** de la vulnérabilité et de l'adaptabilité des sociétés et des territoires en questions face aux changements globaux.
S'adressant en priorité aux **gestionnaires**, Région et DREAL étaient intéressés par **l'amélioration de la connaissance** sur les risques, sur le littoral PACA où la pression anthropique s'accentue, ainsi que par des **aspects méthodologiques** liés notamment au suivi de l'érosion des falaises. Des résultats concrets tels que volume/surfaces érodés attendus selon une loi probabiliste leur serviront pour l'aménagement du littoral.
L'objectif de la thèse a été d'utiliser une approche **multi-spatiale** et **multi-temporelle** pour appréhender l'érosion sous ses différents aspects. A l'échelle régionale, l'érosion des falaises est contrôlée par une orientation préférentielle des failles en E-W. Une évaluation de l'aléa éboulement, en cartographiant le recul des falaises sur 80 ans, sur l'ensemble du littoral régional, a permis de quantifier un recul de l'ordre du **millimètre par an**. Une étude de site a permis de quantifier les éboulements de falaise à l'échelle d'une commune (Carry-Le-Rouet - Bouches-du-Rhône), sur la base de scan laser bisannuels, et a conduit à contraindre l'aléa de manière probabiliste. Cette approche à haute résolution spatiale est une première en Méditerranée, et permet de quantifier une érosion de l'ordre du **centimètre par an** avec un volume total de plusieurs centaines de mètres cubes. La présence de platier rocheux en base des falaises et leurs datations par cosmo nucléides (36Cl) laissent penser qu'à un certain moment l'action du forçage marin était prédominante. Cette érosion étant associée à la dernière transgression marine Holocène, depuis 6 ka.
Bien qu'aux échelles séculaires et annuelles les falaises témoignent plutôt d'une phase préparatoire à l'érosion, la magnitude de certaines occurences gravitaires est suffisante pour impacter les portions littorales fortement urbanisées (chutes de blocs entre 20 et 500 m3 générées en 2005, 2008 et 2013 à proximité des habitations sur Carry-le-Rouet). La prise en compte des **lois d'échelle** permet de mieux appréhender l'évaluation des risques actuels.
VALSE a permis la mise en place d'un **système photogrammétrique automatisé** dans le but d'optimiser la datation des événements détectés par Lidar, ainsi que l'acquisition de **profils par tomographie électrique** pour observer les effets de la circulation de l'eau souterraine.
L'analyse sociologique de la vulnérabilité associant de la cartographie, et s'intéressant aux habitants et gestionnaires de ce territoire, a révélé notamment une mémoire sélective des individus sur les éboulements ayant eu lieu sur la commune, liée à la visibilité physique et sociale de ces évènements.

Mots-Clés: risque naturel, érosion littorale, mouvements de terrain, Lidar, photogrammétrie, vulnérabilité, sociologie, perception, Provence Alpes Côte d'Azur, Var, Alpes-Maritimes, Bouches-du-Rhône, Carry-le-Rouet, Côte Bleue

The contribution of geospatial information for sediments yield modeling of N'Fis watershed (High Atlas Mountains of Marrakech, Morocco)

Amal Markhi*[1], Nour-Eddine Laftouhi, Abderrahmane Soulaimani, Abdelhamid Fadil

[1] Cadi Ayyad University (ucam) – Maroc

Morocco faces a challenge in terms of water resources management over the last years, in terms of quantity and quality. The study of water resources at watershed scale is widely adopted as approach to manage, assess and simulate these important natural resources. This work define our demands to know the specificities of the water cycle overlooked a modeling tool continuous model, distributed and physically based SWAT.
The catchment has an approximate drainage area of 1686 km^2 at the dam Lalla TAKERKOUST whose watershed coincides with the downstream limit of active runoff areas and a mean annual precipitation 700mm.
The hydrology is characterized by to annual time step, seasonal and monthly basis. This is related to rainfall and their irregularities contributions. The flows peak of the N'Fis wadi are important in spring and winter. The summer is a dry season and low flows from base flow provided by groundwater and eventually melt of snow. The SWAT model can open up new perspectives regarding the changes on water resources, in terms of both quantity and quality. This work aims to measure the adaptability of this model to the selected area in order to generalize the model to the whole N'fis watershed. The daily runoff and sediment event data from 2003-2015 were used in this study; data from 2005-2011 were used for calibration and 2012-2015 for validation. The calibration of SWAT model was successfully done with 0.65 as value of Nash coefficient used commonly to evaluate the model performance. The calibrated model was then used to estimate the hydrological balance sheet of the N'fis watershed to model the intermediate contribution of the reservoirs situated in the watershed. The SWAT model performed well in capturing the trend of sediment load, while the model tended to estimate sediment load during the calibration and validation.

Mots-Clés: SWAT, erosion, soil, silting dam, hazard

Nouveau site atelier Rivières Cévenoles au sein du GIS ZABR (SA-ZABR-RC) : un observatoire historique et impliqué d'une zone en relaxation qui a connu une phase critique

Philippe Martin[1], Anne Johannet*[2], Frédéric Paran[3], Jean-François Didon-Lescot[1], Pierre-Alain Ayral[2], Bernard Guy[3], Didier Graillot[3]

[1] UMR ESPACE – CNRS : UMR 7300 – Univ. Avignon, Case 19, 74 rue L. Pasteur, 84029 Avignon Cedex, France
[2] Lab. de Génie de l'Environnement Industriel (LGEI) – Ecole des Mines d'Alès – France
[3] UMR CNRS 5600 EVS – Ecole des Mines de Saint-Etienne – 158, Cours Fauriel - 42023 Saint Étienne Cedex 2, France
@ : philippe.martin@univ-avignon.fr

"Désormais tout nous regarde" B. Latour, Face à Gaïa, 2015, p.328.
L'interaction entre la planète et l'humanité n'a jamais été aussi importante qu'aujourd'hui. Cette dynamique mobilise une interface complexe entre les enveloppes (litho, hydro, atmo, bio, et anthropo sphères). Celle-ci est une morphologie, portée par des attributs (roches, sols, aquifères ...), mais qui, en induit d'autres (végétations, populations animales et humaines ...) ; leur répartition est hétérogène et structurée en échelles. Ainsi peut être définie la Zone Critique (ZC) : comme le milieu de vie de l'humanité.
Le Site Atelier Rivières Cévenoles (SA-RivCev : Ardèche, Cèze, Gardon) de la Zone Atelier Bassin du Rhône (ZABR) s'appuie sur des laboratoires de recherches et des gestionnaires impliqués localement (Parc des Cévennes, syndicats de bassin). Il a la particularité d'être une ancienne zone largement anthropisée (érosion, exploitation forestière, mine...) aujourd'hui en relaxation (mines fermées, terrains de montagne restaurés...) et soumise à des changements globaux. L'observation est essentiellement fondée sur la plateforme expérimentale d'ESPACE depuis 1981, intégrée dans le SOERE RBV. Le SA-RivCev a pour vocation -1- d'assurer un suivi pluri décennal en hydrologie, hydrochimie, géochimie, ... -2- de relayer des questionnements sur le système socio-hydro-écologique, et -3- de développer une *science impliquée* attentive aux signaux faibles qui permette d'anticiper les situations de crise. Par *science impliquée* on entendra une science caractérisée par sa responsabilité (capacité à répondre à des sollicitations et à répondre de ce que l'on fait), sa fécondité (capacité à générer de nouveaux questionnements), son impartialité (capacité à assurer la fiabilité et la reproductibilité des résultats et de leurs incertitudes) et sa diversité (capacité à mettre en synergie différents savoirs, à les articuler). Ceci implique que les études menées, puissent être structurelles (morphologique, nomothétique...) et/ou fonctionnelles (flux, stock, bilan...), physiques et/ou humaines.
Compte tenu de la cinétique des changements à l'œuvre, il s'agit fondamentalement de savoir si l'acquisition d'informations vectrices de connaissances et si le rythme de cette acquisition, peut se faire à un niveau et à une cadence qui rendent possibles le maintien et le développement des populations locales et de façon plus générale de l'humanité.
Par information il faut entendre tout ce qui relève de la mesure et de l'observation raisonnées, mais aussi, tout ce qui a trait à l'intelligence des systèmes territoriaux, à leur organisation, donc à leurs modalités de gestion, d'analyse, de contrôle.
Dans cette perspective, l'accent sera mis en particulier -mais pas seulement- sur la question de l'eau, sur les situations où l'eau est trop présente (crue, inondation, transport de polluants...) ou radicalement absente (aridité, sècheresse, ressource, feux...) en ces aires méditerranéennes.

Mots-Clés: Cévennes, zone critique, changements globaux, site atelier, ZABR

Caractère multi-échelle temporelle de la variabilité des précipitations à Paris et connexion avec la circulation atmosphérique dans le secteur euro-atlantique de 1851 à 2008

Nicolas Massei*[1], Bastien Dieppois[2], Manuel Fossa[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ – UNIROUEN – UNICAEN – CNRS : UMR 6143 – 76000 Rouen, France
[2] Centre for Agroecology, Water and Resilience, Coventry University, Coventry, Royaume-Uni

Le caractère multi-fréquence de la variabilité des précipitations mensuelles à Paris est analysé sur plus d'un siècle entre 1851 et 2008. Une approche par analyse multirésolution est employée dans le but d'identifier et quantifier la contribution des différentes échelles temporelles caractéristiques de la variabilité infra-annuelle à multi-décennale. Une étude des connexions entre précipitation et circulation atmosphérique dans le secteur Euro-Atlantique aux différentes échelles est développée par comparaison des oscillations identifiées dans les précipitations avec celles de différents champs climatiques (géopotentiels, composantes zonale et méridionale du vent à 850 hPa) issus de la réanalyse NOAA 20CR. Les champs atmosphériques sont au préalable décomposés par analyse multirésolution, et les connexions avec les précipitations sont analysées par niveau d'échelle temporelle au moyen de composites. Un modèle de descente d'échelle statistique (régression multiple sur les EOFs des champ climatiques) intégrant l'information apportée par la décomposition multirésolution est finalement mis en œuvre, dont la capacité à reproduire la variabilité observée et à reconstruire la pluviométrie est évaluée.

Mots-Clés: précipitations, circulation atmosphérique, variabilité, analyse multirésolution, ondelettes

La distribution granulométrique pour tracer l'origine des matières en suspension à l'exutoire d'un bassin versant

Matthieu Masson*[1], Laurent Colonnette[1], Aymeric Dabrin[1], Chloé Le Bescond[1], Marie Bretier[1], Josselin Panay[1], Jérôme Le Coz[2], Marina Coquery[1]

[1] Irstea, UR MALY Milieux aquatiques, écologie et pollutions, 5 rue de la Doua, BP 32108, 69616 Villeurbanne Cedex, France
[2] Irstea, UR HHLY Hydrologie-Hydraulique, 5 rue de la Doua, BP 32108, 69616 Villeurbanne Cedex, France
@ : matthieu.masson@irstea.fr

Le transport des matières en suspension (MES) le long des rivières est un vecteur important de nutriments et de polluants vers les zones côtières. L'identification des sources de MES au sein d'un bassin versant est une étape fondamentale pour mettre en place des solutions de gestion des stocks sédimentaires par les gestionnaires de bassins. Pour cela, l'approche basée sur l'identification de signatures (géochimiques, radioéléments,...), et plus communément appelée approche de " fingerprinting ", est une technique très utilisée depuis plusieurs décennies pour identifier les différentes sources potentielles. Les concentrations en métaux, terres rares ou radionucléides sont souvent utilisées comme propriétés des MES. Le choix de la meilleure combinaison de propriétés pour arriver à discriminer de façon optimale les différentes sources se base sur une analyse statistique. Mais la contrainte principale est de choisir des propriétés conservatives dans le temps et dans l'espace, ce qui peut restreindre le nombre de propriétés disponibles.
Dans le cadre de l'Observatoire des Sédiments du Rhône (OSR), nous avons étudié l'origine des MES du Haut-Rhône (en amont de Lyon) par des techniques de " fingerprinting " en nous basant sur les concentrations en métaux et éléments majeurs dans la fraction résiduelle (e.g. différence entre extractions totale triacide et douce par HCl) des principaux affluents du Rhône[1]. Nous proposons de compléter cette approche en explorant le potentiel de la granulométrie comme propriété permettant de discriminer les différents affluents. Les paramètres comme le diamètre médian (d50) ou les pourcentages des fractions

[1] http://www.graie.org/osr/
[2] Dabrin et al., 2016. Geophysical research Abstracts, EGU2016, vol. 18.

Mots-Clés: fingerprinting, sources, MES, granulométrie laser, distribution multi modale, Rhône, réseau d'observation

Un nouveau protocole de prospection magnétique pour une meilleure caractérisation des vestiges archéologiques

Vivien Mathé*[1], Guillaume Bruniaux[1], François Lévêque[1], Adrien Camus[1], Vincent Ard[2]

[1] Littoral, Environnement et Sociétés (LIENSs) – CNRS : UMR7266, Univ. La Rochelle – Institut du Littoral et de l'Environnement, 2 rue O. de Gouges 17000 La Rochelle, France
[2] Travaux et Recherches Archéologiques sur les Cultures, les Espaces et les Sociétés (TRACES) – CNRS : UMR5608, Univ. Toulouse le Mirail - Toulouse II – Maison de la Recherche, 5 Allée Antonio Machado 31058 Toulouse Cedex 9, France

La prospection magnétique est utilisée depuis plus d'un demi-siècle pour localiser des vestiges archéologiques. Méthode initialement réservée à la détection des fours, ses applications se sont peu à peu diversifiées vers la cartographie de structures à l'origine d'anomalies de plus faible intensité, grâce notamment aux progrès des capteurs. L'enjeu actuel n'est plus simplement la détection, mais une véritable caractérisation des vestiges tant en termes de géométrie, de dimensions que de nature. Ceci implique de développer des protocoles de mesure assurant une haute sensibilité de la détection, une résolution spatiale élevée et un positionnement très précis.
Un tel protocole a été développé sur le site néolithique du Pontet à Saint-Nazaire-sur-Charente (Charente-Maritime, France). Il est basé sur l'utilisation d'un magnétomètre " champ total " équipé de deux capteurs à pompage optique. Les mesures sont localisées par une station totale laser motorisée et les variations diurnes du champ magnétique terrestre sont enregistrées grâce à un deuxième magnétomètre utilisé en base. Les trois instruments sont synchronisés lors de chaque acquisition afin de permettre une fusion des trois jeux de données. Ceux-ci font d'abord l'objet, individuellement, d'une première phase de traitements, puis d'une seconde après la fusion. Il en résulte une carte, acquise à raison de plus d'1.2 ha par jour, présentant une densité moyenne de 25 points par mètre carré, une précision de la mesure du champ meilleure que 0.1 nT et du positionnement de quelques centimètres.
Ces résultats, bien meilleurs que ceux obtenus avec un protocole plus classique, mettent en évidence une succession de trois enceintes appuyées sur une paléo-falaise. La plus externe est constituée de quatre fossés discontinus subparallèles, ainsi que de plusieurs interruptions, ou portes, présentant des structures en " pinces de crabe ". La résolution de l'image magnétique permet de repérer des dizaines de traces d'aménagement à l'intérieur de ce village fortifié : foyers, trous de poteau, fosses. Cette prospection a permis de choisir très précisément la localisation des investigations archéologiques qui ont suivi, montrant à nouveau la complémentarité de l'outil géophysique avec la fouille, et son grand intérêt pour la conservation du patrimoine enfoui.

Mots-Clés: prospection magnétique, camp néolithique, archéologie, géophysique, fossés

Analyse de la variabilité hydrométéorologique long terme de bassins versants alpins (~1900 – 2010) : application de la méthode ANATEM sur des bassins versants allant des Alpes du Nord aux Alpes Maritimes

Thibault Mathevet*[1], Anna Kuentz[1,2], Joël Gailhard[1], Pierre Brigode[3], Florence Marti[1], Aloïs Richard[1], Vazken Andréassian[4], Rémy Garçon[1]

[1] EDF-DTG – EDF – 1, Avenue de l'Europe, 38000 Grenoble, France
[2] Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) – SE-601 76 Norrköping, Suède
[3] Géoazur – Univ. Nice Sophia-Antipolis, CNRS : UMR 7329, IRD : UR082, Observatoire de la Cote d'Azur – 250 rue Albert Einstein Sophia Antipolis 06560 Valbonne, France
[4] Hydrosystèmes et bioprocédés (UR HBAN) – Irstea – 1 rue Pierre-Gilles de Gennes 92761 Antony Cedex, France
@ : thibault.mathevet@edf.fr

Dans un contexte de variabilite climatique et de multiplication des usages de l'eau, la comprehension et la prevision de la variabilite des debits des cours d'eau est aujourd'hui un enjeu majeur pour ameliorer la gestion des ressources en eau à l'echelle des bassins versants. En France, des bassins versants des Alpes tels que la Durance ou de l'Isère, sont le lieu de multiples usages de l'eau (hydroelectricite principalement, mais aussi agriculture, alimentation en eau potable, loisirs, etc.). Compte-tenu du régime nival (parfois glaçiaire) d'une majorité de ces bassins versants de montagne, les impacts du changement climatique pourraient être importants du fait des effets déjà observés de l'augmentation des températures de l'air sur les régimes hydrologiques. Ces impacts seraient capables de remettre en question les équilibres en place permettant le partage de la ressource.
Dans ce cadre, nous souhaitons présenter une analyse de longues séries de débits sur des bassins versants des Alpes du Nord aux Alpes Maritimes (principalement sur l'Isère et la Durance). Ces longues séries, lorsqu'elles ne sont pas observées, ont été reconstituées par l'application de la méthode ANATEM (*Kuentz, 2013; Kuentz et al., 2015*) permettant la reconstitution de longues chroniques de variables météorologiques (températures de l'air et précipitations) et l'utilisation d'un modèle hydrologique calé au préalable pour transformer les séries météorologiques en série de débits.
Une fois la méthodologie présentée, les analyses porteront sur la caractérisation de la variabilité long terme de descripteurs hydrologiques d'intérêt pour la description des usages de l'eau (module annuel, débit moyen de fusion, étiages, élasticité, etc.), ainsi que l'analyse de la cohérence spatiale du Nord au Sud des Alpes.

Mots-Clés: climatologie, hydrologie, variabilité climatique, ANATEM, Alpes, Durance, Isère

Dating Western Ghâts (India) laterite from radiation-induced defect of kaolinite

Maximilien Mathian*[1], Julie Aufort[1], Thierry Allard[1], Emmanuel Fritsch[1], Jean Riotte[2,3], Jean-Jacques Braun[2,4]

[1] Institut de minéralogie, de physique des matériaux et de cosmochimie (IMPMC) – IRD : UR206, Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7590, MNHN – BC 115, 4 place Jussieu 75252 Paris, France
[2] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – Obs. Midi-Pyrénées – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[3] Indo-French Cell for Water Sciences, IISc–IRD Joint International Laboratory – Bangalore 560012, Inde
[4] IRD-Cameroun – Quartier Elig Essono, Rue Joseph Essono Balla, BP1857, Yaoundé, Cameroun

Laterites are common tropical soils covering about one third of the Earth's continental surface. It is often admitted that they can be very old, with ages ranging from Mesozoic to Quaternary. It is important to date laterites to understand the influence of paleoclimates on their formation and to propose time-constrained models of their evolution. However, only a few dating records are available, limiting the understanding of their evolution at the geological time scale. Today, only two dating techniques are both relevant (over a geological time scale) and general (involving widespread secondary minerals). The measurement of He/Th ratio in goethite requires millimetric-sized grains and provides single grain ages. The other technique relies on quantification of radiation-induced defects in kaolinite to provide average ages and was applied in this study to clay minerals from two Indian lateritic profiles. Indeed, India is a good candidate for laterite dating because it encountered different paleoclimates during its strong continental drift since Mesozoic that potentially influenced soil formation.
Our method is inspired from the electron paramagnetic resonance (EPR) dating of calcite and quartz and was used to investigate kaolinites from lateritic profiles located near Mananthavady and Payodu, in the southern part of the Western Ghâts (India) flat-topped hills range characterized by a present humid climate (1.5 $<$ Pluviometry $<$ 6 m/yr).
Experimental work was divided in two steps: (1) mineralogical and crystal-chemical analysis of 30 samples from these profiles, (2) dating of the purified extracted kaolinite from each sample. Firstly, crystalline phases were identified using X-ray diffraction (XRD). Then, all samples were classified in groups according to the kaolinite crystal-chemistry determined by both EPR, using structural Fe distribution in crystallographic sites, and Infrared spectroscopy (FTIR), using OH stretching modes. To calibrate the concentration of radiation-induced defects in terms of radiation dose, a representative sample from each group was irradiated using high energy (1.5 MeV) He+-particle accelerator with increasing doses. The resulting dosimetry curves were used to estimate the paleodoses (i.e. dose naturally accumulated in the mineral since its formation) recorded by kaolinites. The dose rate was also determined using the concentrations of radioelements associated to 238U and 232Th decay chains and 40K. Eventually, the age of formation of kaolinite was calculated as the ratio between paleodose and dose rate. According to the available data, ages can be refined taking into account several additional factors such as time variation of the dose rate, spatial distribution of alpha emitters and water content. The resulting ages will be discussed in terms of paleoclimates and geodynamics of the Indian subcontinent.

Mots-Clés: laterite, dating, kaolinite, EPR

Variations de l'architecture fluviatile en relation avec les fluctuations du niveau marin; exemple du Paléocène inférieur nord-pyrénéen (Corbières, France)

Adrien Maufrangeas*[1], Constance Vinciguerra[1], Sophie Leleu[1], Corinne Loisy[1]

[1] Géoressources et Environnement, Institut EGID – Univ. Michel de Montaigne - Bordeaux III : EA4592 – 1 allée Daguin, 33607 Pessac Cedex, France
@ : constance.vinciguerra@ensegid.fr

L'évolution d'un système fluviatile au cours du temps, en relation avec les variations du niveau marin est décrite par de grands modèles conceptuels mais peu d'exemples sont réellement disponibles dans la littérature. Cette étude présente l'architecture haute-résolution de chenaux fluviatiles du Dano-Sélandien en fonction des fluctuations eustatiques du Bassin Nord-Pyrénéen (BNP). Le Paléocène est une époque de haut niveau marin relatif qui présente des variations hautes fréquences, bien connues dans les domaines marins, qui pourront alors être corrélées dans le domaine continental.
Les dépôts paléocènes des Corbières (Aude) présentent une série continentale relativement épaisse intercalée par des dépôts marins carbonatés formant des marqueurs régionaux de transgression marine. Dans le BNP, la base du Paléocène apparait localement comme une période de faible taux de subsidence et les systèmes fluviatiles enregistrent des variations en termes de dynamique fluviale et de sources de sédiments mais elles sont également marqueurs de l'évolution eustatique.
Ce travail présente la base de la série fluvio-lacustre, classiquement nommée " Vitrollien ", localisée entre la limite K/ P et sous le niveau majeur de transgression intra-paléocène. La série étudiée à Lairière est épaisse de 150 mètres et présente des intercalations de bancs gréseux d'extension latérale variable dans une série dominée par des siltites-argileuses ponctuées de paléosols de différentes maturités et de lentilles conglomératiques. Le sommet est marqué par des dépôts de grès hétérolithiques littoraux surmontés de carbonates à milioles.
La cartographie des systèmes chenalisés montrent des dimensions de corps sédimentaires allant de 10 à 400m. Selon leur position stratigraphique, les chenaux sont essentiellement de type sinueux (avec beaucoup d'accrétion latérale) ou anastomosé et forment des corps relativement peu amalgamés. Quatre unités stratigraphiques sont définies en fonction de l'extension, de l'épaisseur et de l'amalgamation des corps sédimentaires. Dans ces dépôts de faible énergie viennent s'intercaler des lentilles de conglomérats, signature d'une source éphémère plus proche, qui au sommet de la série marque un événement majeur. L'architecture préservée permet de définir des variations du niveau de base présentant trois cycles transgressifs et un hiatus majeur est enregistré. Le calage stratigraphique à l'aide des variations isotopiques du δ13C (travail en cours) permettra de caler la coupe dans un schéma plus global.

Mots-Clés: architecture fluviale, Paléocène, Bassin nord pyrénéen

Calage stratigraphique par δ13Corg du Paléocène continental dans le Bassin d'avant pays Nord Pyrénéen

Adrien Maufrangeas*[1], Oriane Nguyen-Thuyet, Sophie Leleu, Corinne Loisy, Christine Fléhoc, Alina Iakovleva, Florence Quesnel

[1] GEORESSOURCES ET ENVIRONNEMENT – Univ. Michel de Montaigne - Bordeaux III : EA4592 – Institut EGID 3 1, allée Daguin F-33607 Pessac Cedex, France
@ : Sophie.Leleu@ensegid.fr

La zone orientale du Bassin Nord Pyrénéen (BNP) est marquée par des séries paléocènes continentales, déposées lors d'une phase de relative quiescence orogénique. A Lairière (Corbières), ces sédiments fluvio-lacustres (400 mètres d'épaisseur), attribués aux faciès vitrollien, sont ponctués de niveaux transgressifs qui ne permettent pas des calages stratigraphiques très précis. L'objectif ici est d'affiner la stratigraphie les dépôts continentaux à l'aide des variations isotopiques du Carbone de la matière organique (13Corg) et de réaliser une courbe de référence en milieu continental. Comme les fluctuations du δ13C dans les réservoirs océaniques sont liées à celles des sédiments continentaux, le δ13C est devenu un outil (chemo)stratigraphique global. Les analyses du COT (Carbone Organique Total) et du 13Corg, couplées à l'analyse sédimentologique et biostratigraphique (palynologie), complètent alors l'absence de marqueurs stratigraphiques dans la plaine alluviale.
Dans le BNP, l'architecture tectono-sédimentaire est méconnue au cours de la phase précoce pyrénéenne. La paléogéographie du Paléocène nord-pyrénéen est complexe, avec de fortes variations de la ligne de rivage et des sources détritiques multiples. Comprendre l'architecture du bassin lors de cet intervalle nécessite d'améliorer la stratigraphie. Une stratigraphie à haute résolution en domaine continental peut permettre de corréler les domaines continental et marin. Notre étude se base donc sur des corrélations haute résolution du 13Corg en association avec d'autres méthodes de stratigraphie. Le Paléocène connait des phases hyperthermiques liées à des variations négatives du δ13C, en contexte de haut niveau marin.
Nous présentons à Lairière, avec 79 points sur une succession de près de 400 m, la première courbe isotopique du δ13Corg du Paléocène et de l'Eocène basal en milieu continental à l'échelle mondiale. Le δ13Corg varie de -20 à -29 ‰, plusieurs évènements isotopiques sont reconnus (LLDE, DSTE, STTE, MTIM, PETM) et des limites stratigraphiques peuvent être calées : la K/P, le sommet du Sélandien et la P/E (correspondant au début du PETM).L'échantillonnage devra être complété pour affiner la courbe et l'étude palynologique viendra documenter certains des évènements identifiés. Cette méthode stratigraphique intégrée peut donc désormais être appliquée à d'autres coupes régionales à des fins de corrélation et appuiera la reconstitution de l'évolution tectono-sédimentaire du bassin d'avant pays.

Mots-Clés: Paléocène, Bassin Nord-pyrénéen, isotopie du carbone

Circulations de fluides en relation avec la déformation de roches faiblement perméables durant l'enfouissement (Marnes Bleues apto-albiennes, SE France)

Caroline Mehl*[1], Isabelle Cojan[1], Nicolas Durand

[1] Centre de Géosciences - MINES-ParisTech – PSL Research University – 35 rue Saint-Honoré 77305 Fontainebleau Cedex, France

Caractériser les circulations de fluides, en contexte d'avant-pays, au sein de roches faiblement perméables trouve son application dans la caractérisation sur analogues de l'intégrité hydraulique des roches couvertures. Les alternances marno-calcaires Crétacé inférieur du bassin du SE de la France permettent de suivre l'évolution incrémentale de la déformation depuis des stades précoces jusqu'aux stades plus tardifs. Nous avons effectué une étude de la déformation des Marnes Bleues (Apto-Albien, région de Sisteron). complétée par une analyse de la composition isotopique (C et O) de l'encaissant (alternances marno-calcaires, ciments des niveaux turbiditiques) et des recristallisations dans les principales familles de fractures.
L'étude incrémentale de la déformation est rendue possible par l'injection, lors de l'enfouissement, du réseau précoce de fractures par des sables issus de turbidites. Ce réseau est organisé en deux familles principales : l'une NE/SW d'épaisseur entre 15 à 40 cm et l'autre NNW/SSE d'épaisseur de 1 à 10cm. Il est lui-même affecté par de grands accidents dextres N150 qui semblent avoir joué de façon pérenne depuis l'injection du réseau jusqu'à des stades tardifs où l'encaissant a acquis un comportement cassant. L'inversion de données microtectoniques sur le réseau de failles confirme la succession de deux phases compressives successives sur la zone, l'une N/S ; l'autre NE/SW.
Concernant l'encaissant, les observations pétrographiques associées aux analyses isotopiques (d18O et d13C) montrent que la compaction chimique différentielle a joué un rôle important dans la modification des signatures isotopiques des alternances dans un contexte de système clos. La signature du ciment calcaire de la turbidite sommitale dépourvue de bioclastes, donne accès à la signature du fluide contrôlée par la compaction chimique au cours de l'enfouissement. Les ciments des dykes (dépourvus de bioclastes) présentent des valeurs d18O en accord avec la valeur obtenue pour le ciment de la turbidite sommitale. Ces résultats, associés aux observations pétrographiques, mettent en évidence une phase unique de cimentation pour les turbidites et dykes au cours de la compaction chimique à une profondeur estimée autour de 700 m.
Enfin, concernant les fractures, l'analyse des valeurs d13C et d18O de couples veine/éponte indique un équilibre fracture/encaissant pour le d13C et un léger déséquilibre pour le d18O : les veines sont systématiquement appauvries en d18O par rapport aux calcaires et sont enrichies par rapport aux dykes adjacents. L'analyse des cristallisations associées à plusieurs familles de failles indique que les systèmes de failles les plus tardifs présentent les dérives négatives en d18O les plus marquées. Cet appauvrissement en d18O pourrait traduire une évolution temporelle des fluides, et traduire l'augmentation de température du massif liée à l'enfouissement.

Mots-Clés: marnes bleues, injections, fluides, déformation

Analyse de l'aléa glissement de terrain par modélisation à base physique sur la commune de Grangues (nord Pays d'Auge, Calvados)

Baptiste Meire*, Yannick Thiery[1]

[1] Bureau de Recherche Géologique et Minière (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin BP 36009 45060 Orléans Cedex 02, France
@ : b.meire@brgm.fr

La région Basse-Normandie, dans sa diversité géologique, possède plusieurs secteurs propices aux glissements de terrain. Le déclenchement de ces phénomènes est la conséquence de différents facteurs, principalement d'ordre géomorphologique, géologique, hydrogéologique, climatique mais également anthropique. A la demande de la DREAL Normandie, des tests de modélisation de l'aléa glissement de terrain ont été réalisés par le BRGM sur la commune de Grangues (nord du Pays d'Auge, Calvados), à l'aide du logiciel de modélisation ALICE® (Assessement of Landslide Induced by Climatic Events), développé par le BRGM.
Ce modèle à base physique fondé sur les équations de Morgenstern and Price (1967) permet de calculer un facteur de sécurité ou une probabilité de rupture de manière spatiale. L'avantage du modèle est de pouvoir tenir compte (i) de l'hétérogénéité du milieu (caractéristiques géotechniques des formations), (ii) de paramétrer de manière empirique le niveau d'eau, (iii) de l'accélération sismique et (iv) de différents types de rupture (i.e. translationnelle, rotationnelle, complexe). En outre, il est possible de coupler le modèle à des chroniques de précipitations connues afin de définir des seuils de rupture correspondant à la réalité et ensuite d'introduire des changements climatiques afin d'établir différents scenarii prospectifs.
Les premiers essais se sont montrés encourageants, mais partiellement concluants et ont montré l'importance des données sur les épaisseurs des formations susceptibles de glisser. L'acquisition de nouvelles données géotechniques fiables (épaisseurs et caractéristiques géotechniques) sur des échantillons prélevés in-situ par carottage dans différents glissements de terrain bas-normands, a permis d'améliorer la pertinence du modèle. Les récents résultats de la modélisation se sont montrés particulièrement concluants puisqu'ils mettent en évidence les secteurs de glissements " actifs ", connus et repérés sur le terrain.

Mots-Clés: glissement de terrain, modélisation, ALICE, caractéristiques géotechniques, Grangues, Pays d'Auge, Calvados

Prospection hydrogéochimique pour la recherche des minéralisations à Sn-W et aurifères du domaine varisque français

Jérémie Melleton*[1], Julie Lions[1], Romain Millot[1], Eric Gloaguen[1], Jérôme Gouin[2], Thibaut Chamel, Cécile Renaud

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – ISTO, CNRS : UMR 7327, 3 avenue Claude Guillemin, F-45060 Orléans Cedex 2, France
[2] Variscan Mines – 16 rue de Léonard de Vinci, 45074 Orléans Cedex 2, France

La majorité des gisements proches de la surface a désormais été découverte voir exploitée. De nouveaux projets d'exploration doivent donc viser la reconnaissance de gisements " cachés ", pour lesquels les méthodes d'exploration " classiques ", notamment géochimiques, sont malheureusement beaucoup moins efficaces. D'autre part, l'eau souterraine interagit en profondeur avec ces gisements dans les systèmes hydrogéologiques et plusieurs études (Leybourne & Cameron, 2010 et références incluses) ont ainsi mis en évidence l'existence de marqueurs géochimiques et isotopiques dans les eaux souterraines et de surface pour un nombre restreint de types de minéralisation. Cette approche n'a par exemple pas été mise en œuvre à ce jour pour la recherche de gisements à étain, tungstène, lithium, tantale et béryllium associés au magmatisme peralumineux, et peu d'exemples d'application existent pour les minéralisations aurifères.
Nous présentons ici les résultats d'un projet qui s'est intéressé à la recherche de tels marqueurs sur deux contextes métallogéniques distincts du Massif Central : 1) les minéralisations périgranitiques du massif des Colettes (Echassières, Allier), notamment avec les minéralisations filoniennes à W (stockwerck de la Bosse) et le granite à métaux rares (Li, Be, Ta, Nb, Sn) de Beauvoir et 2) les minéralisations filoniennes aurifères du district de La Bellière (Maine-et-Loire). L'intérêt de ce dernier site est double car la présence d'une puissante couverture d'altérite (plusieurs dizaines de mètres) cache vraisemblablement des minéralisations inconnues, alors que les minéralisations du secteur d'Echassières sont bien identifiées et localisées sur un haut topographique bien drainé par plusieurs systèmes hydrogéologiques.
Les minéralisations à métaux rares sont bien marquées dans les eaux de surface par la présence de Li ($>$ 30 μg/L), Rb ($>$ 20 μg/L) et un rapport 87Sr/86Sr supérieur à 0,730, avec une bonne conservation du signal en aval, alors que le stockwerck à W est mis en évidence par des concentrations en W supérieures à 0,5 μg/L sur le bassin versant.
La mise en évidence des minéralisations aurifères est plus complexe, mais la présence d'or et de sélénium dans les eaux à proximité immédiate des minéralisations serait un bon marqueur. Des éléments accompagnateurs comme As, Pb, Sb, Zn, Ni, Co et Mn semblent être aussi de bons traceurs.

Mots-Clés: hydrogéochimie, prospection, France, Massif Central, Beauvoir, La Bellière

A post-folding thermal imprint in the Chaînons Béarnais (North Pyrenean Zone) evidenced by two independent methods

Armel Menant*[1], Charles Aubourg[1], Jean-Paul Callot[1], Guilhem Hoareau[1], Jean-Baptiste Cuyala[2], Julia Lechantre[2], Eve Péré[3]

[1] Lab. des Fluides Complexes et leurs Réservoirs (LFC-R) – Univ. Pau Pays de l'Adour – CNRS : UMR5150 – TOTAL – BP 1155 - 64013 Pau, France
[2] Univ. Pau Pays de l'Adour – Avenue de l'Université - BP 576 - 64012 Pau Cedex, France
[3] Institut Pluridisciplinaire de Recherche sur l'Environnement et les Matériaux (IPREM) – CNRS : UMR5254 – Univ. Pau Pays de l'Adour – Hélioparc Pau Pyrénées, 2 av. P. Angot 64053 Pau Cedex 9, France
@ : armel.menant@univ-pau.fr

Resulting from the late Cretaceous-Tertiary Iberia-Eurasia convergence, the Pyrenean belt is characterized by a succession of thrusts and folds with a dominant southward vergence. This compressional event followed a pre-orogenic period of rifting during which the Iberian and Eurasian margins were extremely stretched, resulting in the exhumation of sub-continental lithospheric mantle and associated high-temperature metamorphism. As it is difficult to discriminate between extension- and compression-related structures, the geometry and kinematic evolution of this extensional margin are subject to many discussions.
To constrain the relative timing of folding and rift-induced high-temperature event within the Mesozoic sedimentary cover in the Chaînons Béarnais (North Pyrenean Zone), we use a combination of (1) peak temperatures derived from Raman spectrometry on carbonaceous material (RSCM) and (2) paleomagnetic data. RSCM peak temperatures defined a ~350 °C flat isotherm, slightly tilted toward the north, which is not affected by the tightly folded structures. Paleomagnetic data in Albian marls reveals the large occurrence of pyrrhotite, a magnetic mineral which formed at burial temperature $>$ 300 °C, consistent with measured peak temperatures. The pyrrhotite carries a thermoremanent magnetization of reverse polarity acquired during the cooling stage for T $<$ 320 °C (i.e. the Curie temperature of pyrrhotite). This reverse-polarity paleomagnetic component is essentially post-folding and implies that the magnetic recording at 320 °C occurred after the Cretaceous Long Normal Polarity Chron (C34n; i.e. $<$ 83 Ma) while the Chainons Bearnais were already tightly folded.
Together, these results imply that most of the present-day structuration of the Chaînons Béarnais developed before the rift-induced high-temperature metamorphism. A possible explanation for this early structuration is a combination of salt tectonics and gravitational gliding, involving the Triassic evaporates and occurring along the extending margin. It turns out that the post-83 Ma collisional stage has a little effect on the structuration of the Mesozoic cover of the Chaînons Béarnais, implying that collision-related shortening has been probably overestimated in this area.

Mots-Clés: Raman spectrometry, paleomagnetism, salt tectonics, Chaînons Béarnais, Pyrenean belt

Changement majeur du régime de déformation tectonique des Alpes occidentales depuis les années 80-90: (1) données locales d'altimétrie

Gilles Ménard*[1]

[1] Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) – Univ. Savoie, CNRS : UMR5204 – Campus Scientifique, Pôle Montagne 73376 le Bourget du Lac Cedex, France

Un certain nombre de comparaisons de données géodésiques historiques acquises par l'IGN durant le XXème siècle dans les Alpes occidentales ont montré des déplacements significatifs tant sur les données altimétriques (comparaisons de nivellements) que planimétriques (comparaisons de triangulations). La plupart de ces résultats ont fait l'objet de mesures ultérieures destinées à les valider et à les préciser (densification). A l'exception des zones d'affaissement localisé (plaines alluviales) qui confirment les vitesses historiques (de 1 à 3 mm/an), toutes les autres mesures de nivellement, en particulier les failles (de 1 à 3,5 mm/an), montrent une modification des vitesses depuis la dernière mesure de l'IGN (années 80). Il s'agit le plus souvent d'un arrêt ou d'un ralentissement des déformations. Le cas le mieux documenté concerne la faille de l'Eau d'Olle (massif de Belledonne). Cet accident qui, sur les données historiques (1903 et 1980), affaissait la partie aval de la vallée (segment N-S) à plus de 3 mm/an, s'est vu confirmé dans ce fonctionnement en 1991 et 1994, ces dernières mesures montrant en outre que la partie amont (E-W) de la vallée était impliquée dans la zone d'affaissement. Les mesures suivantes (1999, 2003 et 2005) ont montré un arrêt de l'affaissement de la partie NS de la vallée alors que le segment E-W continuait à s'affaisser. Cette modification, entre 1994 et 1999 est à rapprocher des modifications analogues observées en Maurienne entre 1995 et 1996. Toutes ces données, ainsi que d'autres présentées dans une autre communication, plaident donc en faveur d'un changement majeur du régime de déformation des Alpes occidentales à la fin du siècle dernier.
La question du caractère exceptionnel ou fréquent de ce type de modification reste posée ainsi que celle de savoir si c'est le régime d'avant ou d'après les années 90 qui est le plus représentatif de la déformation longue durée. L'éventualité que ces modifications soient un artéfact lié au changement de technique de mesure peut être envisagée pour la planimétrie (passage du traditionnel au GPS) mais pas pour l'altimétrie, laquelle concentre la majorité des observations.
La modification cinématique minimale qu'il faut envisager pour rendre compte d'une grande partie des observations est l'arrêt / modification d'une composante extensive transverse à la chaîne (vers l'ESE) localisée entre les massifs cristallins externes et les zones internes (autour du front pennique). La rapidité de ce changement n'est guère compatible qu'avec une modification (arrêt ou mise en place) de circulations de fluides aux profondeurs contrôlant les décollements crustaux, circulations devant ainsi présenter un caractère intermittent. Le problème de l'arrêt apparent des mouvements horizontaux qui semble caractériser le régime d'après le changement (cf. données GPS) reste posé.

Mots-Clés: Alpes occidentales, géodésie, nivellement, tectonique active

Changement majeur du régime de déformation tectonique des Alpes occidentales depuis les années 80-90: (2) données régionales de planimétrie et d'altimétrie

Gilles Ménard*[1], Alain Harmel[2], Gilbert Ferhat[3]

[1] Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) – Univ. Savoie, CNRS : UMR5204 – Campus Scientifique, Pôle Montagne, 73376 le Bourget du Lac Cedex, France
[2] Institut national de l'information géographique et forestière – IGN – 73 avenue de Paris 94165 Saint-Mandé Cedex, France
[3] Institut National des Sciences Appliquées (INSA) – 67000 Strasbourg, France
@ : gilles.menard@univ-smb.fr

Un certain nombre de comparaisons de données géodésiques historiques acquises par l'IGN au XXe siècle dans les Alpes occidentales ont montré des déplacements significatifs tant sur les données altimétriques (nivellement) que planimétriques (triangulations). La plupart de ces résultats ont fait l'objet de mesures ultérieures pour les valider et les préciser (densification). A l'exception des zones d'affaissement localisé, toutes les autres mesures de nivellement, en particulier les failles (de 1 à 3,5 mm/an), montrent une modification des vitesses depuis la dernière mesure de l'IGN (années 80). Il s'agit le plus souvent d'un arrêt ou d'un ralentissement des déformations, mais parfois d'une inversion des basculements régionaux. Une telle inversion a été détectée en Maurienne, avec un affaissement historique de l'amont à 1-2 mm/an passant à une surrection à 4-5 mm/an après 1995. Cette dernière valeur qui semble très élevée est confirmée par les données acquises autour du point GPS permanent de MODA. Plus récemment une inversion du basculement régional a également été mesurée en haute Ubaye, avec un affaissement historique de l'aval à 1,5 mm/an suivie après 2005 d'un affaissement de l'amont à 4,5 mm/an (l'inversion s'est probablement produite en 2003, début de la crise sismique de l'Ubaye). De manière analogue des données de planimétrie entre les massifs des Bornes-Aravis et leur avant-pays, complétées par des mesures ultérieures par GPS ont montré un ralentissement voire un arrêt de l'écartement entre le massif des Bornes et l'avant-pays (vitesse historique supérieure au cm/an) ainsi qu'un arrêt du rapprochement entre ces deux massifs vers la fin des années 80. Cette dernière modification est confirmée par des comparaisons de nivellements à la jonction Bornes-Aravis qui sur les données historiques montraient une surrection à 2 mm/an laquelle s'est arrêtée ultérieurement.
Toutes ces données plaident donc en faveur d'un changement majeur du régime de déformation des Alpes occidentales à la fin du siècle dernier changement qui semble en outre migrer du nord vers de sud (près de 200 km en 15-20 ans).
L'éventualité que ces modifications soient un artéfact lié au changement de technique de mesure peut être envisagée pour la planimétrie (passage du traditionnel au GPS) mais pas pour l'altimétrie, laquelle concentre la majorité des observations.
La modification cinématique minimale qu'il faut envisager pour rendre compte d'une grande partie des observations est la modification des modalités de la composante extensive transverse à la chaîne entre les massifs cristallins externes et les zones internes (autour du Front Pennique). L'hypothèse privilégiée est celle d'un transfert du décollement qui contrôle cette extension d'un plan à pendage interne à un plan à pendage externe ou l'inverse selon le secteur. La rapidité de ce changement n'est guère compatible qu'avec une modification (arrêt ou mise en place) de circulations de fluides aux profondeurs contrôlant ces décollements crustaux.

Mots-Clés: Alpes occidentales, tectonique actuelle, changement de régime de déformation, nivellement, fluides

Les grandes vallées alpines : effondrement tectonique quaternaire. (1) Arguments thermochronologiques

Gilles Ménard*
indexMénard, Gilles[1], Lidia Vignol-Lelarge[2], Nathalie Monin[3], Naïma Sabil

[1] Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) – Univ. Savoie, CNRS : UMR5204 – Campus Scientifique, Pôle Montagne 73376 le Bourget du Lac Cedex, France
[2] Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, Brésil
[3] BG Ingénieurs Conseils – 69006 Lyon, France
@ : gilles.menard@univ-smb.fr

La question de l'origine des vallées alpines a toujours privilégié le rôle exclusif de l'érosion, le débat s'étant cantonné à l'importance relative des érosions fluviatile et glaciaire. Les positions extrêmes ont été défendues par les anti-glacialistes et les ultra-glacialistes (un compromis a consisté à attribuer le creusement principalement aux rivières, les glaciers n'étant responsables que des surcreusements). Le rôle de failles, lorsqu'il a été proposé, se réduisait à offrir des zones de moindre résistance à l'érosion. Deux ensembles d'arguments nous conduisent à proposer un nouveau modèle de formation des vallées alpines accordant un rôle majeur à l'effondrement tectonique: des arguments morphostructuraux présentés dans une autre communication et des arguments thermochronologiques présentés ici, lesquels sont de 2 types.
Le premier est que la dispersion systématique dans l'espace altitude-âge des âges TF sur apatite n'est pas une dispersion aléatoire des âges. En effet cette dispersion est bien supérieure à celle compatible avec les barres d'erreur et le caractère aléatoire de cette dispersion est infirmé par une dispersion des âges TF sur zircon qui est corrélée à celle des apatites. Elle est telle qu'elle montre le plus souvent des âges obtenus en fond de vallée identiques à des âges obtenus sur les sommets avoisinants, ce qui implique que sur quelques millions d'années, la vallée n'a pas subi plus de dénudation (érosion?) que les sommets. Cette dispersion est interprétée comme due à des mouvements verticaux relatifs tardifs postérieurs à l'acquisition des âges.
Le second est que les courbes de refroidissement (relation température/âge) déduites de la relation altitude/âge combinée à la relation température/profondeur est en contradiction avec les courbes de refroidissement modélisées à partir des âges TF combinés à la distribution des longueurs de trace. Cette contradiction peut aisément être levée si on considère des affaissements tardifs et qu'on corrige les altitudes.
Ainsi l'approfondissement quaternaire des grandes vallées alpines ne serait dû au premier ordre ni à l'érosion fluviatile ni à l'érosion glaciaire, mais à un effondrement tectonique favorisé par la surcharge que constituent les glaciers.

Mots-Clés: vallées alpines, effondrement tectonique, âges TF apatite

Les grandes vallées alpines: effondrement tectonique quaternaire. (2) Arguments morphostructuraux

Gilles Ménard*[1], Elsa Hugot[2], Lidia Vignol-Lelarge[3]

[1] Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) – Univ. Savoie, CNRS : UMR5204 – Campus Scientifique, Pôle Montagne 73376 le Bourget du Lac Cedex, France
[2] TELT – 73000 Chambéry, France
[3] Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, Brésil
@ : gilles.menard@univ-smb.fr

La question de l'origine des vallées alpines a toujours privilégié le rôle exclusif de l'érosion, le débat s'étant cantonné à l'importance relative des érosions fluviatile et glaciaire, les positions extrêmes étant défendues par les anti-glacialistes et les ultra-glacialistes (un compromis a consisté à attribuer le creusement principalement aux rivières, les glaciers n'étant responsables que des surcreusements). Le rôle de failles, lorsqu'il a été proposé, se réduisait à offrir des zones de moindre résistance à l'érosion. Deux ensembles d'arguments nous conduisent à proposer un nouveau modèle de formation des vallées alpines accordant un rôle majeur à l'effondrement tectonique: des arguments thermochronologiques présentés dans une autre communication et des arguments morphostructuraux présentés ici.
L'observation déjà ancienne de Lugeon (1901) selon laquelle un certain nombre de vallées transversales alpines des chaînes subalpines étaient superposées à des ensellements axiaux (synclinaux transverses), impliquait déjà que le fond de vallée n'était pas plus érodé que les sommets voisins.
Ce type de structure, avec les deux versants de la vallée basculés, peut être considéré comme une des expressions d'une extension tardive. Ce double basculement peut correspondre à deux mécanismes: l'amortissement vers le haut d'un graben ou une extension contrôlée par une faille principale associée à une faille antithétique. D'autres expressions de l'extension, avec un seul versant basculé, correspondent aux modèles classiques soit de blocs basculés (au-dessus d'un niveau ductile), soit de roll-over (au-dessus d'un système de faille de type rampe-plat). La présence d'un ou deux versants basculés peut être observée sur la plupart des grandes vallées transversales alpines, en particulier dans les zones internes.
Cette extension, expression de l'effondrement gravitaire de la chaîne, est favorisée par la surcharge temporaire et localisée que constituent les glaciers. Ainsi les vallées s'approfondiraient bien principalement sous l'action des glaciers (rôle déterminant des glaciers = position ultraglacialiste), mais par extension / effondrement plutôt que par érosion (pas d'érosion glaciaire = position antiglacialiste). Le terme de surapprofondissement doit donc être préféré à celui de surcreusement. Les concepts de verrou / ombilic et de vallée en U / en V, le contrôle structural des Grands Glissements de Versant ainsi que la genèse de certaines captures sont rediscutés dans le cadre de ce modèle.

Mots-Clés: vallées alpines, effondrement tectonique, synclinaux transverses, versant basculé

Les minéralisations à Sb, Pb, Zn, As (Au) du bassin d'effondrement intra-montagneux de Hammam N'bails (NE Algérie) : typologie et mode de mise en place

Brahim Merdas*[1]

[1] Lab. de Recherche en Géologie (LRg) – Faculté des Sciences de la Terre, Univ. Badji Mokhtar Annaba, Algérie

Le bassin d'effondrement intra montagneux de Hammam N'bails (Nord Est de l'Algérie) représente un domaine où affleure la majorité des séries qui constituent le domaine externe de la chaîne des Maghrébides. Il s'agit d'un bassin typique intra montagneux limité par des failles normales, marqué par sa forte subsidence attestée par une série très épaisse (1500m) de dépôts fluvio-lacutres mio plio quaternaires.
La région de Hammam N'bails qui recèle quatre gisements est caractérisée par une minéralisation polymétalliques à Sb, Pb, Zn, As (Au) encaissée dans des calcaires lacustres. Cette minéralisation est considérée comme étant les plus jeunes du Nord Est algérien et est caractérisées par la présence de phases minérales assez rares à travers le monde tel que la Nadorite et Flajolotite.
Les accumulations minérales de Hammam N'bails sont épigénétiques. L'étude microscopique a permis de distinguer deux principales association, la première à sulfures et dolomite, la seconde est caractérisée par l'abondance de calcite comme gangue associée à la nadorite et aux oxydes de fer en remplissage d'espaces ouverts. Les fluides responsables de leur mise en place serait des fluides hyperchlorurés issues du bassin, mélangés avec des fluides d'origine profonde.
La minéralisation épithermale de Hammam N'bails semble avoir un lien avec les eaux chaudes de la source qui émerge dans le bassin et à mettre en relation avec un champ géothermal qui caractérise tout le Nord Est algérien
La comparaison des minéralisations avec des gîtes similaires connues dans le monde et la mise en évidence de l'or même non exprimé minéralogiquement ouvre de nouvelles perspectives pour la métallogénie de l'or dans le Nord Est algérien.

Mots-Clés: bassin intra montagneux, nadorite, or, épigénétique, thermalisme, Hammam N'bails, NE Algérien

Toward a documentation of the residual shell colour patterns for the Mesozoic times

Didier Merle*[1]

[1] Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) – 57, rue Cuvier - 75231 Paris Cedex 05, France

As stated by Williams (2016) almost nothing is known about the evolution of shell colour in Mollusca. Among the numerous questions about the shell colour and their related patterns, that of their evolution during the geological times is critical. In the geological record, two types of residual colour patterns can be distinguished: the colour patterns visible in natural light (= CPNL) and the colour patterns that we can only observe in UV light (= CPUV). Although CNPL are very ancient (Ordovician), they remain very rare and begin more numerous only in the Late Tertiary. Until very recently, CPUV, known on Cenozoic shells, were considered anecdotic and useless for evolutionary or taxonomic studies. However, based on European material, Caze et al. (2011) demonstrated that CPUV are potentially detectable continuously throughout the Cenozoic. Therefore, Cenozoic CPUV should be considered to be very common and now the last published works integrated CPUV for species characterization including intraspecific variabilities.
If we can consider that Cenozoic CPUV are now better known than for 30 years ago, the Mesozoic era remains an unworked field. Caze et al. (2015) studied the diverse and exceptionally well-preserved molluscs from the Late Jurassic Cordebugle Konservat Lagerstätte (Calvados, France). They reveal CPUV of no less than 25 species of bivalves and gastropods. On the other hand, this Mesozoic experience of the Jurassic of Cordebugle took root in the idea that very well preserved fossil shells, as Cenozoic shells, can only provide numerous CPUV. Now, first we demonstrate that shells having already undergone a diagenetic alteration can also provide CPUV and second we enlarge the Mesozoic documentation by new CPUV from the late Cretaceous period (Maastrichtian, Campanian and Coniacian) and Triassic (Carnian). These last results suggest that Mesozoic CPUV are less rare than previously expected.

References

Williams ST, 2016. Molluscan shell colour. *Biological Review* (online version), doi: 10.1111/brv.12268

Caze B, Merle D, Saint Martin J-P & Pacaud J-M, 2011. Contribution of residual colour patterns to the species characterization of Caenozoic molluscs (Gastropopoda, Bivalvia), *Cr. Palévol*, 10: 171-179.

Caze B, Merle D & Schneider S, 2015. UV light reveals the diversity of Jurassic shell colour patterns: examples from the Cordebugle Lagerstätte (Calvados, France). *Plosone* e0126745: 1-38.

Mots-Clés: molluscs, colour patterns, Mesozoic, evolution

Benchmark aléa chute de blocs basé sur un grand déblais rocheux de la déviation d'Ax-les-Thermes

Véronique Merrien-Soukatchoff*[1], Muriel Gasc-Barbier[2]

[1] Lab. Géodésie, Géomatique, Géosciences, Aménagement et Droit Foncier EA 4630 (GeF-cnam) – Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM) – 1 Boulevard Pythagore Campus Universitaire 72000 Le Mans, France
[2] Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) – France

À partir de données de fracturation et une géométrie d'ouvrage à ciel ouvert (ou souterrain) les estimations de l'aléa chutes de blocs peuvent s'opérer selon diverses méthodologies, en utilisant divers logiciels. L'idée de ce Benchmark est de comparer les pratiques sur
- le regroupement des relevés en familles de fractures
- La prise en compte des biais d'échantillonnage
- Les caractéristiques prises pour les discontinuités (déterministe ou stochastique)
- L'estimation de l'aléa chute de blocs
- Les indicateurs de stabilités donnés suite aux analyses de stabilité. Ces indicateurs peuvent être variés par exemple on trouve des résultats en terme de

- Plus gros bloc instable
- Bloc moyen le plus probable (avec éventuellement un intervalle de confiance) en terme de volume et de poids
- Volume (poids) total instable le plus probable, dispersion autour de ce volume
- Nombre de blocs instable
- Déplacement des blocs
- Indicateur local ou global de la stabilité (facteur de sécurité, de fiabilité, etc.)

- La prise en compte d'un renforcement (boulonnage) et de la présence d'eau dans l'évaluation de l'aléa
- Les logiciels utilisés pour ces différentes étapes
- La prise en compte des incertitudes géométriques et sur les propriétés mécaniques
Nous proposons de mettre à disposition les données de la déviation d'Ax-les-Thermes sur https://www.researchgate.net/profile/Muriel_Gasc-Barbier/publications ou de nombreuses mesures ont été effectuées pour dimensionner les talus de grandes hauteurs nécessaires au passage de la route, ce qui en fait un cas d'étude très documenté. Les données et les analyses déjà effectuées sur ce cas peuvent servir à une comparaison nationale puis internationale sur le risque chute de blocs. Ce Benchmark pourra être appliqué à des remblais routiers ou des Mines à ciel ouvert

Gasc-Barbier, M., Ballion, A. and Virely, D., 2008, Design of large cuttings in jointed rock, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, pp. 227-235
Merrien-Soukatchoff V., Gasc-Barbier M.,2016, Benchmark aléa chute de blocs, cas de de la déviation d'Ax-les-Thermes, JNGG2016, Nancy 6-8 juillet 2016

Mots-Clés: roches, pentes, déblais, benchmark

Impact de la pétrographie et la structure de la région rennaise sur les travaux d'excavation

Véronique Merrien-Soukatchoff*[1], Damien Rangeard[2], Marie-Pierre Dabard[3]

[1] Lab. Géodésie, Géomatique, Géosciences, Aménagement et Droit Foncier EA 4630 (GeF-cnam) – Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM) – 1 Boulevard Pythagore Campus Universitaire 72000 Le Mans, France
[2] Lab. de Génie Civil et Génie Mécanique (LGCGM) – Univ. Rennes 1, Institut National des Sciences Appliquées (INSA) - Rennes, PRES Univ. Européenne de Bretagne (UEB) – 20, Avenue des Buttes de Coësmes CS 14315 F - 35043 Rennes Cedex, France
[3] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France

Le bassin de Rennes est principalement composé de schistes briovériens issus des sédiments (détritiques terrigènes, volcano-détritiques, carbonates) déposés de -610 Ma à - 530 Ma. Ces schistes ont subi un plissement et un métamorphisme de faible niveau durant l'orogénèse puis une altération intense sous climat tropical il y a 40 Ma. Des filons de roches magmatiques plutoniques (granodiorite et diorite) ou volcaniques (microgranite et dolérite), postérieurs aux schistes recoupent ou sont inter-stratifiés dans les schistes. Enfin, le réseau hydrographique a entaillé ces schistes et conduit à la présence de terrasses recouvrant les schistes le long des cours d'eau. On note aussi la présence de dépôts lœssiques quaternaires.
Cette histoire géologique brièvement résumée ci-dessus est importante à prendre en compte lors de travaux d'excavation. En effet, elle conduit à une forte hétérogénéité à la fois verticale et horizontale et, pour les terrains schisteux, à une anisotropie importante : on peut rencontrer sur un même site de travaux à la fois des terrains résistants et des matériaux fortement altérés aux propriétés mécaniques très faibles. La pétrographie et la structure influencent fortement les propriétés mécaniques depuis l'échelle de l'échantillon à celle de l'ouvrage (travaux d'excavation : fouilles, puits, tunnel, etc.).
Concernant les schistes, ils sont composés d'alternances silto-gréseuses présentant des variations de granulométrie allant de grès grossiers (2 mm) à des argilites (mm) avec quelques niveaux stratigraphiques riches en carbone. Ces variations sont perceptibles depuis l'échelle de la lame mine jusqu'à l'échelle métrique.
Généralement, la schistosité, confondue ou non avec la stratification et d'axe Est-Ouest, constitue le plan de faiblesse mécanique principal et les ruptures observées au laboratoire et sur site suivent ces plans. Le massif est également affecté par une fracturation qui découpe les terrains schisteux en blocs décimétriques.
Les filons de dolérite et les massifs de granodiorite peuvent quant à eux entrainer des difficultés de forage de pieux du fait de leur plus forte résistance, alors qu'en surface leur altération peut avoir conduit à une kaolinite très tendre.
La non prise en compte de la complexité pétrographique et structurale rend difficile, voire impossible, l'interprétation des comportements mécaniques observés *in situ,* mais leur prise en compte ne permet pas d'éviter d'être confronté aux hétérogénéités locales.

Mots-Clés: schistes, excavation, pétrographie, travaux, structure, Rennes

Experimental measurement of carbon dioxide solubility in aqueous NaCl solution at geological conditions

Hamdi Messabeb*[1], Pierre Cézac[1], François Contamine[1], Jean-Paul Serin[1], Eric Gaucher[2]

[1] Lab. de Thermique Energétique et Procédés (LATEP) – Univ. Pau Pays de l'Adour : EA1932 – BP 1155 64013 Pau, France
[2] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau 64018 Pau Cedex, France

The CO_2 solubility in brine at high pressure and high temperature is very important in geothermal activities, environmental field and many industrial applications.
The accurate determination of CO_2 solubility in these conditions is a key to estimate the storage potential in the case of carbon capture and geological storage.
Compared to the CO_2-pure water system, CO_2-H2O-NaCl system was less researched, and data available in the literature are scarce, particularly at high salinity.
An apparatus was designed and an analytical method was developed to measure the carbon dioxide solubility in sodium chloride aqueous solution. Aqueous saturated samples were trapped in sodium hydroxide solution and then titrated by hydrochloric acid (pH titration).
Experimental device used in this work and analysis method were validated through the comparison of CO_2 solubility data obtained for the CO_2-pure water system at 323.15 K with a lot of literature data from different references.
CO_2 solubility in 1, 3, and 6 mol/kgw NaCl brines were measured at 323.15, 373.15 and 423.15 K and in the pressure range from 5 to 20 MPa.
Uncertainties calculation in accordance with ANOVA method were carried out through four reproducibility experiments and thirteen titrations for each experiment (repeatability) at 373.15 K, 10 MPa and 1 mol/kgw of NaCl. The experimental average uncertainty obtained is 3.46%.

Mots-Clés: CO_2 solubility, experimental, Na-Cl, geological storage

Caractérisation de la production antique de cuivre en Ariège : le cas de l'atelier des Atiels (La Bastide de Sérou, Pyrénées, France)

Emmanuelle Meunier[1], Marguerite Munoz[⋆2], Béatrice Cauuet[1]

[1] TRACES – Univ. Toulouse - Jean Jaurès, CNRS : UMR5608 – France
[2] Lab. Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, Univ. Toulouse Paul Sabatier, IRD : UR234, CNRS : UMR5563 – 14 avenue E. Belin, 31400 Toulouse, France
@ : emmanuelle_m@hotmail.fr

Nous présentons ici les premiers résultats de l'étude des scories à cuivre issues du site des Atiels (La Bastide de Sérou – Ariège). Elles proviennent d'un atelier de métallurgie primaire du cuivre daté de la seconde moitié du Ier s. BC. Il se trouve en contrebas de travaux miniers antiques sur un gisement dominé par des cuivres gris argentifères. La réouverture de cette mine au XXe s. a eu pour objectif la production d'argent associé au cuivre (Bilotte *et al.* 1988, 68). Pour les phases anciennes, la nature des métaux produits est à définir.

La mine des Atiels est l'une des treize exploitations antiques reconnues dans le district minier du Séronais (Dubois, Guilbaut 1982). Ce district se caractérise par des minerais polymétalliques associant cuivre et argent. Les espèces de la série tétraédrite-tennantite y sont accompagnées de chalcopyrite et de galène (Barrouquère *et al.* 1976, 32-33). L'atelier des Atiels a fait l'objet d'un sondage récent (2014) qui a livré de nombreuses scories cuivreuses, ainsi que des fragments de parois de four et de minerai.

L'étude archéométrique des résidus métallurgiques (scories et parois scorifiées) vise à caractériser les productions et à apporter des éléments sur la chaîne opératoire mise en œuvre. Le mode de traitement des cuivres argentifères est en effet mal connu pour la période.

Les faciès différents de deux scories nous conduisent à restituer au moins deux étapes du traitement métallurgique. La première viserait à diviser les sulfures complexes contenant cuivre et fer en des sulfures simples contenant soit du cuivre (covellite ou chalcocite), soit du fer. La seconde permettrait la production de cuivre métal, comme en témoigne la présence de billes d'alliage métallique (Sb et Ni en impuretés). Le fragment de paroi livre aussi bien des sulfures que des billes d'alliage métallique ; les mêmes structures pouvaient servir pour plusieurs opérations.

L'argent a été identifié en traces aussi bien dans les sulfures que dans les billes d'alliage métallique. Ces teneurs résiduelles peuvent s'expliquer soit par un processus qui ne permet pas d'extraire l'argent du minerai, soit par une chaîne opératoire plus complexe dans laquelle l'argent est extrait plus tôt, et qui implique l'ajout de plomb. Ce métal est présent de façon marginale mais récurrente dans les deux scories, et pourrait lui aussi provenir du minerai, ce qui ne permet pas de trancher entre les deux options.

Mots-Clés: cuivre, argent, ateliers antiques, Pyrénées

Impact des pieux de bouchots sur le transit sédimentaire de la cellule Nord-Picardie (Baie de Somme, France)

Adrien Meyer[⋆1], Pierre Saulet[1], Renaud Toullec[2], Anne Combaud[3], Olivier Bain[1]

[1] Dpt. GEOS – Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – 19 rue Pierre Waguet - BP 30313 - 60026 Beauvais Cedex, France
[2] Equipe B2R (Bassins, Réservoirs, Resources) – Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – 19 rue Pierre Waguet - BP 30313 - 60026 Beauvais Cedex, France
[3] UP 2012-10-103 PICAR-T – Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – 19 rue Pierre Waguet - BP 30313 - 60026 Beauvais Cedex, France
@ : olivier.bain@lasalle-beauvais.fr

L'étude de Colas (2007) montre que 24,2% du littoral métropolitain recule du fait de l'érosion marine, les deux tiers correspondant aux littoraux sableux. Les plus forts niveaux d'érosion sont localisés sur la façade de la Manche et de la Mer du Nord où plus du tiers du littoral recule (37,6 %).

Le littoral du Marquenterre, situé entre la Baie de Somme et la Baie de l'Authie, est constitué d'une plage sableuse macrotidale dissipative à ultradissipative selon les caractéristiques définies par MASSELINK et SHORT, 1993, SHORT, 1999, DAVIDSON-ARNOTT, 2010 ; MASSELINK, 2011. Cette plage sableuse est marquée par l'alternance de barres sableuses et dépressions appelées localement "barres et bâches", typiques du système des plages à influence mixte houle-marée (MASSELINK, 2011).

Depuis 2013, des mesures biannuelles sont réalisées *in situ* par Lasalle-Beauvais-ESITPA pour suivre et comprendre l'évolution morphologique, topographique et granulométrique de la cellule hydro-sédimentaire Nord-picarde. Une partie de la cellule se caractérise par la présence de pieux de bouchots sur 6 km, depuis l'embouchure de la Somme jusqu'au sud de Quend.

L'objectif de cette étude est de comprendre le possible impact des pieux de bouchots sur la dynamique sédimentaire littorale.

Les premiers résultats de cette étude montrent une ségrégation granulométrique, nord-sud et bas -haut estran, en fonction des différents types d'anthropisation (digue, pieux de bouchots,...) présents sur la plage. Les interprétations des données morphologiques et granulométriques démontrent que les pieux de bouchots diminuent la vitesse du courant de dérive et par conséquent modifient la distribution granulométrique des sables. Ces résultats réfutent l'hypothèse de contre-dérive littorale proposée par BASTIDE (2011).

La poursuite de cette étude sous Telemac © permettra de modéliser l'évolution du courant de dérive ainsi que la perte de charge de ce dernier au niveau des pieux de bouchots. Les résultats ainsi obtenus serviront de point d'appui pour une gestion durable de ce littoral en intégrant l'ensemble des facteurs anthropiques : tourisme, urbanisme, mytiliculture.

Mots-Clés: Baie de Somme, dérive littorale, granulométrie, morphologie, mytiliculture

Valorisation des sédiments de dragage en techniques routières

Salim Mezazigh*[1], Yue Song, Ahmed Benamar, Nassim Boualili[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
@ : yue.song@univ-lehavre.fr

La gestion de quantité importantes de sédiments issues des opérations de dragage est un défi économique et environnemental majeur. Le territoire français compte plus de 525000 km de cours d'eau qui transportent chaque année, environ 45 millions de tonnes de sédiments. L'accumulation des sédiments, et leurs pollutions éventuelles, au fond des voies de navigation telles que les chenaux, des cours d'eau et dans les installations portuaires est souvent accentuée par l'activité humaine. Pour maintenir ou restituer l'accès de ces infrastructures aux bateaux, il s'avère indispensable de procéder régulièrement à des dragages d'entretien. En moyenne 50 millions de m3 de sédiments sont dragués par an dans les ports français et rejetés dans le milieu marin ou stockés dans des zones de dépôt à terre. Ces sédiments de dragage peuvent intéresser, sous différents formes, la filière du génie civil en tant que matériau de construction d'où le développement d'une valorisation des sédiments par la technique de solidification/stabilisation à base de liants. Cette technique nécessite une étude continue et rigoureuse des caractéristiques intrinsèques des matériaux (porosité, perméabilité, saturation...etc.).
Dans cette étude plusieurs formulations à base de liants (de chaux, de ciment et de fumée de silice) et de sédiment élaborés en laboratoire ont permis d'atteindre des caractéristiques mécaniques acceptables pour l'utilisation en assise de chaussée. Les éprouvettes de sédiments traitées ont été soumises à des conditions sévères de température et d'humidité. Des essais de lixiviation ont été effectués sur le matériau obtenu afin de déterminer la capacité des formulations à stabiliser les éléments polluants contenues dans le sédiment. Les résultats obtenus avec 12 différentes formulations sont présentés et analysés.

Mots-Clés: sédiments de dragage, valorisation, solidification, stabilisation, élément de métaux lourds, techniques routières

Factors influencing the occurrence and the fate of *E. coli* population in karst hydrosystem

Manon Michaut*[1], Thierry Berthe[1], Gautier Chaix[1], Erick Denamur[2], Olivier Clermont[2], Nicolas Massei[1], Jean-Paul Dupont[1], Fabienne Petit[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[2] Infection, Antimicrobiens, Modélisation, Evolution, INSERM : UMR 1137 IAME, Univ. Paris Diderot, Sorbonne Paris Cité, Paris, France

Assessment of the microbial quality in water environment will be one of the major challenges of the next decades. Among aquatic environments, karst aquifers represent one of the most important freshwater resources supplying water of 25% of the global population and 33% of the French population. This study combined hydrogeology, clinical and environmental microbiology in order to identify factors influencing the occurrence and the fate of *E. coli* population in karst hydrosystem. We focused this study on a small karst system developing in chalk in Upper Normandy. This system has been extensively monitored for water, particle and solute transport during the past 15 years, and belongs to the French national observatory network on karst (INSU/CNRS). It is a small binary system (12.5 sqkm) which comprises a surficial watershed on the chalk plateau drained by a permanent creek. The creek is engulfed into a sinkhole connected to the karstic spring located at the foot of the plateau. A well used for water supply is located 130m downstream of the spring. Abundance of culturable *E. coli* was monitored on the surficial watershed (i.e. the upstream part of the system) and at the spring downstream for contrasting hydrological conditions. Both the genetic diversity of *E. coli* populations- i.e the distribution of phylogroups- and the resistance to antibiotics were investigated. Association of *E. coli* to particles was performed by estimation of their settling velocities combined with microscopy analysis. The contamination of the water by *E. coli* decreased by about one to three orders of magnitude from the sinkhole to the well, mainly due to the strong dilution of the surface water within the groundwater. Analysis of the phenotypic antibiotic resistance have shown that 10 - 23% of these isolates being resistant to two or three antibiotics depending of the hydrological conditions and the land use. The input of an *E. coli* strain resistant to more than three classes of antibiotics (i.e. a multiple antibiotic-resistant strain) was linked to contamination of human origin during a rainfall event. At the sinkhole, the structure of the *E. coli* population in water varied with the hydrological conditions, with a higher proportion of B1 phylogroup of bovine origin. Moreover, culturable *E. coli* were mainly associated with non settleable particles after a rainfall event, as well as in dry period in swallow hole water. Abundance of culturable *E. coli* in karst aquifer reflected the previous contamination of the creek river by run-off and soil leaching, both depending on the hydrological conditions and the land use. In karst aquifer (i) during the rain event, an increase in microbial contamination was accompanied by a modification of the structure of the *E. coli* population (ii) *E. coli* were mainly associated with organic or organo-mineral microflocs .

Synthèse des processus sédimentaires et des corps associés le long de la marge liguro-provençale par une approche cartographique

Sébastien Migeon*[1], Quentin Soulet[2,3], Christian Gorini[2], Serge Berné[4], Antonio Cattaneo[5], Laurence Droz[6], Gwenael Jouet[5]

[1] Géoazur – Univ. Nice Sophia Antipolis, INSU, Obs. Cote d'Azur, IRD, CNRS : UMR7329 – 250 rue Albert Einstein, 06560 Valbonne, France
[2] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – 4, place Jussieu BP CC129 75252 Paris Cedex 05, France
[3] Total E&P – Avenue Larribau, 64000 Pau, France
[4] CEFREM – Univ. Perpignan Via Domitia – Perpignan, France
[5] Lab. Environnements Sédimentaires (LES) – IFREMER – Z.I. P.te du Diable, 29280 Plouzané, France
[6] Domaines Oceaniques – CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France

Les marges continentales sont le siège d'une sédimentation active qui se manifeste soit par des processus d'érosion associés au creusement de canyons et à la remobilisation de dépôts par des glissements sous-marins sur la pente continentale, soit par des processus de dépôt associés aux chenaux des accumulations turbiditiques dans le bassin. Ces phénomènes sont contrôlés à différentes échelles spatio-temporelles par plusieurs facteurs, tels que la nature/volume des apports détritiques contrôlant l'évolution à court/moyen terme de la morphologie d'une marge, les variations climatiques contrôlant l'érosion et le transport de particules sur le continent, les variations glacio-eustatiques contrôlant la redistribution des apports détritiques sur la marge. L'analyse détaillée des conditions de construction des accumulations turbiditiques et de déclenchement des glissements sous-marins peut donc permettre de caractériser l'évolution d'une marge continentale et de quantifier les principaux facteurs responsables. Elle offre aussi des intérêts plus appliqués, dans le domaine des géohazards ou dans celui du piégeage des hydrocarbures par des accumulations détritiques. A l'échelle de l'Holocène, voir du Quaternaire, cette analyse peut être abordée via l'interprétation de la géométrie des structures sédimentaires et tectoniques visibles sur le fond de la mer. La compilation de données bathymétriques (résolution 25 à 100 m) et de réflectivité a abouti à la réalisation d'une synthèse cartographique des grandes structures et corps sédimentaires des pentes continentales et des bassins de la marge Liguro-Provençale, englobant l'est du Golfe du Lion (EGdL), le bassin Ligure (BL), les marges est et ouest de la Corse (EC et OC). Cette cartographie a été précisée localement par l'interprétation de profils Chirp et sismiques. Les structures et corps sédimentaires analysés sont les thalwegs de canyons, les cicatrices de glissements et leurs chutes érosives et leurs MTDs associés, les gullies, les chenaux, les scours, les sediment waves, les lobes, les accumulations contouritiques. Il ressort de cette synthèse des morphologies très contrastées entre la marge douce et sédimentée de l'EGdL et celles abruptes et peu sédimentées du BL et de OC pour notamment les systèmes de canyons-chenaux-lobes. Les canyons passent de profils en U avec des dimensions moyennes (profondeur, largeur, extension du thalweg central) de 400 m, 2 km, 40 km pour l'EGdL à des profils en V avec des dimensions moyennes de 600 m, 500 m, 20 km pour les BL et OC. A l'exception du système turbiditique du Var, les canyons du BL et OC alimentent directement des lobes juxtaposés de 40-50 km d'extension se développant à la base de la pente continentale. Des dépôts contouritiques issus de l'activité de la LIW (Levantine Intermediate Water) participent à l'évolution des canyons du BL.

Mots-Clés: marge Liguro-Provençale, processus gravitaires, canyons, lobes, contourites

Turbidites co-sismiques dans la fosse de subduction nord Equateur/sud Colombie et leur application à une analyse paléosismologique

Sébastien Migeon*[1], Gueorgui Ratzov[1], Jean-Yves Collot[1], Sabine Schmidt[2], Priscilla Leclerc[3]

[1] Géoazur – Univ. Nice Sophia Antipolis, INSU, Obs. Cote d'Azur, IRD, CNRS : UMR7329 – 250 rue Albert Einstein, Sophia Antipolis, 06560 Valbonne, France
[2] Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS : UMR5805, Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers, Univ. Bordeaux – Avenue des Facultés - 33405 Talence Cedex, France
[3] Centre de formation et de recherche sur l'environnement marin (CEFREM) – CNRS : UMR5110, Univ. Perignan Via Domitia – 52 Av Paul Alduy, 66860 Perpignan Cedex, France

Le segment de marge active située au large de la frontière entre l'Equateur et la Colombie est affecté par l'activité récurrente de grands séismes de subduction dont les plus récents sont survenus en 1906 (Mw 8,8), 1942 (Mw 7,8), 1958 (Mw 7,7), 1979 (Mw 8,2) et 2016 (Mw 7,8). La fosse de subduction est caractérisée par la présence du système turbiditique d'Esmeraldas (STE) constitué de 2 complexes de chenaux-levées-lobes alignés le long de la fosse. Le système est alimenté par le Canyon d'Esmeraldas dont la tête est connectée avec le fleuve Esmeraldas. Afin d'identifier des dépôts gravitaires co-sismiques associés aux séismes du 20e siècle et effectuer une analyse paléosismologique de la zone sur la base de leur distribution spatio-temporelle, 7 carottes ont été collectées le long du STE, 2 dans la zone du canyon et 5 dans la fosse. L'analyse détaillée des carottes a permis de discriminer 2 types de turbidites : 1) des turbidites classiques présentant un granoclassement normal, une succession de termes à laminations et rides, un enrichissement en débris végétaux, 2) des turbidites constituées par la superposition de 2-5 niveaux sablo-silteux séparés par une limite érosive et présentant chacun un granoclassement normal, des laminations et des rides, un enrichissement en minéraux ferromagnésiens et ponces et une absence de débris végétaux. A proximité du canyon, ces dernières présentent également des foraminifères benthiques, des diatomées et des radiolaires intacts témoignant de sources locales sur la pente. Les premières sont associées aux crues du fleuve Esmeraldas, notamment lors des périodes El Nino, et les secondes sont interprétées comme le dépôt quasi-synchrone de plusieurs écoulements générés lors d'un séisme. La mesure de l'activité en excès du 210Pb a permis de corréler des turbidites déposées sur la bordure du canyon et la levée gauche (100 m de haut) du STE aux séismes de 1906, 1942, 1958 et 1979. Les séismes du 20e siècle de Mw $<$ 7 n'ont pas été enregistrés sur la levée, suggérant que celle-ci agissait comme un filtre naturel. Au-delà du 20e siècle, 22 et 11 turbidites co-sismiques ont été identifiées respectivement sur la bordure du canyon et la levée proximale du STE. Grâce aux modèles d'âge établis à partir de datations 14C, ces dépôts témoignent de fréquences de séismes de 40-70 ans et mettent en évidence une succession de cycles sismiques de 200-500 ans séparés par des périodes de quiescence de 100-300 ans. La comparaison des caractéristiques de la turbidite de 1906 avec les autres turbidites co-sismiques suggère qu'au moins un grand séisme similaire à celui de 1906 aurait pu affecter ce segment de marge il y a environ 600 ans.

Mots-Clés: turbidites, séismes, paléosismologie, Colombie, subduction

Apport de la géochimie moléculaire à la compréhension du fonctionnement de la sédimentation organique au niveau de la marge Nord Gabonaise

Salome Mignard*[1], Arnaud Huguet[2], Philippe Martinez[1], Thierry Mulder[1], Thierry Garlan[3]

[1] EPOC – CNRS : UMR 5805 – Univ. Bordeaux – France
[2] Milieux Environnementaux, Transferts et Interactions dans les hydrosystèmes et les Sols (METIS) – EPHE – CNRS : UMR 7619, Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI – 4 place Jussieu, 75005 Paris, France [3] Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) – Ministère de la Défense – 13 rue du Chatellier 29200 Brest, France

Les méthodes de géochimies moléculaires telles que l'analyse des tétraéthers ou GDGT sont de plus en plus courantes dans les études paléo-environnementales. Une large gamme de marqueurs en est dérivée permettant notamment d'évaluer de manière semi-quantitative la contribution des différentes sources de matière organique (terrigène vs. marine). Néanmoins, l'utilisation unique de ces marqueurs peut se révéler parfois difficile à interpréter. L'étude menée ici vise à comparer les résultats de méthodes à la fois sédimentologiques (granulométrie, calcimétrie, analyse des argiles par DRX) et géochimiques (TOC, δ13C, GDGT) sur un certain nombre d'échantillons prélevés dans des carottes marines prises au sein du système turbiditique de l'Ogooué (Gabon). Les échantillons ont été sélectionnés selon un transect proximal-distal et correspondent à deux périodes de temps spécifiques : L'Holocène moyen (7000 ans BP) et le Dernier Maximum Glaciaire (DMG) (20 000 ans BP). Les résultats préliminaires montrent que les différents marqueurs s'accordent sur un affaiblissement global des apports terrigènes vers le large ainsi que sur une augmentation globale des apports durant le DMG. Seul le BIT index semble aller dans le sens contraire avec des valeurs plus importantes au niveau des deux stations les plus distales. Ce constat remet en cause la validité de cet indice au niveau de notre zone d'étude. Des analyses complémentaires actuellement en cours concernant les n-alcanes doivent permettre de préciser et clarifier ces observations.

Mots-Clés: Gabon, biomarqueurs, matière organique, marge continentale

Vers une meilleure compréhension des facteurs impliquant l'accumulation de matière organique sur une marge équatoriale, cas du système turbiditique de l'Ogooué (Gabon)

Salome Mignard*[1], Thierry Mulder[1], Philippe Martinez[1], Abderrazak El Albani[2], Héloïse Verron[2], Thierry Garlan[3]

[1] EPOC – CNRS : UMR 5805 – Univ. Bordeaux – France
[2] Institut de Chimie des Milieux et Materiaux de Poitiers (IC2MP) – Univ. Poitiers – CNRS : UMR7285 – 4 rue Michel Brunet, 86022 Poitiers Cedex, France
[3] Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) – Ministère de la Défense – 13 rue du Chatellier, 29200 Brest, France

Les nouveaux enjeux actuels (meilleure évaluation du stockage naturel du carbone, exploration dans les roches mères) ont entrainé une recrudescence des études menées sur l'accumulation de matière organique (MO) au sein des sédiments et notamment à remettre en cause l'idée que les grands fonds océaniques étaient des zones peu propices à l'accumulation et la préservation de MO. L'étude de plusieurs carottes prélevées au niveau du système turbiditique de l'Ogooué a permis de mettre en évidence différents processus pouvant jouer un rôle à la fois dans l'apport et dans la préservation de la MO au niveau d'une marge continentale en milieu équatorial. Ce système est en effet localisé au niveau d'une zone de forte productivité primaire (Golfe de Guinée) et soumis à des apports terrigènes importants. Ces apports se traduisent notamment par le dépôt d'hémipélagites de couleur foncée et relativement riches en MO (1,5 – 2 %) alternant avec des séquences turbiditiques sableuses, elles aussi enrichies en MO, entrainant des concentrations ponctuelles significatives en MO d'origine continentale ($>$ 6%).

L'acquisition d'une stratigraphie multiproxies (par assemblage de foraminifères, δ18O, dates C14 et corrélation de signaux XRF) a montré que les carottes étudiées enregistrent une sédimentation depuis au moins 200 000 ans. Ceci a permis de mettre en avant la dynamique temporelle de l'accumulation de MO dans ce système qui montre une forte influence des cycles glacio-eustatiques avec des taux d'accumulation de MO multipliés par 4 durant les stades glaciaires.

Cette augmentation est due à l'action conjointe d'un apport fluvial plus conséquent liée à la connexion directe entre le système fluviatile et le système turbiditique - comme le prouve la mise en place de séquences turbiditiques enrichies en MO uniquement durant ces stades - et à une modification des courants de fonds apportant des eaux moins riches en O2 dans le Golfe de Guinée en périodes froides ralentissant ainsi tous les processus aérobies de dégradation de la MO et favorisant de ce fait la préservation de la MO. Ces deux processus combinés permettent une bonne accumulation de la MO malgré des taux de sédimentation relativement faibles.

L'analyse par DRX de la fraction argileuse des sédiments a également pu montrer une absence de production de minéraux authigènes et donc une action de la diagénèse précoce très limitée voire inexistante. Cette protection conjointe des minéraux argileux et de la MO pourrait être liée à la formation de complexe organo-minéraux.

Mots-Clés: matière organique, turbidite, isotopes, argiles

Microthermométrie et Spectroscopie Raman des inclusions fluides dans le quartz du Jebel Oust (Tunisie Nord orientale)

Yasmine Miladi*[1]

[1] Lab. de minéralogie et géochimie appliqué – Univ. Tunis el manar, Tunisie

Le Jebel Oust est situé à une trentaine de kilomètre au sud de Tunis. Il appartient au domaine des chainons jurassiques de la dorsale tunisienne. La structure du Jebel Oust correspond à un anticlinal à cœur liasique extrusif et à couverture sédimentaire allant du Crétacé au Tertiaire.
Des filons centimétriques de quartz orientés sensiblement ENE et recoupant les flyschs du Valanginien-Hautérivien ont fait l'objet de cette étude en vue de caracteriser le type de fluide responsable de cette mineralisation.
Dans ce travail on se propose d'étudier les inclusions fluides par Microthermométrie et Spectroscopie Raman dans le quartz filonien. Macroscopiquement **le** quartz est xenomorphe translucide à transparente. L'étude pétrographique montre la présence des inclusions fluides primaires aqueuses biphasées de types (L+V), ces inclusions sont de taille variable allant de 15 à 40 μm ayant des formes ovoïdes ou arrondies. Le remplissage vapeur est inférieur à 50%. Elles sont localisées dans les zones de croissance du cristal.
Les inclusions monophasées gazeuses d'origine secondaires sont très fréquentes et dispersées dans le cristal, leurs taille varient de 15 à 30 μm et présentent de formes variées (allongées, irrégulières, arrondies).
Après refroidissement des inclusions, les températures de fin de fusion(Tff) de la glace mesurées vont de -3,5 et -1,1°C, ce qui correspond à une salinité de 1,7 a 4,9 % equiv NaCl. Les températures d'homogénéisations (Th) en phase liquide sont comprises entre167 et 250 °C. L'analyse Raman dans la phase gazeuse montre la présence des deux raies vers 2328 cm-1 et 2330 cm-1 qui sont attribuable a L'azote. D'autres raies qui sont visibles vers 1159 cm-1 et 1157.24 cm-1 peuvent être attribuables au dioxyde de soufre.
Les résultats des analyses des inclusions fluides dans le quartz filonien montrent que la minéralisation s'est déposée à partir d'un fluide relativement chaud et de faible salinité. L'augmentation de température témoigne de la présence d'une couverture sédimentaire plus épaisse au dessus des niveaux porteurs. La circulation des fluides a été déclenchée en réponse à une fracturation hydraulique induite par une phase distensive post jurassique. Ces résultats confirment les travaux de Souissi et al, (1996) qui stipulent que le couple des fluides température-salinité de Jebel Oust est le plus élevé à l'échelle de la province de Zagouan, et laisse suggérer que les fluides de ce gite se rapprochent le plus du fluide du réservoir. Les valeurs de salinité et de température de ce gite permette de l'affilier dans le groupe de gisement de type MVT (Mississippi-Valey-Type).

Mots-Clés: Jebel Oust, inclusions fluides, microthermométrie, spectrométrie Raman

Formation of Mg-aluminosilicates during early diagenesis of carbonate sediments in the volcanic crater lake of Dziani Dzaha (Mayotte – Indian Ocean)

Vincent Milesi*[1], Magali Ader, Didier Jézéquel, François Guyot, Aurélien Virgone, Eric Gaucher

[1] Stable Isotopes Geochemistry Lab (SIG) – IPG PARIS – 1, rue Jussieu 75005 Paris, France

Aluminosilicates are increasingly reported in ancient carbonate rocks, but their origin remains poorly understood strongly limiting paleoenvironmental interpretations. The volcanic crater lake of Dziani Dzaha in Mayotte is studied to assess the processes controlling the formation of silicates in the carbonated sediments during early diagenesis. The water column of the Dziani Lake has a salinity up to two times that of seawater, pH values of ~9 to 9.5 and an alkalinity of ~0.26 molar, which result in the precipitation of aragonite and hydromagnesite. Analyses with X-Ray diffraction powder of samples from the first meter of the sedimentary column indicate a decrease of the hydromagnesite content with depth and the concurrent formation of Mg-aluminosilicate of the smectite group. Observations with scanning and transmission electron microscope confirm the occurrence of phyllosilicates, which are occasionally embedded in the surface of volcanic pumice suggesting a genetic link between the two phases. X-Ray diffraction analyses on the isolated silicate phase and analyses of the chemical composition with electron dispersive spectroscopy are consistent with a Na-rich saponite (Na0.33Mg3Al0.33Si3.67O10(OH)2). The evolution with depth of pore water composition is consistent with the observed mineral evolution as it becomes progressively undersaturated relative to hydromagnesite, mostly because pH decreases with depth, while remaining oversaturated relative to saponite. Six sediment cores from various locations throughout the lake show the same mineral evolution, except for one possibly sampled in a singular pit. There, the hydromagnesite content remains constant with depth and no Mg-aluminosilicate forms. Although the pH value is also found to decrease with depth, hydromagnesite is stabilized by a higher alkalinity and Mg2+ activity. Occurrences of highly mineralized deep fluid in this location may explain the singular mineral evolution. Finally, the absence of Mg-aluminosilicate when hydromagnesite remains stable strongly suggests that the destabilization of the Mg-carbonate is required for saponite to form.

Mots-Clés: early diagenesis, carbonate sediments, thermodynamic modeling, aluminosilicates

Diagénèse de la Craie: application sismique

Florian Miquelis*[1], Franck Hanot[1], Joséphine Vicelli[1], Virginie Picornell

[1] CDPconsulting – 7 boulevard Chanzy, 41000 Blois, France
@ : f.miquelis@cdpconsulting.fr

Depuis les années 50, l'exploration pétrolière du bassin de Paris est confrontée à un problème d'imagerie sismique causé par un phénomène de diagénèse de la craie du Crétacé supérieur, cantonné à la couverture tertiaire actuelle. Ce phénomène de diagénèse reconnu le long des puits montre une forte variabilité spatiale et affecte inégalement la craie sur une épaisseur variant de 0 à plusieurs centaines de mètres. Cette diagénèse s'exprime en imagerie sismique sous deux formes :

- par la présence d'un réflecteur sismique forte énergie marqueur du toit de la diagénèse
- mais surtout par des effets de pull-ups (pouvant atteindre plusieurs dizaines de millisecondes temps simple) ayant bien souvent conduit à l'implantation de forages sur des structures inexistantes. De ce fait, l'imagerie sismique se révèle un support scientifique important pour la compréhension de ce phénomène de diagénèse à l'échelle du Bassin de Paris.

Le projet " Géocraie ", un programme de recherche de 2ans mené par CDPconsulting et financé par la société Vermilion avait pour but d'améliorer la compréhension de la diagénèse de la craie afin de proposer des solutions industrielles pour l'imagerie du sous-sol. Celui-ci s'appuyait sur un traitement sismique de plusieurs centaines de km de lignes sismiques 2D, assemblés sous forme de transects régionaux recoupant le bassin tertiaire ; mais également par une étude exhaustive des diagraphies soniques des puits recoupant la craie et d'une analyse des données gravimétriques résiduelles. Une campagne de terrain a également été menée au Nord du bassin afin d'étudier les affleurements de craie anomalique.

Ce projet régional et pluridisciplinaire a conduit à plusieurs résultats importants conduisant à compléter le modèle proposé en 2012:

- La mise en évidence d'un phénomène de diagénèse cantonné à la craie blanche du Sénonien,
- L'observation d'un gradient de diagénèse variant spatialement du sud-ouest vers le nord-est du Bassin,
- Des massifs de craie dolomitique variant en forme et en amplitude de part et d'autre de la faille du Bray permettant d'envisager un régime hydrodynamique différent.

Outre les avancées significatives sur l'amélioration de l'imagerie sismique du Bassin de Paris et les implications hydrogéologiques, ce projet permet d'offrir une vision totalement nouvelle de la diagénèse de la craie du Bassin de Paris sous couverture tertiaire. C'est aussi une occasion quasiment unique de pouvoir observer un phénomène de diagénèse à l'échelle d'un bassin sédimentaire.

Mots-Clés: diagénèse, craie, Bassin de Paris, imagerie sismique, Geocraie, CDPconsulting, corrections statiques

Etude à haute résolution temporelle de la Terminaison I dans l'Atlantique Nord-Est : Apport des proxies basés sur les foraminifères benthiques

Meryem Mojtahid*[1], Samuel Toucanne[2], Robin Fentimen[3], Christine Barras[1], Sandrine Le Houëdec[1], Elisabeth Michel[4]

[1] Bio-Indicateurs Actuels et Fossiles (LPG-BIAF) – Univ. Angers – CNRS : UMR 6112 – 2 Bd. Lavoisier, 49045 Angers Cedex, France
[2] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Technopôle Brest Iroise - BP 7029280 Plouzané, France
[3] University of Fribourg, Department of Geosciences – Suisse
[4] Lab. des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – CNRS : UMR 8212 – Gif-sur-Yvette, France

La carotte MD99-2328 a été prélevée à 942 m de profondeur sur la Marge Celtique (NE Atlantique). Cette carotte, longue de 23,4 m, couvre les derniers ~23 ka avec une résolution exceptionnelle pouvant atteindre 2,4 m/ka. Une analyse multiproxies a été effectuée pour mieux comprendre les changements paléoclimatique et paléohydrologique qui ont eu lieu au cours de la Terminaison I (*i.e.* dernière transition glaciaire-interglaciaire) sur cette marge profondément affectée par les pulses d'eau de fonte issus du Fleuve Manche. Les résultats de l'analyse des assemblages des foraminifères benthiques et de la composition géochimique de leurs coquilles (isotopes stables et éléments traces) montrent que le Dernier Maximum Glaciaire (DMG ; jusqu'à ~18 ka) présente sur la zone d'étude une architecture complexe. Les eaux de fond montrant très certainement des périodes de dysoxie en réponse à des apports importants en matière organique et à une ventilation profonde affaiblie. Plus particulièrement, nous avons pu distinguer deux phases au sein du DMG. La première (23,4 - 21,1 ka) se caractérise par la présence importante des miliolidés et une faible abondance de *Cassidulina carinata,* alors que la deuxième phase (~21,1 et ~18,1 ka) présente la tendance inverse. Lors de la première phase du stadiaire d'Heinrich 1 (~18 - 16,7 ka), une forte prédominance des espèces eutrophes *Bolivina spathulata*, *Bolivina albatrossi* et *Cassidulina carinata* ainsi qu'une hausse du ratio Mn/Ca suggéreraient que les eaux de fond étaient hypoxiques. Au contraire, lors de la seconde moitié de cet épisode climatique (16,7 - 14,7 ka; i.e. HE1 *sensu stricto*), la très forte représentativité de l'espèce côtière (donc allochtone dans notre zone d'étude) *Elphidium excavatum* et l'absence quasi-totale d'espèces autochtones nous suggèrent un transport efficace des foraminifères côtiers par la glace de mer et des conditions anoxiques sur le fond marin. En l'absence de forts apports en provenance du continent à cette époque, cette absence d'oxygène est très probablement liée à un ralentissement sévère de la circulation des eaux intermédiaires dans l'Atlantique NE. Nos données démontrent dès lors la sensibilité des foraminifères benthiques aux variations significatives des apports terrigènes (sédiment, matière organique), et de la ventilation intermédiaire qui caractérisent le début de la déglaciation sur la marge NE Atlantique.

Mots-Clés: terminaison I, foraminifères benthiques, isotopes stables, éléments traces, Atlantique NE

Signatures géochimiques des quartz dans les veines minéralisées (W, Sn, Nb, Ta, Sb) de la zone d'Echassières (Allier, Massif Central)

Loïs Monnier*[1], Laurent Bailly[2], Didier Beziat[1], Jérémie Melleton[2], Stefano Salvi[1]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[2] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – France

Le complexe granitique d'Echassières (Allier, Massif Central, France) comprend : le pluton de granite à deux micas et cordiérite des Colettes (env. 3 km de diamètre), qui se met en place dans les schistes de la nappe de la Sioule pendant le Namurien/Westphalien (Cuney et al 1992) ; et plus au sud le granite à éléments rares (Li-Ta-Nb-Be) de Beauvoir (0,10 km^2 env.), plus récent et daté à 317 $\pm$ 6 Ma (U-Pb sur colombo-tantalite ; Melleton et al 2015). Ce dernier, fortement affecté par une altération de type greisen puis par une kaolinisation, comprend une minéralisation disséminée et sub économique à Nb-Ta et Sn (Cuney et al 1992). Le granite de Beauvoir recoupe le stockwork de la Bosse, minéralisé principalement en W et Nb-Ta. Ces minéralisations seraient reliées (Aubert, 1969) au stade hydrothermal du granite " caché " de la Bosse, évènement antérieur à la mise en place du granite de Beauvoir. Dans le complexe granitique ainsi que dans son encaissant schisteux, on retrouve de nombreux filons de quartz de direction relativement constante (N 150° à N 040°), minéralisés (W, Sn, Sb...) ou non. Les résultats préliminaires sur les signatures géochimiques des quartz présents dans les différentes paragenèses, obtenues par le couplage ablation laser / spectromètre de masse à source plasma (LA-ICP-MS), ainsi que de nouveaux arguments structuraux et pétrographiques permettent de reconsidérer les relations entre le granite de Beauvoir et le stockwork de la Bosse. Certaines veines de quartz du greisen du granite de Beauvoir présentent un remplissage polyphasé indiquant une réactivation multiple des fractures. Les différentes signatures chimiques des quartz de chacune des générations pourraient nous permettre de relier ces activations à des épisodes minéralisateurs distincts. De plus, les signatures géochimiques spécifiques des quartz associés à la minéralisation laissent entrevoir la possibilité de " tracer " les filons minéralisés du stockwork dans le cadre d'une prospection de minéralisations de W.

Aubert G. (1969) Les coupoles granitiques de Montebras et d'Echassières (Massif Central français) et la genèse de leur minéralisation en étain, lithium, tungstène et béryllium. Mémoire BRGM 46, p 345.

Cuney M., Marignac C., Wesbrod A. (1992) The Beauvoir Topaz-Lepidolite Albite Granite (Massif Central, France): The Disseminated magmatic Sn-Li-Ta-Nb-Be Mineralization. Economic Geology Vol. 87, p 1766-1791.

Melleton J., Gloaguen E. (2015) Timing of rare-elements (Li-Be-Ta-Sn-Nb) magmatism in the European Variscan belt. Variscan 2015: The Variscan belt: correlations and plate dynamics.

Mots-Clés: signatures du Quartz, minéralisations, stockwork, Granite de Beauvoir

First Kimmeridgian/Tithonian flora from the lithographic limestone of the Causse Méjean (Lozère, southern France)

Jean-David Moreau*[1], Louis Baret[2], Gérard Lafaurie[3], Carmela Chateau-Smith[4]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] Association Paléontologique des Hauts Plateaux du Languedoc – 14 chemin des Ecureuils, 48000 Mende, France
[3] 10 rue Léon Baraillé, 46100 Figeac, France
[4] UFR SVTE – Univ. Bourgogne – 6 boulevard Gabriel, 21000 Dijon, France
@ : jean.david.moreau@gmail.com

Fossiliferous lithographic limestone yielding Kimmeridgian/Tithonian floras has been reported from few localities, mainly located in western Europe (e.g., Plattenkalk of Bavaria in Germany, or Canjuers and Cerin in France). They were studied intensively during the twentieth century, when the fossil plants were mainly ascribed to bennettitaleans, conifers, cycads, ginkgophytes and pteridosperms. Here, we report the first flora from the Kimmeridgian/Tithonian lithographic limestone in the northern part of the Causses Basin. These fossils were discovered in the deposits of a small quarry in the Causse Méjean, which is no longer accessible, as it has been completely filled in. The section of the quarry was composed of homogeneous, micritic, thinly laminated limestone, with fine-grained texture (mudstone), conchoidal fractures, and sharp edges. Fossil plants are represented by megaremains preserved as impressions (external casts). This flora shows a co-occurrence of terrestrial plants and marine algae. The land plants include vegetative remains ascribed to bennettitaleans (*Zamites* BRONGNIART, 1828), conifers (*Brachyphyllum* BRONGNIART, 1828), and pteridosperms (*Cycadopteris* ZIGNO, 1853). Marine algae were ascribed to dasyclads (*Goniolina* D'ORBIGNY, 1850). Lithological and palaeontological features suggest preservation in a flat, homogeneous, protected environment, perhaps a brackish or marine lagoon, influenced by both continental and marine inputs. This discovery complements the few existing reports of European Late Jurassic floras, and indicates that coastal habitats were dominated by sub-arborescent vegetation, consisting of bennettitaleans and pteridosperms, but also arborescent plants, such as conifers. Both the palaeoenvironmental context and certain xerophytic features suggest that these terrestrial plants from the Causse Méjean were well adapted to the hot, dry conditions of coastal areas.

Turonian-Coniacian silicified plants from the flints of Claix (Charente, western France)

Jean-David Moreau*[1], Didier Néraudeau[1], Jean-Pierre Platel[2], Anne-Lyse Ravon[3], Matthieu Le Couls[1], Vincent Fernandez[4], Paul Tafforeau[4]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] 9, allée des Tourterelles, 33610 Canéjan, France
[3] Lab. Archéosciences, CNRS UMR 6566, Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences et Histoire – Univ. Rennes 1 – Campus de Beaulieu - 263 avenue du Génaral Leclerc, bât. 24-25, 35042 Rennes, France
[4] European Synchrotron Radiation Facility (ESRF) – 71, Avenue des Martyrs, 38000 Grenoble, France

In western France, most of Cretaceous plant megaremains are preserved as impressions (external casts) in clay or compressions with or without cuticle in lignite. Remains are commonly highly flattened and only the gross morphology can be provided. When the cuticle is preserved, it shows casts of the most peripheral epidermal cells, allowing the description of microstructural details such as morphology and size of ordinary cells and stomatal apparatuses. However, compressions with cuticles never preserved histology. Silica-rich nodules have been recently collected in surface alterite and Palaeolithic or Neolithic habitats of Claix (Charente, western France). Some of the flints contain diverse plant megaremains. Specimens were examined under light microscopy (LM) and scanning electron microscopy (SEM). In order to detect fossil inclusions inside flints we made preliminary imaging tests using high resolution and high energy X-ray synchrotron microtomography (PPC-SRμCT). The plant assemblage is late Turonian-earlymost Coniacian in age and consists of abundant leafy axes of conifers (*Brachyphyllum* Brongn., *Frenelopsis* (Schenk) emend. J. Watson, and *Geinitzia* Endl.) and rare leaves of angiosperms and pinnae of ferns. Such plant diversity is for the first time observed is post-Cenomanian flints from this part of Europe. By contrast with most of lignitic plant beds of western France, the plants from the flints of Claix are exquisitely preserved in three dimensions, showing details of cuticle and inner tissues. It consists of silicified petrification/permineralization, the origin of the silicification being questionable.

L'Estuaire de la Rance : dynamiques hydro-sédimentaires sous contrôle anthropique. Observation iconographique et datation par spectrométrie gamma

Edwige Motte*[1], Sabine Schmidt[2]

[1] LETG Rennes Costel (Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique - Climat et occupation du sol par télédétection) – Univ. Nantes, Univ. Caen Basse-Normandie, Univ. Bretagne Occidentale (UBO), CNRS : UMR6554, Univ. Rennes II - Haute Bretagne – Maison de la Recherche, Place du Recteur Henri Le Moal, 35043 Rennes Cedex, France
[2] EPOC (Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux) – CNRS : UMR5805, INSU, Univ. Bordeaux I, EPHE, Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers – Station Marine d'Arcachon, Univ. Bordeaux 1, 2 Rue du Professeur Jolyet, 33120 Arcachon Cedex, France
@ : edwige.motte@uhb.fr

L'estuaire de la Rance, situé dans une *ria* creusée dans le massif armoricain, puis ennoyée par l'élévation du niveau de la mer lors de l'Holocène, est un géo-système singulier façonné depuis l'époque romaine, par les dynamiques de l'Anthropocène, poussées à leur paroxysme depuis l'implantation de l'usine marémotrice. Parmi les transformations induites par cette occupation anthropique, l'envasement cristallise les débats, en particulier dans la perspective de création d'un Parc Naturel Régional.
Cette communication propose d'appréhender les transformations sédimentaires intervenues sur les rivages de ce territoire hyper anthropisé à travers une méthodologie innovante basée sur l'observation diachronique de supports iconographiques et la comparaison de leurs informations avec des carottages.
Un large corpus de représentations (peintures, gravures, cartes postales...) figurant l'état passé des rivages de l'estuaire a été recueilli, dans l'objectif d'identifier les principales transformations intervenues sur l'estran. Les points de vue des différents documents ont été localisés et des photos actuelles ont été prises, en essayant de reproduire aussi précisément que possible la photo initiale dans le but de comparer précisément les couples d'images. Ce protocole nous a permis d'identifier un certain nombre de sites touchés par des dynamiques d'envasement très significatives. Ces sites ont alors été carottés afin d'améliorer la connaissance des rythmes de sédimentation. L'analyse d'un premier prélèvement, par spectrométrie gamma des radioéléments suivants (210Pb, 226Ra, 137C), nous a permis d'obtenir des résultats prometteurs : la carotte a été prélevée sur la rive gauche, en aval de l'estuaire, dans le bassin d'un ancien moulin à marée, concerné par une forte accumulation sédimentaire au regard de plusieurs couples diachroniques de photographies (1920 – 2015). Les résultats d'analyse montrent une décroissance du profil PB 210 nettement marquée par un point d'inflexion significatif autour des années 1960, concomitant à la fois avec la destruction de l'ancienne digue du moulin et la construction de l'usine marémotrice. L'analyse de carottes complémentaires, prélevées à différents endroits de l'estuaire visiblement soumis à un fort envasement, est en cours. Les résultats de ces carottes seront présentés afin d'attester l'efficacité de la méthode pour la datation des dépôts sédimentaires récents.

Mots-Clés: estuaire, iconographie, dynamiques hydro, sédimentaires, spectrométrie gamma

Le méga-cône alluvial de Lannemezan : un enregistrement de l'histoire tardi- à post-orogénique du nord des Pyrénées

Margaux Mouchene[1], Peter van der Beek[1], Frédéric Mouthereau[⋆2], Julien Carcaillet[1], Sébastien Carretier[2,3]

[1] Institut des sciences de la Terre (ISTerre) – IRD : UR219, OSUG, INSU, Univ. Joseph Fourier - Grenoble I, Univ. Savoie, IFSTTAR-GERS, CNRS : UMR5275, Univ. Grenoble Alpes – CS 40700, 38058 Grenoble Cedex 9, France
[2] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[3] Universidad de Chile – v. Libertador Bernardo O'Higgins 1058, Santiago, Chili
@ : margaux.mouchene@univ-grenoble-alpes.fr

L'élément morphologique le plus spectaculaire de l'avant-pays nord-Pyrénéen est le méga-cône alluvial de Lannemezan. Construit au Miocène-Pliocène, alors que la déformation active dans la chaîne se termine, il est abandonné et incisé au Quaternaire. Nous présentons les résultats d'une analyse morphométrique, de datations par nucléides cosmogéniques (10Be, 26Al) et de modélisations numériques afin de préciser la place de cet élément dans l'histoire tardi- à post-orogénique du nord de la chaîne des Pyrénées. L'abandon de la surface sommitale du méga-cône est survenue vers 280-320 ka, soit plus récemment que supposé précédemment (Pléistocène inférieur). Les dépôts du méga-cône ont ensuite été incisés par la Neste, la Garonne et les rivières développées sur le cône lui-même. Cette incision semble avoir été influencée par les cycles glaciaires/interglaciaires puisque l'abandon d'une série de terrasses alluviales coïncide avec les transitions climatiques froid/tempéré des stades MIS 9, MIS 5 et post-LGM. L'analyse morphologique (profiles en long, ks, chi) ne révèle pas de présence ou de retrait systématique de knickpoint qui attesterait d'une activité tectonique ou d'un changement du niveau de base influençant l'incision. L'analyse du proxy chi (χ) met en évidence des réorganisations du réseau de drainage par captures. La modélisation numérique (code CIDRE, Carretier et al. 2015) nous a permis d'évaluer les rôles relatifs des processus autogéniques et allogéniques dans l'évolution du méga-cône. Ces tests suggèrent que les processus autogéniques pourraient avoir été suffisants pour expliquer l'évolution long-terme du méga-cône (construction, abandon et incision) mais une influence du climat sur les modalités de l'incision ne peut être exclue.

Mots-Clés: Pyrénées, méga-cône alluvial, nucléides cosmogéniques, modélisation numérique, morphologie fluviale

L'apport du corail d'eaux froides Lophelia pertusa aux reconstitutions climatiques et paléocéanographiques de l'Holocène du NE Atlantique

Vincent Mouchi[⋆1,2], Quentin Crowley[2], Xavier Monteys[3], Frank Mc Dermott[4], Stephen Mc Carron[5]

[1] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – 4, place Jussieu, BP CC116, 75252 Paris Cedex 05, France
[2] Trinity College Dublin [Dublin] (TCD) – School of Natural Sciences, College Green, Dublin, Irlande
[3] Geological Survey of Ireland (GSI) – Irlande
[4] University College Dublin (UCD Earth Institute) – School of Geological Sciences, Belfield, Dublin, Irlande
[5] Maynooth University, Department of Geography – Irlande
@ : vmouchi@gmail.com

La baie sous-marine du Porcupine est un large bassin sédimentaire qui sert de transition vers les plaines abyssales depuis le large des côtes irlandaises. Elle abrite trois provinces riches en récifs de coraux froids d'âge Pliocène à actuel, principalement trouvés entre 500 et 1500m de profondeur, qu'il s'agisse de récifs vivants ou ensevelis sous les sédiments. En tant que structures carbonatées biogènes, ces récifs peuvent amener des indices sur les conditions hydrodynamiques et climatiques locales et régionales sur leur période de vie.

Cette étude se concentre sur la description de deux carottes, d'environ 5m chacune, issues d'un récif enseveli dans la Province de Belgica (51°26'07", 11°31'45"), à 370m de profondeur. Ce récif récent est le premier décrit du Porcupine provenant d'une profondeur inférieure à 500m. Un ensemble de données géophysiques (*gamma-ray*, susceptibilité magnétique, vitesse des ondes P) et sédimentologiques (taille des particules, nature minéralogique) permettent de caractériser les conditions locales de dépôt et du milieu de vie des coraux de leur initiation à leur disparition dans cette zone. De plus, 14 spécimens de coraux ont été datés par méthode radioactive (14C, U/Th) pour contraindre au mieux ce récif sur toute la période de développement de la colonie.

L'initiation de ce récif est synchrone à un changement lithologique très marqué, passant d'argiles à sables, correspondant à la fin de la crise climatique de 8,2 ky BP. Il est couramment accepté que cette crise ait probablement été causée par une perturbation de la circulation thermohaline, suite à la fonte importante de glaciers en Amérique du Nord se déversant dans la mer du Labrador. L'importance de cette perturbation pour le développement de la colonie tend à indiquer que d'autres modifications hydrodynamiques de moindre importance pourraient être à l'origine d'un système alternant de conditions favorables et défavorables à la prolifération de coraux dans cette région. Il est noté que les autres colonies coralliennes de la Province de Belgica, situées à des profondeurs plus importantes et sous l'influence de masses d'eau différentes, présentent des périodes de développement opposées à celles du récif présenté dans cette étude. Il est proposé un régime alternant entre les deux zones pour le développement des colonies, en fonction des conditions hydrodynamiques locales.

Mots-Clés: sédimentologie, paléoenvironnements, océanographie, Holocène, coraux froids, *Lophelia pertusa*, crise climatique

On the hydraulic behavior of large strike-slip fault: Thénia active fault zone (north-central Algeria) as a case study

Hakim Moulouel*[1], Rabah Bensalem[1], Djamel Machane[1]

[1] Centre National de Recherche Appliquée en Génie Para-Sismique (CGS) – 1 rue Rahim Kaddour, Hussein Dey, Alger, Algérie

Fault zones control a wide range of crustal processes. Although fault zones occupy only a small volume of the crust, they have a controlling influence on the crust's mechanical and hydraulic behavior. In this study we focus on the fluid flow patterns in ground water aquifers impacted by Thénia Fault Zone (TFZ) which is the most prominent "strike-slip" active fault passing nearby the cities of Algiers and Boumerdes. It forms a complex near-vertical fault zone with an asymmetric and zoned internal structure of at least 150 m wide and with a straight N120° overall trending. The fault zone is traversed with two elongated parallel fault branches (FB1 and FB2), generally, 70 m distant from each other. These fault branches locate two intensely damaged zones (IDZ) of 10 to 15 m thick each, situated at the margin of two damaged zones having several tens of meters wide each. The study concentrates first on two primary aspects of TFZ; its internal structure and its hydraulic behavior. We emphasize that these two aspects are inextricably coupled. Second, we discuss the hydrogeological characteristics of the fault derived from a number of indirect data sources such as, springs, aquifers, piezometric levels and electrical resistivity tomography (ERT). As a whole, data indicates that The TFZ associated damaged marl, locates an aquifer evidenced by numerous aligned water resurgences (and imaged by ERT) that are more visible in river banks. These water resurgences tend to generally be at 10 m in altitude. The later would be, indeed, the piezometric level inside the damaged marl of the TFZ, in agreement with piezometric levels situated at 50 m depth measured in boreholes located at an altitude of 60 m (southeastern part of Boumerdes plateau). Subsequently, damage zone localized water resurgences indicates that IDZ (Itensely Damage Zone) and undeformed marls may act as a barrier to fluid flow across the TFZ, whereas the confined damage zone acts as a fluid conduit.

Mots-Clés: Thénia fault, strike-slip active fault, Algeria, fluid flow, aquifer, electrical resistivity tomography

the Beni Bousera and Ronda ultramafic massifs as example of tectonic autocontamination of the oceanic lithosphere

Zahra Mourabit*[1], Abdelhalim Tabit[1], Ahmed Algouti[1], Abdellah Algouti[1]

[1] Lab. Géologie des Bassins Sédimentaires marocain ''GEOBASSMA'' – Dpt. de géologie – Univ. Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia – Maroc
@ : zahra.mourabit@gmail.com

The peridotites are essentially high strain ultramafic tectonites with several high temperature foliations. They comprise mainly spinel-lherzolites and spinel-harzburgites. Rare spinel-dunites occur as small pockets scattered within the massifs. The occurence of a protogranul texture suggests a primary occurrence of garnet, now recrystallized to spinel. Secondary recrystallization of plagioclase as a result of decreasing pressure is well documented in Ronda and Sierra de Alpujata. The garnet-peridotites were initially considered to be the result of tectonic dispersion of garnet-pyroxenite layers within the surrounding peridotites. The equilibrium between garnet and olivine, clearly documented in these rocks was considred to be the result of the transition from the spinel lherzolite to the garnet lherzolite stability field through isobaric cooling.

Mots-Clés: ultramafic tectonites, lherzolite, recrystallization, tectonic dispersion

L'apport de la volcanologie et de la géomorphologie à l'étude des sources d'obsidiennes. Exemples en Anatolie orientale et Caucase

Damase Mouralis*[1]

[1] IDEES – Normandie Univ, UNIROUEN, CNRS : UMR6266 – 7 rue Thomas Becket, 76130 Mont-Saint-Aignan, France

L'obsidienne d'Anatolie orientale a été intensivement exploitée par les populations préhistoriques de la fin du Paléolithique au début de l'Âge du Bronze. En outre, les artefacts en obsidiennes retrouvées dans de nombreuses fouilles du Moyen-Orient témoignent de la diffusion de cette roche (matière première et/ou artefacts) dans l'ensemble de la région.
Dans le cadre du projet GéObs (Géographie des obsidiennes d'Anatolie orientale : identification, caractérisation et diffusion), soutenu par le CNRS et l'ANR, nous menons une étude systématique des affleurements d'Anatolie orientale. L'un des objectifs du projet GéObs vise donc à réaliser une base de données complète des sources –primaires et secondaires – précisant les contextes volcanologiques et géomorphologiques des affleurements ainsi que les caractéristiques physiques et chimiques de la matière première.
L'étude des sources d'obsidienne (*obsidian sourcing*) des artefacts archéologiques s'appuie le plus souvent exclusivement sur les signatures chimiques élémentaires. Dans cette présentation, nous souhaitons, au contraire, souligner l'importance d'une étude de terrain –volcanologique et géomorphologique- des sources. Celle-ci apporte en effet de nombreuses informations :
1) Les données volcanologiques permettent d'interpréter les variations des caractères chimiques et physiques ;
2) Les modes de mise en place et l'évolution géomorphologique contrôlent la qualité et la quantité de la matière première ;
3) Enfin, l'évolution géomorphologique joue un grand rôle dans la disponibilité et l'accessibilité de la ressource.
Les différents exemples pris en Anatolie et dans le Caucase illustrent l'importance des données de terrain pour la recherche des sources d'obsidienne. Elles permettent aussi de s'interroger sur le choix de certaines sources au détriment d'autres.

Mots-Clés: obsidienne, archéométrie, Néolithique, Moyen-Orient, Anatolie, volcanologie, géomorphologie

Between Central and Eastern Anatolia: the procurement of obsidian in Arslantepe from the Chalcolithic to Middle Bronze Age

Damase Mouralis*[1], Massimo Massussi[2], Ebru Akköprü[3], Francesca Ballossi[4], Bernard Gratuze[5], Catherine Kuzucuoglu[6], Fatima Mokadem[6], Guilio Palumbi[7], Anne-Kyria Robin[6]

[1] IDEES – Normandie Univ, UNIROUEN, CNRS : UMR6266 – 7 rue Thomas Becket, 76130 Mont-Saint-Aigna, France
[2] Missione Archeologica Italiana in Anatolia Orientale. La Sapienza University of Rome – Italie
[3] Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, 65080 Van – Turquie
[4] Department of Antiquities, Sapienza University of Rome – Italie
[5] Institut de Recherches sur les Archéomatériaux (IRAMAT) – CNRS : UMR5060, Univ. Orléans – France
[6] Lab. de géographie physique (LGP) – CNRS : UMR8591, Univ. Paris I - Panthéon-Sorbonne, Univ. Paris-Est Créteil Val-de-Marne (UPEC) – 1 Place Aristide Briand 92195 MEUDON Cedex, France
[7] Environnements et sociétés de l'Orient ancien (Archéorient) – CNRS : UMR5133, Univ. Lumière - Lyon II – Maison de l'Orient et de la Méditerranée Jean-Pouilloux, 7 rue Raulin, 69365 Lyon Cedex 07, France

Arslantepe is a höyük (= tell), located within the fertile Malatya Plain, some 12 kilometers from the right bank of the Euphrates River. The long sequence of the site covers several millennia, from at least the Sixth millennium BC until the final destruction of the Neo-Hittite town. The archaeological site benefits of a more than fifty years of excavations by the Italian Archaeological Mission (La Sapienza Univ., Rome). Its long history reflects the changing relations and connections with various civilizations in the Near East.
During the Earliest phases (Chalcolithic), Arslantepe is connected with the Syro-Mesopotamian world. However, during the Early Bronze Age Arslantepe's external relations are reoriented towards eastern Anatolia and Transcaucasia. During these periods, Arslantepe also had connections with Central Anatolia that grow during the second millennium with the rising Hittite civilization.
This talk focuses on the sourcing of the obsidian artifacts collected in Arslantepe. 400 artifacts, belonging to height archaeological levels, from Late Chalcolithic to Middle Bronze Age, have been analyzed. These analyzes include technological and typological study together with geochemistry using a portable XRF analyzer. The geochemical data have then been compared with the GeObs database including more than 600 geological samples, precisely positioned within space (latitude and longitude) and time (according to volcanic and stratigraphic settings). This database includes 14 sources (=volcanoes) and 34 sub-sources (outcrops with specific volcanic settings) coming from the Anatolian volcanoes.
1. We will present the geological sources located both in Central and Eastern Anatolia used by the people from Arslantepe from Chalcolithic to Middle Bronze Ages. This procurement is in good agreement with other archaeological data with some differences.
2. Thanks to the very clear stratigraphy reveled in Arslantepe, we will precise the changing through time on obsidian procurement indicating the changing of external relations.
3. We will then analyze the choice of the geological sources in link with various determinants: i) distance of the sources; ii) quality and abundance of the raw material; iii) technology and typology of the artifacts; iv) social interactions as shown by other archaeological artefacts.

Mots-Clés: obsidian sourcing, Anatolia, XRF, Arslantepe, Chalcolithic, Bronze Age

New developments of porewater chemistry imagery at high-resolution for redox-sensitive elements coupling DET and colorimetry

Aurelia Mouret*[1,2], Aubin Thibault de Chanvalon[1], Florian Cesbron[1], Anthony Barbe[1], Didier Jézéquel[3], Patrick Launeau[2,4], Romain Levrard[1], Marie-Lise Delgard[5], Bruno Deflandre[5], Emmanuelle Geslin[1], Pierre Anschutz[5], Edouard Metzger[1]

[1] Lab. de Planétologie et Géodynamique - Bioindicateurs Actuels et Fossiles (LPG-BIAF) – CNRS : UMR6112 – France
[2] Observatoire des Sciences de l'Univers Nantes Atlantique (OSUNA) – CNRS : UMS3281 – France
[3] Lab. de Geochimie des Eaux, Univ. Paris Diderot, CNRS and IPGP – Univ. Paris VII – France
[4] Lab. de Planétologie et Géodynamique (LPG-Nantes) – CNRS : UMR6112 – France
[5] Environnements et Paléoenvironnements OCéaniques (EPOC) – INSU, CNRS : UMR5805, EPHE, Univ. Bordeaux I, Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers – Avenue des Facultés - 33405 Talence Cedex, France

During the last 30 years, numerous advances in oceanographic research have been tightly linked to technological developments. Sediment porewaters can now be analyzed *in situ* at a sub-millimeter scale with devices such as microelectrodes, optodes and gel-based techniques. Diffusive Equilibrium in Thin-film (DET) allows *in situ* sampling of sediment porewaters based on equilibrium between a sampling medium (*i.e.* agarose or polyacrylamide hydrogels) and the natural water (Davison, 1991). Concentration equilibrium is reached by molecular diffusion through a porous inert membrane that holds and protects the gel layer. For a decade, combination of DET and colorimetry is used to characterize 2D distribution of different major chemical parameters (Fe, P, Alkalinity, pH) at a (sub)millimeter resolution (e.g. Robertson et al., 2008; Pagès et al, 2011). This presentation aims to present the last developments made by the French community to complete the existing set of 2D probes applied on coastal settings. A major improvement was provided by the use of hyperspectral cameras to photograph colorimetric features allowing simultaneous determination of dissolved phosphorus and iron (Cesbron et al, 2014) or nitrite and nitrate (Metzger et al, in press). This new tools are crucial to better understand the importance of microenvironments generated by bioturbation on geochemical recycling through the sediment-water interface.

Le magmatisme granitique du Massif Central : croissance vs. remaniement crustal pendant la destruction d'un prisme orogénique

Jean-François Moyen*[1], Oscar Laurent, Cyril Chelle-Michou[2], Simon Couzinié[2], Olivier Vanderhaeghe[3], Armin Zeh[4], Arnaud Villaros[5], Véronique Gardien[6]

[1] Lab. Magmas et Volcans (LMV) – Univ. Jean Monnet - St-Etienne – 5 Rue Kessler, 63038 Clermont Ferrand Cedex 1, France [2] Lab. Magmas et Volcans (LMV) – IRD, CNRS : UMR6524, Univ. Jean Monnet - Saint-Etienne – 23 rue du Docteur Michelon 42023 Saint-Etienne, France
[3] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France
[4] Karlsruhe Institut fur Technologie (KIT) – Allemagne
[5] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR7327, INSU, BRGM – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie 45071 Orléans Cedex 2, France
[6] Lab. de Géologie de Lyon - Terre, Planètes, Environnement (LGL-TPE) – CNRS : UMR5276, INSU, Univ. Claude Bernard - Lyon I, ENS Lyon – France
@ : oscarlaurent86@gmail.com, cyril.chelle.michou@univ-st-etienne.fr

La formation de la croûte continentale nécessite deux processus : d'une part l'extraction de matériel (mafique) depuis le manteau, d'autre part sa différenciation via la formation de granitoïdes, suffisamment stables pour ne pas être recyclés. Les zones de subduction, où ces deux processus opèrent simultanément à l'échelle géologique, représenteraient ainsi des contextes privilégiés de formation de croûte. Cependant, les zones de subduction ne sont pas les seuls sites géodynamiques d'extraction et de différenciation crustale : les prismes orogéniques, en particulier lors de leur décompression pendant les phases extensives tardi-orogéniques, représentent ainsi une alternative. Si les granitoïdes que l'on y trouve reflètent, en majorité, du recyclage crustal, certains présentent indubitablement un composant " mantellique " et pourraient donc représenter un apport significatif au volume crustal existant. Pour tester cette hypothèse, nous étudions le magmatisme granitique Carbonifère du Massif Central Français. Nous avons compilé les analyses disponibles dans la littérature, et avons étudié (U-Pb-Hf) les zircons d'une vingtaine de massifs granitiques du Massif Central. Ces granites appartiennent à plusieurs types. Certains sont d'origine clairement crustale (granites à cordiérite ou à muscovite). D'autres, à l'inverse, ont une composition qui exclut une origine par fusion crustale, et sont associés à des magmas basiques, magnésio-potassiques (" vaugnérites ") dont ils représentent sûrement des produits de différenciation. Ces granites correspondent donc à de la formation de nouveau matériel crustal.
Pourtant, tous ces granitoïdes présentent les mêmes caractéristiques isotopiques (Sr, Nd et Hf), qui suggèrent un remaniement crustal. Dans le cas des roches d'origine mantelliques, cette signature est totalement contrôlée par l'ajout de quantités mineures de matériel crustal à la source mantellique. On a donc affaire à un processus de croissance crustale totalement invisible du point de vue isotopique. D'autre part, les granites " crustaux " dérivent d'une source correspondant à différents composants crustaux (Archéen, Paléo- et Néoprotérozoïques) homogénéisés à l'Ediacarien et " continentalisé " au Varisque.
Nous suggérons donc que les domaines orogéniques, et en particulier tardi-orogéniques, correspondent à des sites de croissance crustale non négligeable, par la combinaison de deux processus : (i) des apports de petites proportions de magmas d'origine mantellique, mais qui sont présents dans la totalité du domaine orogénique et représentent donc, in fine, des volumes appréciables ; (ii) le remaniement de toutes les lithologies présentes dans la racine orogénique, et leur incorporation à une masse continentale stable.

Mots-Clés: granite, croûte continentale, orogénèse, croissance crustale

Une séquence complexe d'activité des chevauchements en Himalaya: L'exemple du Medlicott Wadia Thrust

Jean-Louis Mugnier*[1], Riccardo Vassallo[1], Violaine Vignon[1], François Jouanne[1], Anne Replumaz[1], Jean-François Buoncristiani[2]

[1] Institut des sciences de la Terre (ISTerre) – Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS : UMR5275 – 38041 Grenoble Cedex 9, France
[2] Biogéosciences – Univ. Bourgogne, CNRS : UMR6282 – 6 Bvd Gabriel 21000 Dijon, France

L'activité récente du chevauchement de Medlicott-Wadia (MWT) est examinée via des études géomorphologiques et tectoniques dans la zone de Riasi, au sud de la chaîne du Pir Panjal (Himalaya Occidental). Près de la ville de Riasi, le MWT est formé de cinq failles subsidiaires. L'activité récente de ces failles est quantifiée en utilisant un ensemble de quatre unités alluviales déformées et décalées.
La faille centrale du faisceau de faille a déplacé des calcaires Précambriens au-dessus de sédiments quaternaires et est scellée par un dépôt daté à 36 ka. Les deux branches les plus sud forment des escarpements de 20 m et 23 m de haut au sommet d'un fan alluvial daté à 14-15 ka et les deux branches les plus au nord décalent aussi fortement le fan.
Une coupe transversale, équilibrée parallèlement à la direction de mouvement vers le N210°E, suggère que la séquence d'activité soit complexe :
Une propagation dans l'ordre est trouvée pour les trois failles externes du " Thé ", du " Scorpion " et de la " Pluie " et une réactivation hors-séquence pour la faille interne du " Pylone ". En outre, plusieurs failles sont simultanément activées pour des périodes de quelques milliers ans, tandis que d'autres sont épisodiquement inactifs.
Néanmoins, ~10 mm/yr de convergence semblent régulièrement absorbés par le MWT dans la zone de Riasi. Cette valeur importante est probablement locale et liée au renfoncement de la Chenab, qui affecte la structure frontale Himalayenne. Ce travail indique que le MWT est très actif et pourrait être lié à la tectonique de type "thick skinned" en Himalaya occidental. Ce résultat influence l'estimation de l'aléas sismique dans cette zone

Mots-Clés: chevauchement, séismes

Transfert de sédiment d'une plate-forme vers une pente carbonatée. Exemple du Petit Banc des Bahamas

Thierry Mulder*[1], Hervé Gillet[1], Vincent Hanquiez[1], John Reijmer[2], Elsa Tournadour[1], Ludivine Chabaud[1], Mélanie Principaud[1], Jara Schnyder[3], Jean Borgomano[4], Kelly Fauquembergue[1], Emmanuelle Ducassou[1]

[1] Environnements et Paléoenvironnements OCéaniques (EPOC) – CNRS : UMR5805, Univ. Bordeaux – 33615 Pessac, France
[2] University Amsterdam, Faculty of Earth and Life Sciences, Sedimentology and Marine Geology Group – De Boelelaan 1085, 1081 HV Amsterdam, Pays-Bas
[3] Comparative Sedimentology Laboratory – University of Miami, États-Unis
[4] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., CNRS : UMR7330 – 13545 Aix-en-Provence, France

Des données bathymétriques et sismiques récentes permettent de caractériser une large surface (170 km^2) de la zone la plus haute de la pente supérieure (*uppermost slope*) de la partie septentrionale du Petit Banc des Bahamas, entre 30 et 400 m de bathymétrie (Rankey and Doolitle, 1992). Ce nouveau jeu de données comprend de la bathymétrie multifaisceaux, de l'imagerie acoustique, de la sismique THR (3.5 kHz), 21 carottage Kullenberg et 11 bennes Van Veen. Il complète celui recueilli en 2010 lors de la mission Carambar (Mulder et al, 2012). Les données permettent de comprendre le transfert de sédiments depuis le banc carbonaté peu profond vers la pente adjacente. 4 terrasses principales limitées par des escarpements dominent la morphologie de la pente. Elles sont localisées à 22 m, 27-33 m, 40-46 m and 55-64 m sous le niveau marin actuel (mpwd). Elles peuvent être formées soit lors de périodes de ralentissement ou de stagnation du niveau marin durant sa remontée et par l'érosion accrue des vagues, soit à des périodes d'accélération de la remontée du niveau marin (surface de ravinement) depuis le dernier maximum glaciaire. Le plus profond des escarpements qui se situe entre 64-56 mpwd est le plus abrupt (35-50°). Il correspond au *marginal escarpment* de Rankey et Doolitle (1992). La partie inférieure de l'*uppermost slope* montre un prisme holocène discontinu dont l'épaisseur varie entre 0 and 35 m. Il est caractérisé par un échofaciès transparent ou à réflecteurs frustres là où il est le plus épais. Ce prisme, essentiellement constitué de boue de péri-plate-forme récente, forme une unité qui comble les dépressions topographiques du substratum et résulterait du dépôt résultant du *density cascading* généré lors du passage d'un front froid (Wilson et Roberts, 1992). Des chenaux, dont la fraîcheur morphologique suggère une activité récente, sont présents sur l'ensemble de l'*uppermost slope* et interrompent le prisme holocène. Ils chenalisent les sédiments fins produits par la plate-forme et exportés aux endroits où la barrière est interrompue, comme les passes entre les îles et les platiers. A ces endroits, l'augmentation de la vitesse des courants tidaux permet d'expulser les particules fines vers la pente. Les particules grossières, lithoclastes et oolithes restent piégés dans les deltas tidaux. Ce phénomène est amplifié lors des ouragans. Les écoulements chargés en particules fines peuvent, *in fine*, se transformer en courants de turbidité dilués qui alimentent les vallées de la pente supérieure et finalement les canyons où ils vont construire les levées confinées et les lobes.

Références

Mulder, T. et al. (2012). Geology, 40(9), 771-774.
Rankey, E.C, & Doolittle, D.F. (1992). Sedimentology, 59, 2146-2171.
Wilson, P.A. & Roberts, H.H. (1992). Geology, 20, p. 713-716.

Mots-Clés: carbonates gravitaires, Bahamas, transfert, marée, turbidites

Processus gravitaires sous-marins sur la pente carbonatée des Bahamas

Thierry Mulder*[1], Mélanie Principaud[1], Elsa Tournadour[1], Ludivine Chabaud[1], Jean Busson, Kelly Fauquembergue[1], Hervé Gillet[1], Vincent Hanquiez[1], Emmanuelle Ducassou[1], Jean Borgomano

[1] Environnements et Paléoenvironnements OCéaniques (EPOC) – Univ. Bordeaux – CNRS : UMR5805 – Allée Geoffroy St Hilaire, 33615 Pessac Cedex, France

Plusieurs types de processus gravitaires ont été identifiés sur la pente des Bahamas : des glissements en masse, des écoulements turbulents, des effondrements en masse profonds et des écoulements granulaires concentrés. Les glissements en masse incluent des *Mass Transport Deposits* (MTDs), des glissements de faible volume et des chutes de blocs.

La pente du Grand Banc montre 4 MTDs distincts qui depuis 600 m de profondeur sur ~20 km et se sont transformés en dépôts d'écoulements gravitaires (Principaud, 2015). La stratigraphie sismique a permis de les relier aux grandes surfaces d'incision du Pliocène supérieur et du Pléistocène. Ils ont potentiellement été déclenchés en début de chute du niveau marin suivant l'ennoiement de la plate-forme et au maximum de production carbonatée (*highstand shedding*). Des faciès sismiques transparent suggèrent un comportement thixotropique durant leur mouvement.

Sur la pente supérieure du Petit Banc, un MTD aurait été déclenché en réponse à la forte croissance du drift mis en place à la fin du Miocène après l'intensification des courants liée à la fermeture du *Central American Seaway* (Tournadour, 2015).

Les glissements de faible volume (quelques hm3) sont sur la pente moyenne et inférieure. Ils semblent liés essentiellement au gradient de pente. L'érosion régressive qu'ils induisent serait à l'origine de la formation du système de canyons fossiles sur cette pente (Tournadour, 2015).

Les chutes de blocs individuels ne sont pas directement observables mais la présence de blocs de calcaire métriques à pluridécamétriques sur la pente suggère l'écroulement de la barrière récifale, lorsqu'elle est présente, ou de la partie cimentée de la pente supérieure (escarpement marginal de l'*uppermost slope*).

Les résultats préliminaires des campagnes Bacar suggèrent en outre l'effondrement probable d'escarpements profonds qui seraient à l'origine des dépôts de glissements en masse interprétés comme des coulées de débris et des écoulements granulaires. La présence de lithoclastes à éléments lithifiés anciens de nature silicoclastique suggère l'érosion de dépôts miocènes sur le *Blake Bahama Escarpment* par l'intermédiaire de glissements en masse.

Les écoulements turbulents mis en évidence dans les dépôts des Bahamas sont de deux types : (1) Des turbidites grossières essentiellement bioclastiques et mises en évidence au pied du *Blake Bahamas Escarpment* dans les carottes Bacar. Elles résultent probablement de la différentiation des écoulements granulaires décrits ci-dessus. (2) Des turbidites de boue carbonatée qui intéressent essentiellement le système peu profond quaternaire.

Références

Cartwright, R.A. (1985). Thèse, University of Miami, p. 1-114.

Principaud M. (2015). Thèse, Univ. Bordeaux, 293 pp.

Tournadour, E. (2015). Thèse Univ. de Bordeaux, 300 pp.

Mots-Clés: carbonate gravitaires, Bahamas, glissements, MTC, turbidites

Une source probable de l'or alluvionnaire de l'Ariège : la minéralisation filonienne du Plateau de l'Assaladou (Pyrénées, France)

Marguerite Munoz*[1], Deodat Alindawa[1], Frédéric Christophoul[1], Béatrice Cauuet[2], Didier Beziat[1]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR 5563 – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[2] Lab. TRACES, UMR 5608 – Univ. Toulouse 2 Jean-Jaurès – CNRS : UMR5608 – France
@ : margot.munoz@get.obs-mip.fr

L'Ariège, la rivière, est connue depuis longtemps pour son activité d'orpaillage. Cependant dans la bibliographie on ne trouve aucune étude géologique concernant la source de cet or alluvionnaire. En revanche, des fouilles archéologiques effectuées entre 1993 et 1997 (Cauuet, 2001) ont mis en évidence des vestiges miniers liés à l'extraction d'or natif dans de petits filons exploités à l'époque romaine sur le plateau de l'Assaladou (1585 m d'altitude) situé à 3 km au nord-est d'Ax-les-Thermes. Cet or primaire filonien est la seule source probable de l'or alluvionnaire reconnue à ce jour dans le bassin versant de l'Ariège.

Les filons aurifères sont encaissés dans la série sédimentaire du cambro-ordovicien de la zone axiale des Pyrénées. Ils sont sécants sur la foliation avec une gangue de quartz gris accompagné de sulfures. La paragénèse est constituée d'arsénopyrite associée à de galène, de pyrite, de sphalérite et d'un sulfosel (Cu-Sb-Pb). L'or se présente essentiellement sous forme de grains libres dans la gangue et parfois en inclusions dans l'arsénopyrite. Les grains observés sont majoritairement arrondis avec une taille maximale de 75 microns. L'argent est toujours présent associé à l'or avec des teneurs variant 6 à 44 % poids d'Ag. Le sélémnium n' apas été détecté. Sur 160 points mesurés à la microsonde électronique, 3 analyses seulement révèlent la présence d'or non visible dans l'arsénopyrite, la teneur variant de 0.12 à 0.18 % poids et la limite de détection étant de 0,07 % pour cette session analytique. Cette distribution évoque la présence de nanoparticules d'or dans l'arsénopyrite plutôt que de l'or inclus dans le réseau cristallin.

Les similarités entre la minéralisation de l'Assaladou et les minéralisations filoniennes des Pyrénées orientales (Ayora et al., 1992 ; Polizzi, 1990) (encaissant, gitologie, paragénèse, caractéristique de l'or) suggèrent une mise en place de la minéralisation filonienne du Plateau de l'Assaladou en lien avec l'orogénèse hercynienne. Cette hypothèse devra être étayée par des études complémentaires.

De même, les sédiments cambro-ordoviciens pourraient être aussi utilisés comme guide de prospection de l'or dans le bassin versant de l'Ariège en raison de la présence de minéralisation synsédimentaire dans ces mêmes séries au niveau des Pyrénées orientales (Ayora and Casas, 1986).

Mots-Clés: or, argent, sulfures, Cambro-Ordovicien, Varisque

Evolution sur 1,1 Ma de sédiments méditerranéens riches et pauvres en matière organique : nouvelles approches géochimique et minéralogique

Anne Murat*[1,2], Daniel Beaufort[3], Benoît Hebert[3], François Baudin[4], Stefano Bernasconi[5], Emmanuelle Ducassou[6], Céline Lelievre[1], Emmanuel Poizot[1,2]

[1] Lab. universitaire des sciences appliquées de Cherbourg (LUSAC) – Normandie Univ., UNICAEN – 50100 Cherbourg, France
[2] Institut National des sciences et TECHniques de la MER (INTECHMER) – Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM) – 50100 Cherbourg, France
[3] IC2MP UMR 7285 – Univ. Poitiers – 86073 Poitiers Cedex 9, France
[4] iSTeP UMR 7193 – Univ. Paris VI - Pierre et Marie Curie – 75005 Paris, France
[5] ETHz – Suisse
[6] EPOC – Univ. Bordeaux 1 – 33615 Pessac Cedex, France

Dans le cadre d'une thématique de recherche "Matières Organique et Minérale associées" développée l'atelier "Fluides - MO - MM" d'Action Marges, nous avons étudié l'évolution de deux marqueurs potentiels de la diagenèse précoce : le brome organique et les minéraux argileux. Nous avons choisi de travailler sur des sédiments méditerranéens présentant une grande variabilité de la quantité de matière organique (MO). En effet, cette MO est un acteur majeur des transformations géochimiques et minéralogiques post-dépôt. La carotte étudiée est située sur la marge du Nil, elle présente à la fois une grande stabilité à long terme (1,1 Ma) et une grande variabilité à court terme (10 à 20 ka) du taux de Carbone Organique Total (COT) caractéristiques idéales pour étudier l'évolution temporelle des dépôts. Elle fait 36 m de long, les évolutions étudiées ne sont donc pas sous l'influence d'une augmentation significative de la pression ou de la température.
Le cortège minéralogique des apports du Nil est dominé par la smectite et la kaolinite, deux minéraux argileux sensibles aux changements environnementaux. Seuls la pyrite biogénique (pyritosphère) et des oxydes de Mn ont été identifiés comme phase minérales authigènes. Une nouvelle méthodologie a été appliquée pour la quantification des proportions de smectite et de kaolinite, la spectrométrie proche infrarouge. Pour caractériser les smectites, plusieurs techniques de cristallochimie ont été utilisées. Elles ont permis d'identifier les smectites de tous les échantillons analysés à des montmorillonites dont les propriétés cristallochimiques sont comparables à celles des sédiments du Nil indépendamment du COT ou de l'âge des sédiments. Il n'y a pas d'évolution minéralogique des minéraux argileux perceptible sur la durée d'accumulation-transformation des sédiments de 1,1 Ma que représente la carotte étudiée.
Le brome est un élément chimique qui se fixe à la MO avant le dépôt et qui la quitte après ce dépôt au cours de l'enfouissement. Le taux de débromination était jusqu'ici estimé en dosant l'augmentation de la concentration en Br- dans l'eau interstitielle. Pour la première fois, nous avons pu mesurer ce taux en mesurant la disparition du brome organique particulaire avec le temps. Le taux de débromination varie en fonction de la quantité de MO, il est faible pour les niveaux pauvres en MO (COT$<$ 0,5%) et atteint un maximum de 6,3 10-4 μmolBrOrg molC-1 an-1 pour un COT de 3%. Ce gradient correspond à celui du développement des populations bactériennes. Pour un COT$>$ 3%, le taux de débromination est inférieur et plus variable ce qui pourrait s'expliquer par une MO plus réfractaire.

Mots-Clés: diagenèse, smectite, kaolinite, brome, débromination

Lowland periglacial landsystems of southern England

Julian Murton*[1]

[1] Permafrost Laboratory, Department of Geography, University of Sussex, Brighton BN1 9QJ, Royaume-Uni

Periglacial landsystems provide a conceptual framework to interpret the imprint of periglacial processes on the landscape of southern England, and to predict the engineering properties of the ground. Landsystems are distinguished according to topography, relief and the presence or absence of a sediment mantle. Four landsystems characterise both lowland and upland periglacial terrains: *plateau* landsystems, *sediment-mantled hillslope* landsystems, *rock slope* landsystems, and *slope-foot* landsystems. Two additional landsystems are also identified in lowland terrains, where thick sequences of periglacial deposits are common: *valley* landsystems and *buried* landsystems. Finally, submerged landsystems, which may contain more than one of the above, exist on the continental shelf offshore of Great Britain. Individual landsystems contain a rich variety of periglacial and permafrost landforms, sediments and sedimentary structures. Key periglacial lowland landsystems are summarised using ground models for limestone plateau-clay-vale terrain and caprock-mudstone valley terrain, and upland periglacial landsystems are synthesised through ground models of relict and active periglacial landforms, supplemented by maps of upland periglacial features developed on bedrock of different lithology.

Mots-Clés: Quaternary, landsystems, periglaciation, permafrost, frost, susceptibility

Étude de l'enrichissement en terres rares du volcan Tahaa (Polynésie Française) : approche expérimentale et analyse de la base de données expérimentale

Zineb Nabyl*[1], Jérémie Melleton[2], Johann Tuduri[2], Malcolm Massuyeau[1], Fabrice Gaillard[1]

[1] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans – CNRS : UMR7327 – BRGM – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie, 45071 Orléans Cedex 2, France
[2] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – ISTO – CNRS : UMR 7327 – 3 avenue Claude Guillemin, 45060 Orléans Cedex 2, France

Le volcan Tahaa situé en Polynésie Française (Archipel de la Société) présente un cas particulier d'enrichissement en terres rares (REE) : en effet une coulée de basalte picritique présente une teneur en REE de 0.2%. Des phases minérales riches en REE ont été formées par des processus supergènes (carbonates de Ca et de REE, phosphates de REE), mais elles ne sont connues que dans cette unique coulée. Un pré-enrichissement d'origine magmatique est donc supposé. Des expériences simulant l'immiscibilité entre liquides silicatés et carbonatés (1200 à 1300°C, 0.7 à 3 GPa) ainsi que des expériences de fractionnement du basalte (1050 à 1100°C, 0.5 GPa) ont ainsi été réalisées afin d'identifier respectivement le rôle des processus mantelliques (interaction avec une carbonatite enrichie en REE en profondeur) ou des processus de différenciation (partage des REE entre liquides fractionnés et cristaux) dans les phénomènes de pré-enrichissements. Les expériences d'immiscibilité ont permis d'obtenir un liquide silicaté très pauvre en SiO2 (26 à 28% de SiO2) coexistant avec un liquide carbonaté (1200°C, 1.5 GPa). Les liquides résiduels obtenus par fractionnement du basalte sont très différenciés par rapport au basalte de départ (enrichis en SiO2). Les concentrations en REE des différentes phases (liquides et cristaux) ont été mesurées à l'ICP-MS par ablation laser, puis les coefficients de partage liquide carbonaté - liquide silicaté (DREE(LC/LS)) et clinopyroxène - liquide silicaté (DREE(Cpx/LS))ont été calculés. Les DREE(LC/LS) indiquent un partage des REE qui s'effectue globalement en faveur du liquide carbonaté (0.79 à 2.10). Les DREE(Cpx/LS) obtenus pour les expériences d'immiscibilité (0.59 à 2.81) sont plus élevés que ceux obtenus pour les expériences de fractionnement du basalte (0.12 à 1.73). Les liquides pauvres en silice sont ainsi moins enrichis en REE que les liquides différenciés par rapport aux clinopyroxènes. Il semble donc qu'il y ait un contrôle important de la chimie du liquide sur le partage des REE entre clinopyroxènes et liquides silicatés. Les résultats de partage des REE obtenus ont été comparés à ceux d'une base de données expérimentale regroupant plusieurs études du partage des éléments traces entre liquides carbonatés - liquides silicatés et entre liquides - cristaux, dans des systèmes chimiques différents. L'analyse de la base de données a ainsi permis de montrer que les processus d'enrichissements en REE qui ont pu affecter le basalte picritique étudié dépendent principalement du système chimique.

Mots-Clés: enrichissement en terres rares, basalte, pétrologie expérimentale, immiscibilité, fractionnement du basalte, partage des terres rares

Géométrie des failles normales et modélisations analogiques

Thierry Nalpas*[1], Lina Vasquez[1], Adrien Suteau[1], Jean-François Ballard[2], Xavier du Bernard[2]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France
[2] Total EP, CSTJF, Avenue Larribau, 64018 Pau Cédex, France

Dans les systèmes tectoniques, une partie de la déformation s'exprime sous la forme de failles normales. Dans la croûte supérieure fragile la géométrie des failles normales est liée à la rhéologie des séries impliquées, et aux transferts de matières (érosion - sédimentation). Il est classique de considérer les géométries complexes de failles normales avec changement de pendage à l'échelle de la croûte par contre la variabilité de la géométrie des failles normales dans la partie très supérieure de la croûte et l'implication sur le régime tectonique est encore très peu prise en compte. En effet, d'un côté, les variations de rhéologie des séries impliquées peuvent engendrer des variations de comportement mécanique des roches et la création de potentiels niveaux de décollement, d'un autre côté les transferts de matières et la sédimentation syndéformation peut modifier les forces appliquées au système durant la déformation et modifier la géométrie des structures.

On se propose ici à l'aide d'une série de modèles analogiques d'étudier le rôle de la stratigraphie mécanique et de la sédimentation sur la géométrie des failles normales et des structures associées. On étudie aussi de façon détaillée les géométries des failles normales et des structures, à proximité immédiate de ces failles normales afin de mieux appréhender la rhéologie des séries impliquées et notamment la présence de niveau de découplage de faible épaisseur.

Les résultats permettent de suggérer (i) que les failles normales augmentent de pendage et deviennent quasi-verticales voire failles inverses et ce en régime uniquement extensif à cause de la sédimentation ; (2) que les failles normales diminuent de pendage et deviennent quasi-horizontales, avec création de pli forcé dans les séries du compartiment supérieur de la faille et ce en régime uniquement extensif à cause de la présence d'un petit niveau incompétent.

Ainsi les structures complexes de faille normale peuvent être souvent interprétée uniquement en extension pure sans faire appel ni à du décrochement ni à inversion.

Mots-Clés: faille normale, modélisation analogique, stratigraphie mécanique, synsédimentaire

Etude structurale multi-échelle à Terre-de-Haut (îles des Saintes, archipel de Guadeloupe)

Vivien Navelot*[1], Yves Geraud[1], Marc Diraison[2]

[1] GeoRessources – CNRS : UMR 7359 – Univ. Lorraine, Ecole Nationale Supérieure de Géologie – Campus Brabois - ENSG Bâtiment F - 2 rue du Doyen Marcel Roubault - TSA 70605 - 54518 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex, France
[2] Institut de Physique du Globe de Strasbourg (IPGS) – CNRS : UMR7516, Univ. Strasbourg – 1 Rue Blessig - 67084 Strasbourg, France

Dans le cadre du projet GEOTREF (GÉOThermie de haute température dans les RÉservoirs Fracturés), un des enjeux majeurs est la recherche d'une ressource géothermique exploitable de façon durable dans la zone de Vieux-Habitants (Guadeloupe, Antilles Françaises). La cible envisagée se trouve à 2000 ou 3000 mètres de profondeur et le réseau de drainage est supposé être principalement composé de failles et fractures. La zone de Vieux-Habitants est en surface presque exclusivement composée de dépôts volcano-sédimentaires grossiers et faiblement consolidés. Pour étudier ce réservoir, il est donc nécessaire de trouver un analogue de réservoir en surface facilement accessible et dans un contexte géologique similaire. La partie centrale de l'île de Terre-de-Haut (Les Saintes) constitue un tel analogue.
Une étude de la déformation fragile a été menée au niveau de Terre-de-Haut afin de mieux comprendre la géométrie d'un réservoir géothermique et des structures qui guident les écoulements. Cette étude consiste en une analyse multi-échelle, d'une analyse des fissures en lame mince (μm) à l'observation des linéaments visibles au niveau des ortho-photographies et du modèle numérique de terrain (hm à km). Il a ainsi pu être montré que les directions majeures de fracturation ne sont pas les mêmes à toutes les échelles d'observation. En effet, aux échelles hectométrique à kilométrique, ce sont les directions tectoniques majeures qui ressortent avec les quatre grandes familles N010-020, N050-060, N080-090 et N140-150. Au niveau des affleurements, ces familles sont également présentes, à l'exception de la famille N050-060 qui est très peu représentée. En revanche, nous observons l'apparition de deux nouvelles familles N020-040 et N170-180. Enfin, le pointé de 28000 fractures d'extension millimétrique à décimétrique sur des dalles subhorizontales au niveau de l'aérodrome de Terre-de-Haut montre l'existence de quasiment toutes les directions de fracturation à l'exception de l'intervalle N070-100 qui est très peu représenté.
Les directions structurales majeures bien connues dans l'archipel de Guadeloupe sont donc bien documentées sur Terre-de-Haut. La famille N050-060 ne s'exprime qu'aux très grandes et très petites échelles mais ne s'expriment pas à l'affleurement. Le pointé de détail des fractures montre que les directions tectoniques ne suffisent pas à expliquer toutes les fractures visibles dans la matrice hydrothermalisée de cet analogue exhumé. Les percolations fluides au sein des structures tectoniques qui se déroulent pendant l'altération météorique ou hydrothermale permettent le développement de nouvelles directions de fractures d'extension infra-décimétrique. Ces nouvelles fractures augmente la densité du réseau de percolation avec en moyenne 2800 fractures/m2, accélérant ainsi la propagation du front d'altération et la modification des propriétés pétrophysiques de la matrice.

Mots-Clés: géothermie, Guadeloupe, fractures

Hétérogénéité sédimentaire et micro-habitats benthiques: approches in situ à l'aide d'analyses d'images

Maxime Navon*[1], Jean-Claude Dauvin[1], Sandric Lesourd[1], Anne Murat[2,3]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[2] Institut des Sciences et Techniques de la Mer (INTECHMER) – Conservatoire National des Arts et Métiers [CNAM] – 50103 Cherbourg, France
[3] Lab. des Sciences Appliquées de Cherbourg (LUSAC) – UNICAEN – 50130 Cherbourg, France
@ : maxime.navon@unicaen.fr

La sédimentologie de l'estuaire de la baie de Seine orientale se caractérise par une complexité des structures sédimentaires favorisant les hétérogénéités spatiales et verticales. En effet, les divers forçages hydrodynamiques induisent de fortes variations d'énergie permettant d'alterner sédimentation graveleuse, sableuse et pélitique. Ce système fortement variable implique des relations "macrofaune benthique - sédiments" complexes selon le type d'organisme, vivant en surface ou profondément enfouis dans le sédiment, ainsi que la structuration sédimentaire en elle-même. Bien que la relation macrofaune benthique – sédiments soit souvent mise en avant comme facteur principal dans la structuration des communautés benthiques, aucune relation à l'échelle spatiale de la partie orientale de la baie de Seine et temporelle (1980-2010) n'a pu être clairement établie. Il apparaît donc nécessaire de prendre en compte les relations à l'échelle de l'individu et du micro-habitat benthique. Dans cette optique, des prélèvements *in situ* de carottes ont été réalisés pour définir la distribution verticale de la macrofaune benthique et déterminer par scanner la position des organismes dans la colonne de sédiment ainsi que les volumes de vie et les espaces libres de sédiment. Un total de 17 carottes (16 cm de diamètre pour 35 cm de hauteur) issues de trois faciès sédimentaires typiques ont été sélectionnées. Ces carottes ont été analysées par CAT-Scan (Computed-Aided Tomography) au laboratoire Cyceron de Caen afin d'obtenir une visualisation tridimensionnelle des individus présents et pour déterminer des profils verticaux de structures biogènes et d'espaces libres de sédiment. Ces carottes sont ensuite découpées transversalement pour identifier les espèces présentes et analyser certains paramètres sédimentaires (granulométrie, teneur en eau, analyses élémentaires, matière organique, Carbone Organique Total). Les résultats montre que 90% des individus se trouvent dans les sept premiers centimètres de sédiment et que 56% sont entre 0 et 2 cm de profondeur, bien que certains individus se retrouvent plus profondément jusqu'à 9 cm, même pour des petits individus. Cette approche permet d'obtenir des images en 3D de la position des organismes et fournit également des informations sur la structuration de la macrofaune selon la colonne sédimentaire.

Mots-Clés: CT Scan, sédiment hétérométrique, distribution verticale, macrofaune

Evolutions paléoenvironnementales et paléogéographiques du Dévonien des Pyrénées Centrales : résultats préliminaires

Manon Négrel*[1], Markus Aretz[1], Elise Nardin[1], Benoît Issautier[2]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[2] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 Avenue Claude Guillemin, 45060 Orléans, France

Les dépôts sédimentaires dévoniens des Pyrénées françaises ont été peu étudiés depuis les années 1990. Le modèle paléoenvironnemental actuel, reconstituant la plate-forme dévonienne, montre un approfondissement progressif du Pays basque à l'Ouest vers les Aspres à l'Est, passant de dépôts détritiques côtiers vers un faciès de mer profonde. Cependant, ce modèle rend difficilement compte des importantes variations de facies dans le Dévonien inférieur et moyen tout au long des Pyrénées. Pour finir, une homogénéisation des faciès est observée au Dévonien supérieur avec le dépôt des calcaires Griottes.
Plusieurs campagnes de terrain récentes, couvrant l'ensemble des Pyrénées Centrales, ont permis d'obtenir une caractérisation globale des différents faciès du Dévonien ainsi que leur répartition cartographique. Une étude faciologique a permis de caractériser les environnements de dépôts.
Notre modèle paléoenvironnemental préliminaire diffère du modèle admis dans la bibliographie. Dans le secteur du Courserans, la littérature fait état d'un Dévonien inférieur de type mer profonde correspondant à ce qui est observé dans la partie nord-ouest du secteur (vallée du Salat) où des séquences de turbidites distales alternent avec des barres de calcaires plurimétriques. En revanche, vers l'est (Guzet-Neige) la série dévonienne basale est plus proximale, avec une faune localement très abondante de crinoïdes, brachiopodes, tentaculites et orthocères, associée à des séquences de tempestites en strates granoclassées. Ce secteur correspond donc à une zone de plate-forme externe soumise à l'action des vagues de tempêtes. Le sud du Couserans montre une série basale détritique plus grossière suivit d'une imposante barre de calcaire bioclastique de 40 m d'épaisseur plus proximale que les secteurs septentrionaux. Dans le Couserans, la mise en place des barres de calcaire bleues ou grises au-dessus de l'ensemble plutôt détritique pourrait correspondre à une régression reconnue à la base du Praguien.
Le modèle paléogéographique proposé dans cette étude semble plus complexe que le modèle proposé dans la bibliographie. L'approfondissement vers le nord-est ne semble plus pouvoir être envisagé aux vues de la position plus proximale du secteur nord-est du Couserans (plateforme externe) par rapport au secteur nord-ouest, plus distale (bassin). Le secteur sud marque, quant à lui, un environnement potentiellement plus proximal et plus stable que les deux secteurs précédents.

Mots-Clés: Dévonien, Pyrénées, paléoenvironnement

Climatic variability during last interglacial (MIS 5), penultimate interglacial (Late MIS-7) and glacial periods (MIS 6) recorded in a speleothem from Kanaan cave, Lebanon (central Levant)

Carole Nehme*[1], Sophie Verheyden[2], David Gilikin[3], Anouk Verheyden[3], Hai Cheng[4], Laurence Edwards[4], Stephen Noble[5], Andrew Farrant[6], John Hellstrom[7], Thomas Goovaerts[8], Sebastian Breitenbach[9], Philippe Claeys[10]

[1] Identité et différenciation des espaces, de l'environnement et des sociétés (IDEES) – UNILEHAVRE – UNIROUEN – UNICAEN – CNRS : UMR6266 – Batiment IRED Univ. Rouen, 7 Rue Thomas Becket, 76821 Mont Saint Aignan, France
[2] Department of Earth & History of Life, Royal Institute of Natural Sciences (RBINS), Brussels, Belgique
[3] Union Stable Isotope Laboratory, Union College, Department of Geology, Schenectady – États-Unis
[4] Department of Earth Sciences, University of Minnesota, Minneapolis MN 55455 – États-Unis
[5] NERC Isotope Geosciences Laboratory, Keyworth, Nottingham, NG12 5GG, Royaume-Uni
[6] British Geological Survey (BGS) – Royaume-Uni
[7] Geochemistry Laboratory, Earth Science Department, University of Melbourne, Melbourne, Australie
[8] Geological Survey of Belgium, Royal Belgian Institute of Natural Sciences (GSB) – Belgique
[9] Sediment & Isotope Geology Institute for Geology, Mineralogy & Geophysics (Ruhr-Universität) – Allemagne
[10] Analytical, Environmental & Geo-Chemistry, Department of Chemistry, Vrije Universiteit Brussel (VUB) – Belgique

Lying at the transition between the temperate Mediterranean domain and subtropical deserts, the Levant is a key area to study the palaeoclimatic response over glacial– interglacial cycles. Two stalagmites, K1-2010 and K2-2010 from Kanaan Cave Lebanon (Central Levant), were investigated for their petrographic aspects and their stable oxygen and carbon isotopic composition. The precisely dated last interglacial (MIS 5) stalagmite K1-2010 (129–84 ka), indicates that variations in growth rate and isotopic records were related to a warm humid phase at the onset of the last interglacial from ~129 ka to ~125 ka. A gradual shift in speleothem isotopic composition (125–122 ka) is driven mainly by the d18O source effect of the Eastern Mediterranean surface waters during sapropel 5 (S5). The onset of glacial inception began after ~122 ka, interrupted by a short wet pulse during the sapropel 4 (S4) event. Low growth rates and enriched oxygen and carbon values until ~84 ka indicate a transition to drier conditions during Northern Hemisphere glaciation. The second stalagmite K2-2010 dated from ~194 to ~154 ka, indicate that the stalagmite grew slowly but not constantly from the end of the penultimate interglacial (equivalent of the MIS 7) until the early penultimate glacial (MIS 6). However, Oxygen- and Carbon-depleted values at the end of the early penultimate glacial indicate that the climate was cold but more humid comparing the last glacial (MIS 3) climate conditions. During the mid-penultimate glacial period (~163- 154 ka), the stalagmite show higher growth rate linked to a higher water recharge conditions in the vadose zone. The laminated structure of this part compared to the columnar structure in the basal part of the stalagmite indicate more seasonal variations from ~163ka to ~154 ka. Three peaks of Oxygen- and Carbon-depleted values were dated at ∼155.5 ka (Event I), ∼156 ka (Event II), from ∼159.6 to ∼160.1 ka (Event III) and at ∼162.6 ka (Event IV). These peaks correspond to well-dated interstadial periods in the Eastern-Mediterranenan region and correlate well with the Soreq cave (Ayalon et al., 2002; Bar-Mathews et al., 2003) isotopic variations (southern Levant). The interstadials peaks in Kanaan records during the mid-penultimate period correlate well, on the global scale, with the synthetic Greenland records (Barker et al., 2011) and Hulu-Sambao Interstadial periods (Wang et al., 2008).

Mots-Clés: paleoclimate, Levant, MIS5, MIS6, Kanaan cave, speleothems, stable isotopes

Les traces de vie de la limite Ediacarien-Cambrien dans le Massif Armoricain

Didier Néraudeau*[1], Romain Gougeon, Marie-Pierre Dabard, Abderrazak El Albani, Anne-Catherine Pierson-Wickmann, France Polette, Marc Poujol, Jean-Paul Saint Martin, Simona Saint Martin

[1] UMR CNRS 6118 (Géosciences) – Univ. Rennes I – avenue génréal Leclerc, 35042 Rennes cédex, France

L'origine de la vie est une problématique fondamentale, tant pour les paléontologues que pour les biologistes. Au sein de ce vaste questionnement sur la vie primitive, l'émergence des métazoaires à l'Ediacarien (635-541 Millions d'années) constitue un moment-clé qui n'est qu'assez peu documenté dans le registre fossile. Les gisements fossilifères les plus remarquables et les plus étudiés sont situés en Australie, en Afrique du Sud, au Canada ou en Chine, mais à ce jour peu de données de terrain ont été acquises en Europe et encore moins à l'échelle ouest-européenne. Pourtant, potentiellement, la Bretagne et la Normandie constituent un cadre géologique optimal pour y découvrir et y analyser la faune et la microflore édiacariennes. En effet, le Massif Armoricain présente de larges affleurements de Briovérien (stratotype à Saint-Lô), un ensemble de couches sédimentaires marines (-667 à -540 Ma), peu ou pas métamorphisées, qui couvre l'intervalle temporel Ediacarien-Cambrien basal. Qui plus est, bien que réputé azoïque, le Briovérien supérieur (-584 à -540 Ma) présente localement des dépôts fossilifères. Les fossiles les plus fréquents sont de deux types : (1) des pistes ou terriers horizontaux et filiformes, attestant des activités de métazoaires vermiformes, ces fossiles ayant été dénommés *Montfortia filiformis* par Lebesconte à la fin du XIXème siècle, car provenant de Montfort-sur-Meu (Côtes d'Armor) ; (2) des surfaces ridées (voire annelées), d'extensions et de formes variables, considérées tout à tour comme des métazoaires (verts plats ?, médusoïdes ?) ou des mattes microbiennes, et baptisées *Neantia rhedonensis* par Lebesconte, car provenant de Néant-sur-Yvel (Côtes d'Armor).
Les collections historiques de l'UMR 6118 de Rennes et du Muséum de Nantes, issues des récoltes de Lebesconte à la fin du XIXème, et la prospection de nouveaux gisements par les paléontologues rennais, ont permis de réaliser une synthèse actualisée des fossiles du Briovérien. Pour l'essentiel, il s'agit de mattes microbiennes (*Neantia*) et d'ichnofossiles (*Helminthoidichnites*, *Helminthopsis*, *Palaeophycus*, *Planolites*, *Spirodesmos*, ...), mais des découvertes récentes témoignent de la préservation d'organismes de tailles diverses (algues *Chuaria*, annélides indét., méduso ïdes indét., *incertae sedis*, ...).
Les datations de deux sites fossilifères, distants de 30 kms, sont congruentes avec pour cortège de zircons le plus récent un âge de 550 Ma, donc plutôt Ediacarien (la base du Cambrien étant fixée à -541 Ma).

Mots-Clés: vie primitive, ichnofossiles, Briovérien, Ediacarien, Cambrien, Massif Armoricain

Variabilité climatique dans la zone subarctique (secteur atlantique nord) depuis les derniers millénaires

Marie Nicolle*[1], Maxime Debret[1], Nicolas Massei[1], Anne Hormes

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ. – UNIROUEN – UNICAEN – CNRS : UMR6143 – 76000 Rouen, France
@ : nicollemarie@hotmail.fr

L'Arctique, et en particulier sa façade Nord Atlantique, est une région clé par son influence sur le climat à l'échelle mondial ce qui en fait une zone particulièrement étudiée et riche en enregistrements. Les résultats présentés sont issus de l'étude des enregistrements paléoclimatiques de la base de données Arctic2k [McKay and Kaufman, 2014]. Ces derniers sont caractérisés par une haute résolution temporelle (allant de l'annuelle à pluridécennale), une datation fiable et permettent de tracer l'évolution des températures sur les derniers 2000 ans. La variabilité millénaire, visible au travers des tendances, est analysée sur l'ensemble de la zone à l'aide du test statistique de Mann-Kendall. La majorité des séries présentent une tendance à la baisse significative avant 1900 AD, cohérente avec la reconstruction globale de la zone [PAGES2k, 2013]. Cependant, certains enregistrements révèlent une tendance à la hausse significative persistante sur les derniers millénaires. Les résultats mettent également en lumière la présence d'incohérence entre certains proxies. La majorité des enregistrements de la base de données est localisée dans le secteur Atlantique Nord. La comparaison par cohérence en ondelette de l'enregistrement moyen de cette zone avec la reconstruction globale et deux autres secteurs (Alaska et Sibérie) révèle une variabilité climatique globale dominée par la variabilité enregistrée en Atlantique Nord, mettant ainsi en évidence une forte influence de la distribution spatiale hétérogène des séries. C'est pourquoi la variabilité climatique pluridécennale à pluricentennale est étudiée sur ce secteur. L'analyse des enregistrements à l'aide de techniques de traitement du signal (transformée en ondelettes continue, analyse multirésolution, classification par ondelettes...) permet de caractériser les séries en fonction des différents modes de variabilités présents. Cette méthode est applicable à l'étude des séries présentant des composantes apériodiques, du bruit et des transitions (rupture) en prenant en compte leur caractéristique non linéaire. L'identification des différents forçages naturels à l'origine de la variabilité climatique, qu'ils soient externes (solaire et volcanisme) ou internes (influence du système couplé océan/atmosphère), et la répartition géographique de ces différents forçages permettra de proposer de nouvelles contraintes à la modélisation climatique.

McKay, N. P. and Kaufman, D. S. An extended Arctic proxy temperature database for the past 2,000 years. Sci. Data 1:140026 doi: 10.1038/sdata.2014.26 (2014).

PAGES 2k Consortium. Continental-scale temperature variability during the past two millennia. Nat. Geosci. 6, 339–346 (2013).

Mots-Clés: paléclimatologie, Holocène, Subarctique, analyse du signal

Why does not GPS record ongoing deformation along the northern front of the Great Caucasus (Azerbaijan)?

Bertrand Nivière[1], Vincent Regard[⋆2], Lukasz Gagala, Jean-Paul Callot[1], Jean-Claude Ringenbach[3]

[1] Dpt. des Géosciences – Univ. Pau Pays de l'Adour – Avenue de l'Université, BP 1155, 64013 Pau Cedex, France
[2] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – Obs. Midi-Pyrénées – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[3] Centre scientifique et Technique Jean Feger (CSTJF) – TOTAL – Avenue Larribau, 64018 Pau Cedex, France
@ : bertrand.niviere@univ-pau.fr

The Arabia-Eurasia convergence has been accommodated in several places and at different times. The Greater Caucasus constitute the northernmost tectonic element of this tectonic collage and is still ongoing. The GPS-velocity field suggest that in the west, the strain north of the Armenian Plateau is accommodated almost exclusively along both margins of the Greater Caucasus. Further east, 5 mm/year of shortening remain to be accommodated within the mountain interior North of the Main Caucasian Thrust since GPS stations located in the northern front and foothill are stable with respect to the Eurasian plate.
We perform a morphostructural analysis of a folded marine terrace along the northern slope of the Eastern Greater Caucasus. This terrace evidences an on going tectonic activity in this area where GPS measurements record no motion. Cosmogenic dating of the terrace and kinematic restoration of the fold, linked to the subsurface geology, allows for the estimation of a shortening rate ranging from a few mm/yr to X cm/yr over the last 5 Myr. This is the first quantification of active deformation rate using a geological marker along the northern Caucasus. This depict that the 5 mm/year of remaining convergence between Arabia and Eurasia are accommodated along the northern margin of the range and that the Eastern Greater Caucasus therefore behave as a rigid block.
We suggest that the apparent stability of the GPS station located above the northern active front is due to the southward vergence of the shallow deformation. This shows the importance of considering the structural setting for interpretation of the GPS data along active mountain front.

Mots-Clés: active tectonics, Greater Caucasus, Arabia, Eurasia collision

Structure et cinématique du golfe d'Aden oriental (île de Socotra – Sud-Ouest Oman)

Chloé Nonn[⋆1], Sylvie Leroy[1], Marc Lescanne[2], Raymi Castilla[2]

[1] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – 4, place Jussieu, BP CC129, 75252 Paris Cedex 05, France
[2] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau, 64018 Pau Cedex, France
@ : chloe.nonn@gmail.com

Au cours du processus de rifting, quelles structures contrôlent l'amincissement lithosphérique dans les différents domaines crustaux qui composent les marges peu-volcaniques? Quels paramètres influencent la géométrie 3D des marges? Cette contribution a pour objectif de discuter le rôle des failles de détachement dans l'atténuation crustale mais aussi de comprendre l'influence de l'extension oblique, des héritages thermique et structural ainsi que du volcanisme dans la mise en place de marges segmentées, courtes et asymétriques.
Le golfe d'Aden constitue une limite de plaque divergente orientée ~N75°E, oblique à la direction d'extension 30°N. Ce jeune rift débute sa formation il y a 34 Ma et à aboutit à l'accrétion océanique il y a 17.6 Ma. Ce travail se focalise sur le golfe d'Aden oriental, dans le segment de Socotra-Sharbithat situé entre la zone de fracture de Socotra-Hadbeen (SHFZ) et la zone de fracture est du golfe d'Aden (EGAFZ), où sont localisées les marges immergées de l'île de Socotra (Yémen) et du Sud-Ouest de l'Oman.
L'intégration de données de bathymétrie, d'anomalies magnétiques et de sismique réflexion (monotrace, multitrace et rapide) a permis de mettre en évidence une importante asymétrie des domaines crustaux entre les marges conjuguées du segment Socotra-Sharbithat. Des zones externes à internes, les marges divergentes se caractérisent par : (i) des domaines continentaux de necking et hyper-étiré étroits, affectés par des failles normales à bas angles initiées dès le début du rifting ; (ii) une zone de transition complexe marquée par une faille de détachement permettant l'exhumation, du volcanisme extrusif sur le domaine exhumé et une proto-croûte océanique complexe ; (iii) une croûte océanique stable. Entre les SHFZ et EGAFZ, Six zones de transfert orientées N20°E ont été identifiées. Elles délimitent sept segments de 25 à 60 km et affectent la marge depuis le domaine de necking jusqu'au domaine transitionnel. L'interprétation détaillée de la stratigraphie en mer et la corrélation avec les observations à terre en Oman et sur l'île de Socotra nous ont permis de mieux contraindre le calendrier d'évolution tectonique des marges et de dater le jeu post-rift des zones de transfert.
Ces résultats suggèrent la mise en place d'au moins trois failles de détachement permettant d'expliquer l'asymétrie des marges. Par ailleurs, l'architecture étroite des marges semble influencée principalement par : (i) l'obliquité importante du système de rift, (ii) un geotherm élevé associé à des transferts de flux de chaleur depuis la ride d'Encens-Sheba le long des SHFZ et EGAFZ et (iii) un héritage structural fort, oblique au golfe d'Aden.

Mots-Clés: Golfe d'Aden, rift oblique, marges conjuguées asymétriques, transition océan continent, volcanisme

Evolution paléoenvironnementale du Rhétien du Bassin de Paris

Tiphaine Novikoff*[1], Gilles Dromart[2], François-André Duboin[1], Caroline Guion[1]

[1] Lundin International – France
[2] Tharsis Energy – France
@ : tiphaine.novikoff@lundin.fr

Dès la fin des années cinquante, le Bassin de Paris a démontré son potentiel pétrolier par la première découverte d'hydrocarbures à Coulommes (1958). Depuis, les réservoirs du Dogger, Trias et Crétacé ont été largement explorés. Lundin International s'efforce depuis 2002 de mieux comprendre ces réservoirs et tout particulièrement le Rhétien dont la production provient de 9 gisements pétroliers.

La particularité du Rhétien est d'être composé d'une succession d'argiles et de grès, sur environ quarante mètres. En fonction des champs, les niveaux gréseux en production ne sont pas systématiquement les mêmes. Il n'en demeure pas moins que parmi les 7 existants (A, B1, B2, C, D1, D2 et D3), deux sont plus fréquemment retrouvés (B2 & D1). Peu d'études ont été menées dans le passé sur le lien qu'il pouvait exister entre ces champs et ses réservoirs. Ainsi, des questions subsistent : où le Rhétien marin se délimite-t-il du Rhétien continental? Quel est l'environnement de dépôt de chacun de ces réservoirs? Comment expliquer stratigraphiquement et spatialement les hétérogénéités de faciès et de propriétés des corps gréseux ? Enfin, comment appréhender de nouvelles ressources ?

C'est dans ce contexte d'exploration que Lundin a commencé ces dernières années une étude exhaustive sur le Rhétien du Bassin de Paris. A l'aide de plus de 160 puits carottés et analysés, ainsi que près de 300 puits pétroliers, des corrélations et des dynamiques de dépôts ont été proposées et cartographiées.

Il ressort de cette étude, que 3 cycles transgressifs majeurs peuvent-être identifiés. Au cours de la mise en place du réservoir D la marinité rhétienne est à son maximum. Puis elle se retire pour attendre une transgression plus forte au B2 : la surface d'inondation maximale principale du Rhétien. Enfin le réservoir A correspond au dernier comblement du bassin, avant d'être recouvert par les Argiles de Levallois qui scellent le Trias avant la grande transgression marine hettangienne.

L'évolution du Rhétien dans son détail, et des cartes paléoenvironnementales par réservoir, ont été réalisées pour synthétiser cette étude. Par la suite des cartes de potentiel pétrolier seront réalisées pour guider la localisation de nouveaux prospects. De cette façon et par le même biais, Lundin soutient l'importance et le caractère indispensable d'une étude rigoureuse de carottes dans tout projet d'exploration ou de développement pétrolier.

Mots-Clés: Rhétien, Trias, Bassin de Paris, paléoenvironnement, marin restreint, grès, bioturbations, réservoir, hydrocarbures

Comportement géomécanique d'une barricade rocheuse et du Remblai en pâte cimenté : essais en laboratoire

Mutaz Nujaim*[1], Christophe Auvray[1], Tikou Bélem[2]

[1] GeoRessources – Univ. Lorraine – CNRS : UMR 7359 – 54518 Vandœuvre-lès-Nancy, France
[2] Univ. Québec en Abitibi-Témiscamingue – Rouyn Noranda, Québec, J9X 5E4, Canada
@ : mutaz.nujaim6@etu.univ-lorraine.fr

Le laboratoire GéoRessources (Univ. Lorraine), en collaboration avec l'Institut de Recherche en Mine et en Environnement (Univ. Québec en Abitibi-Témiscamingue), a développé un banc expérimental innovant permettant de reproduire une barricade rocheuse dans une galerie de soutirage menant à une chambre d'exploitation reproduisant le schéma d'exploitation de la mine LaRonde (Québec, Canada). Ce dispositif est dimensionné à l'échelle 1/50ième avec une galerie de 90 x 90 mm et une longueur de 600 mm, et avec une chambre de 90 x 200 mm et une hauteur de 1000 mm. L'objectif du programme expérimental est de mesurer les interactions barricade/remblai et barricade/galerie et le déplacement relatif de la barricade lors de la mise en place du remblai. Ce modèle est à géométrie variable : les dimensions et la position de la barricade, les morphologies de la paroi et de la galerie sont modifiables. Une première campagne expérimentale a permis de tester différents paramètres influençant le comportement du complexe barricade/remblai : (i) la vitesse de remplissage et la teneur en eau du remblai, (ii) la position, la granulométrie et la dimension de la barricade, et (iii) la géométrie de la barricade. Les résultats de ces essais permettent de montrer que :

- l'augmentation de la vitesse de remplissage (de 360 à 1000 cm3/min) entraîne un déplacement de la barricade de 600 μm
- l'augmentation de la teneur en eau (27% à 30%) augmente le drainage avec un déplacement de la barricade de 600 μm pour une vitesse de remplissage de 1000 cm3/min
- pour une barricade située à 200 mm de la chambre de remplissage le déplacement est nul, alors qu'à 100 mm de la chambre le déplacement est de 600 μm, malgré l'augmentation de drainage pour le 1er cas ; cela pour une vitesse de remplissage de 1000c m3/min
- avec une vitesse de 1000 cm3/min, la barricade sans éléments fins (avec une granulométrie de 1/7 mm) se déplace de 1 mm alors qu'une barricade composée d'éléments dimensionnés au 1/50ième (0/7 mm) se déplace de 600 μm
- une barricade de section triangulaire (largeur à la base de 210 mm) résiste mieux au déplacement qu'une de section trapézoïdale dimensionnée au 1/50ième (largeur à la base 250 mm et au sommet de 72 mm) avec un déplacement nul pour le 1er cas et de 600 μm pour le second.

L'ensemble de ces observations semble cohérent avec les données issues d'études antérieures aussi bien d'un point de vue analytique que numérique (Belem et al., 2004 ; El Mkadmi, 2012). Ces essais permettent de mieux comprendre l'effet des principaux paramètres qui influencent le comportement des chantiers miniers souterrains remblayés. D'autres campagnes expérimentales sont programmées en enrichissant le dispositif avec des capteurs de pression et en calculant les champs de déplacement de la barricade à partir de l'enregistrement vidéo haute définition de la barricade. L'ensemble de ces données sera confronté aux mesures *in situ* en cours d'acquisition.

Mots-Clés: barricade rocheuse, remblai cimenté, mine, comportement géomécanique, essais sur maquette

Climatic- vs tectonic-influenced periods during the development of continental rift basins: a sedimentary perspective from the Plio-Quaternary Nachukui Formation, Turkana depression, Kenya (EARS)

Alexis Nutz*[1], Mathieu Schuster[1], Jean-Loup Rubino[2]

[1] Institut de physique du globe de Strasbourg (IPGS) – Univ. Strasbourg, INSU, CNRS : UMR7516 – 1 rue Blessig 67084, France
[2] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau, 64018 Pau Cedex, France

The Turkana Depression consists of several Oligocene to Pliocene north-south oriented half-grabens that connect the Ethiopian and Kenyan rift valleys within the eastern branch of the East African Rift System. In the Turkana Depression, exposed on the west side of the Lake Turkana is the syn-rift Nachukui Formation that recorded the activity of the border fault through time of the North Lake half-graben. This Formation consists of a $>$ 700 m pile of fluvial-deltaic-lacustrine sediments deposited between 4.2 and 0.7 Ma. In this contribution, we present results from the *RiLaks* project (*Rift Lake Sedimentology*) based on the geological survey of the complete succession.
We evidence, from detailed sedimentological and stratigraphical analyses, two main types of lake margins that alternatively developed through time along the fault-bounded transverse system within the North Lake half-graben. *Type-1* is characterized by thick conglomeratic proximal alluvial fan fining laterally from the border fault to the central portion of the lake to gravelly distal alluvial fan. Conglomerate and gravel beds display recurrent evidences for wave reworking (ripples, clasts sorting, open-work), as well as intercalated shells placer and oncolite beds. Laterally, facies rapidly grade to offshore siliciclastic muds. This facies association is generally included in thick packages representing relative constant long-term prograding and aggrading trends during several hundred thousand years duration ($>$ 500 ka). *Type-2* is characterized by poorly developed alluvial fan near the border fault, rapidly grading laterally to a fluvial plain and then to well-developed wave-dominated coast (beaches, washover fans, coastal wedges), finally connected to offshore facies basinward. Such facies association is included in higher-frequency prograding-retrograding sequences displaying superimposed periodicities ranging from 400 ka to 20 ka (i.e., Milankovitch's cycles). *Type-1* facies association is interpreted to reflect tectonic-controlled lake margin when rift shoulder was characterized by high relief that directly fed large alluvial fan deltas. *Type-2* facies association is interpreted to illustrate climatic-controlled lake margin developed during tectonic quiescence. At that time, coastal sedimentation have prevailed recording paleolake fluctuations mainly related to astronomical forcings.
We propose that these two distinct types of facies association are keys to decipher tectonic and climatic forcings from other syn-rift lacustrine successions in the geological record.

Les instabilités gravitaires du bassin d'Ainsa, Pyrénées espagnoles, approche de la rhéologie

Francis Odonne*[1], Patrice Imbert[2], Guilhem Hoareau, Christelle Butault, Jakub Fedorik, Bérénice Knecht, Elie Debroas, Pierre Callot

[1] GET (Géosciences et Environnement Toulouse) – CNRS : UMR5563 – France
[2] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau 64018 Pau Cedex, France

Les " Mass Transport Deposits " (MTD) présentent des corps sédimentaires qui glissent, se déforment et se re-sédimentent. Le bassin d'Ainsa en fournit de nombreux exemples. C'est un bassin transporté sur les chevauchements sud pyrénéens Muñoz (1992) qui se développe à l'Eocène entre deux anticlinaux de rampes, les plis de Boltaña et de Mediano.
La partie amont de ces instabilités est en extension, marquée par des failles normales syn-sédimentaires. Les cicatrices sont remplies de radeaux et blocs glissés puis d'un éventail sédimentaire qui les comble rapidement. La partie aval passe en compression lorsque le mouvement s'est arrêté, des failles inverses s'y développent alors en rampes et paliers au cours de la sédimentation.
Les zones de transit sont marquées par les matériaux abandonnés en chemin : radeaux, slumps, debris-flows mais sont aussi le lieu d'expression de déformations souples. On peut citer : - les figures de charge qui se développent dans des matériaux en début de mobilisation; - la déformation qui jalonne la surface de glissement (petites failles, dykes neptuniens, roll-over avec sédimentation de grès grossiers, bordures déformées par de petites écailles imbriquées).
Les déclencheurs de ces glissements sont à rechercher dans les séismes accompagnant la tectonique active ainsi que dans la surcharge sédimentaire. La rhéologie possible de ces matériaux est celle de sédiments non encore lithifiés au moment de la déformation. Les matériaux dégagés par un premier glissement présentent toutefois un début de cohésion nécessaire à la formation de dykes clastiques (rupture en mode I). Ils sont visqueux, en accord avec les boucles de slumps qui nécessitent un contraste de viscosité mais sont probablement définis par l'existence d'un seuil puisque tous les matériaux ne glissent pas systématiquement. Cela se traduit par des parties amont qui ne bougent pas (cas des cicatrices de glissement et celui des nummulites brassées). La concentration de déformation à la base des débris flows et des écailles exprime enfin une viscosité non newtonienne. Des déplacements sur un coussin d'eau (hydroplanning) sont également souvent invoqués.
Le schéma classique d'un passage progressif des blocs glissés aux slumps, puis debris flow et enfin aux turbidites est alors à prendre avec beaucoup de réserve comme le montre l'empilement de différents corps déplacés à Castellazo (avec et sans érosion basale), même si la fin du processus semble souvent marquée par une turbidite recueillant tout ce qui a été mis en suspension.

Mots-Clés: MTD, instabilités, Ainsa, rhéologie

Les smectites comme marqueurs de diagenèse le long des hétérogénéités structurales d'un bassin sédimentaire: cas des surfaces de glissements sous-marins du bassin d'Ainsa (Eocène des Pyrénées espagnoles)

Francis Odonne*[1], Daniel Beaufort[2], Romain Munck[2], Laure Bourrières[1], José Darrozes[1]

[1] Géosciences et Environnement Toulouse (GET) – CNRS : UMR5563 – France
[2] IC2MP – CNRS : UMR7285 – France

Les circulations de fluides dans les bassins sédimentaires sont responsables de transformations et de cimentations de grains minéraux dans le domaine de la diagenèse. Des concrétions et des tubes et cheminées sont des constructions minérales attestant de telles circulations mais certaines transformations de la matrice rocheuse, pour moins spectaculaires, n'en marquent pas moins la recristallisation diffuse et générale des sédiments. Des surfaces de glissements sous-marins, dans le bassin Eocène d'Ainsa (Pyrénées espagnoles) ont été choisies pour tester cette possibilité. Le positionnement très précis des surfaces et des échantillons ainsi que l'analyse minéralogique de chacun d'entre eux ont permis de mener cette étude. Dans le delta du Sobrarbe, la régularité de la composition minéralogique des marnes témoigne de l'homogénéité des sources sédimentaires détritiques. Un enrichissement en montmorillonite n'est observé qu'à proximité des cicatrices d'arrachements et dans leur remplissage sédimentaire. Les observations au MEB révèlent que les smectites sont formées par remplacement in situ de minéraux détritiques ferromagnésiens sous l'action de fluides froids à des températures inférieures à 75°C. L'enrichissement en smectite révèle une circulation préférentielle des fluides dans les sédiments sous compactés des cicatrices ainsi que le long des surfaces de glissement héritées. Les indications de conditions de basse température pour la formation des smectites comme celles d'une circulation locale des fluides supportent l'idée d'une infiltration de fluides d'origine météorique durant une phase d'exhumation (télogenèse), probablement associée au soulèvement tectonique qui a interrompu la diagenèse d'enfouissement du bassin à un stade relativement précoce de son évolution.

Mots-Clés: smectites, diagenèse, circulation de fluides, Ainsa, surfaces de glissement, hétérogénéités sédimentaires

Analyses XRF portable versus ICP-AES : applications aux gisements de type amas sulfuré (Chizeuil) et Sn-W (Giat)

Maxime Olivier*[1], Laurent Bailly[1], Jérémie Melleton[1], Guillaume Vic[1], Eric Gloaguen[1]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 3 avenue Claude-Guillemin, 45060 Orléans, France
@ : maximeo@orange.fr, j.melleton@brgm.fr

Les appareils de fluorescence X portables (FPXRF) sont couramment utilisés lors des campagnes d'exploration. Le faible coût de ces analyses, leur rapidité d'acquisition sur échantillons bruts, sur le terrain ou en laboratoire, ainsi que des gammes de teneurs analysables variant de quelques dizaines de ppm à plusieurs pourcents, sont des arguments forts pour une généralisation de cette technique en exploration. Cependant, de nombreux paramètres relatifs à la qualité des échantillons et conditions analytiques influent sur la pertinence et l'exploitabilité des résultats. De ce fait, la validité des analyses FPXRF par rapport aux analyses géochimiques classiques est encore largement débattue.

Afin de comparer les analyses géochimiques ICP-AES et FPXRF, et les réponses des différents éléments métalliques, deux lots d'échantillons de type stream sédiments prélevés lors de l'inventaire minier français (années 1970-80s) ont été ré-analysés par FPXRF au moyen d'un *Niton XL3t 600S GOLDD*. Les échantillons testés correspondent à la fraction inférieure à 125 μm et présentent un taux d'humidité inférieur à 3%. Après plusieurs tests, le temps d'analyse a été fixé à 60s en mode sol et en mode mine. La Zone 1 est centrée sur l'amas sulfuré à Cu-Pb-Zn de Chizeuil. La Zone 2 comprend les indices à U de Sandelesse, les indices à Sb de la Marnière et de la Ramade, les indices à BaSO4 de Saint-Merd-la-Breuille, les indices à As d'Allevergue et Foliat, et les indices à F de Veaumas, ainsi qu'une forte anomalie géochimique à W.

Compte-tenu de la nature des échantillons, le mode sol, caractérisé par des limites de détection plus basse, apparait beaucoup plus adapté. Les analyses ICP-AES et FPXRF sont fortement corrélées, même si le coefficient de variation est variable selon les éléments : R2 $>$ 90 % pour Fe, Mn, Zn ; R2 $>$ 80 % pour Pb, As, Cu. Les éléments à faible teneur sont cependant entachés d'une forte erreur analytique qui se traduise par des corrélations ICP-MS/FPXRF moins robustes. De plus, les teneurs en éléments " légers " (Si, Al, Mg,...) acquises en FPXRF paraissent moins fiables et ne permettent pas d'identifier les zones d'altération hydrothermales potentiellement associés aux minéralisations. Certains éléments métalliques peuvent être utilisés en lithogéochimie et marquent bien les différentes formations géologiques. Les traitements géostatistiques appliqués aux données FPXRF permettent d'obtenir des cartes d'anomalies géochimiques tout à fait conformes à celles obtenues en géochimie classique.

Sous réserve d'une préparation soignée des échantillons, les analyses FPXRF paraissent donc tout à fait adaptées à l'exploration géochimique.

Mots-Clés: FPXRF, exploration géochimique, Chizeuil, Giat, France

Géochimie des platinoïdes en milieu urbain et routier

Mehrazin Omrani*, Liliane Jean-Soro[1], Véronique Ruban

[1] IFSTTAR [Nantes] – LUNAM Univ. – Route de Bouaye CS4 44344 Bouguenais Cedex, France
@ : liliane.jean-soro@ifsttar.fr

Les éléments du groupe du platine (EGPs) sont des métaux nobles naturellement présents dans la croûte terrestre, avec des teneurs moyennes entre 0,06 et 10 ng.g-1. Cette étude s'intéresse à trois métaux dans ce groupe ; le platine (Pt), le palladium (Pd) et le rhodium (Rh). Au cours des dernières années, plus de 50% de la consommation mondiale de ces éléments a été destinée à la catalyse automobile (soit 358 tonnes en 2014). Les catalyseurs automobiles ont pour but de convertir les composés polluants des gaz d'échappement (CO, NOx, et CxHy), en composés non nocifs (CO_2, N2, et H2O), grâce aux propriétés catalytiques de Pt, Pd et Rh. La généralisation des convertisseurs catalytiques durant ces dernières décennies et la libération des EGPs lors du fonctionnement du véhicule, a entrainé une augmentation notable de la concentration de ces contaminants émergents dans l'environnement.
Du fait de la bioaccumulation probable par les organismes vivants, ces émissions sont préoccupantes. Cette étude porte sur l'évolution des EGPs de leur source (des monolithes), de leur rejet dans l'environnement (via les gaz d'échappements), jusqu'à leur devenir dans différents compartiments au champ proche (l'air, les poussières de chaussées, le sol en bordure de route), aussi leur accumulation dans les sédiments de bassins d'infiltration des eaux pluviales. Une attention toute particulière sera portée à mettre en évidence la dispersion et l'accumulation des EGPs dans les sédiments de bassin de rétention-infiltration des eaux pluviales de Cheviré à Nantes, en effectuant un suivi annuel d'échantillonnage. Les résultats attendus permettront d'évaluer les concentrations et les différentes formes des EGPs, et d'appréhender leur comportement physico-chimique pour définir les processus géochimiques gouvernant leur transfert du sédiment de basin vers les nappes phréatiques.
La démarche scientifique prévue pour l'analyse des échantillons consiste en la combinaison de deux approches physique et chimique. L'approche physique se base sur le couplage diffractométrie des rayons X, observation par microscopie électronique à balayage et spectrométrie de microfluorescence X. L'approche chimique va se faire par l'identification et la détermination des concentrations des éléments par spectrométrie de masse à plasma inductif (ICP-MS).
La compréhension des mécanismes de solubilisation des EGPs a une forte pertinence d'un point de vue éco-toxicologique. Ainsi une des expérimentations envisagée est la lixiviation statique des sédiments, avec des solutions d'acide citrique et d'acides fulviques et de NaCl. L'utilisation de l'acide citrique et des acides fulviques permettra d'obtenir des informations sur les processus influant sur la vitesse et le taux de dissolution des particules issues des catalyseurs, sous l'influence de complexants organiques. Le NaCl est envisagé car, il est présent dans l'eau de ruissellement, suite à son utilisation sur les chaussées en hiver.

Mots-Clés: convertisseurs catalytiques, contaminants émergents, éléments du groupe du platine (EGPs), transformations physico chimiques

Quelles argumentations pour quels savoirs géologiques dans les manuels de SVT du secondaire ?

Christian Orange*[1,2]

[1] Univ. libre de Bruxelles, Section inter-facultaire de l'agrégation – Belgique
[2] Centre de recherche en éducation de Nantes (CREN) – Univ. Nantes : EA2661 – Chemin de la Censive du Tertre BP 81227 44312 Nantes Cedex 3, France

La géologie est une science qui étudie à la fois le fonctionnement actuel de la planète Terre et son histoire (Gohau, 1987). Cette double approche mais aussi la variété des investigations qu'elle permet fait que les géologues mobilisent une pluralité de cadres théoriques et de façon de " faire preuve ".
Comment cette variété se retrouve-t-elle dans l'enseignement de la géologie ? Par quels types de raisonnements et d'argumentations veut-on faire passer les élèves. En particulier, les différences entre géologie fonctionnaliste et géologie historique sont-elles explicitées et quelles difficultés cela peut-il représenter pour les élèves (Orange Ravachol, 2012).
Dans le cadre des travaux déjà menés sur cette questions des difficultés didactiques que représentent les sciences de la Terre (Orange & Orange Ravachol, 1995, Orange Ravachol, 2012, Orange Ravachol et Beorchia, 2011), nous voulons dans cette communication, étudier comme les manuels du secondaire abordent (ou pas) cette question.
Ces manuels sont organisés en chapitres, eux même divisés en doubles pages qui proposent documents et petites questions sur un " problème " donné, et se terminent par une synthèse. Nous chercherons à identifier, par une analyse a priori, quelles sont les argumentations, les formes d'explication et les principes qui devraient permettre aux élèves de passer des documents et questions aux éléments de la synthèse ? Nous faisons l'hypothèse que la plupart des principes nécessaires ne sont pas explicités et qu'une partie des conclusions sont alors fortement discutables (le sont-elles dans les classes ?).
Notre étude, nécessairement limitée pour cette communication portera sur quelques manuels du collège et du lycée.

Références :

Gohau, G. (1987). Une histoire de la géologie. Paris: Editions du Seuil, Points Sciences

Orange Ravachol, D (2012), Didactique des SVT, Entre phénomènes et événements. Rennes : PUR.

Orange Ravachol Denise, Beorchia Françoise, (2011), Principes structurants et construction de savoirs en sciences de la vie et de la Terre, Education & Didactique, vol.5, n°1, 2011, p.7-27.

La tectonique des plaques dans les albums documentaires ... entrée dans la géologie ou simples petites histoires ?

Denise Orange Ravachol*[1]

[1] CIREL - Théodile – Univ. Lille III - Sciences humaines et sociales : EA4354 – Domaine universitaire du Pont de Bois, BP 60149, 59653 Villeneuve d'Ascq Cedex, France

Notre contribution s'intéresse à la façon dont la tectonique des plaques est mise en scène dans des ouvrages à visée scientifique destinés à la jeunesse, au regard des fonctions qu'elle prend chez les géologues. A quelles conditions sa diffusion conserve-t-elle les caractéristiques des problèmes et des savoirs scientifiques convoqués ? Si l'objectif des auteurs de ces ouvrages est d'engager un jeune public néophyte vers la construction de savoirs scientifiques, il devrait être possible de retrouver le ou les problème(s) géologique(s) travaillé(s), de saisir les rapports entretenus avec le registre empirique (le terrain, l'expérimental), de repérer les formes de contrôle du fonctionnement et de l'histoire de la Terre mises en jeu.
Notre étude se focalise sur trois albums documentaires pour enfants (Michel & Larvor, 1989 ; Michel, 2005 ; Mizielinska & Mizielinski, 2015) consacrant chacun une ou deux doubles pages à la tectonique des plaques. Elle se cantonne aux problèmes du volcanisme et de la formation des chaînes de montagnes. Pour analyser le contenu (texte et schémas) de ces extraits d'ouvrages, nous mobilisons des repères épistémologiques (le principe d'actualisme, le temps long producteur de phénomènes, l'événement vu comme une nécessité ; Hooykaas, 1970 ; Tintant, 1986 ; Gould, 1989) et des repères didactiques (raisonnements spontanés vs problématisations fonctionnaliste et historique, savoir propositionnel vs savoir apodictique, catastrophe du sens commun vs nécessités événementielles; Orange Ravachol, 2007, 2012). Nous montrons que la notion de plaques mobiles se combine aisément à la production de petites histoires (*storytelling*). Elle maintient ainsi les enfants dans une utilisation peu élaborée du temps et ... les empêche de faire de la géologie.

Références

Gould, S. J. (1991). La vie est belle. Les surprises de l'évolution. Paris : Seuil.

Hooykaas, R. (1970). Continuité et discontinuité en géologie et biologie. Paris: Seuil.

Michel, F. (2005). Les volcans à petits pas. Arles : Actes Sud.

Michel, F. & Larvor, Y. (1989). La Terre qui bouge. Paris : Bayard Editions.

Mizielinska, A. & Mizielinski, D. (2015). Sous terre. Voisins-Le-Bretonneux : Rue du monde.

Orange Ravachol, D. (2012). Didactique des sciences de la vie et de la Terre. Entre phénomènes et événements. Rennes : PUR.

Orange Ravachol, D. (2007). Des mises en histoire aux savoirs scientifiques : le cas de lycéens confrontés à quelques problèmes de tectonique des plaques. ASTER, 44, 41- 68.

Tintant, H. (1986). La loi et l'événement. Deux aspects complémentaires des Sciences de la Terre. Bulletin de la Société géologique de France, 1986, (8), t.II, n°1, p.185-190.

Mots-Clés: tectonique des plaques, album documentaire, savoirs géologiques, storytelling

Enregistrement sédimentaire de la déformation et réponse des systèmes sédimentaires dans un bassin d'avant chaîne : Exemple du bassin d'Aquitaine au Paléocène-Eocène

Carole Ortega*[1], Eric Lasseur[1], François Guillocheau[2], Olivier Serrano[1]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – France
[2] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France

L'orogenèse pyrénéenne est marquée par deux " phases " principales. Une première phase Crétacé supérieur qui correspond aux premiers stades de l'orogène, et une seconde phase Eocène moyen couramment considérée comme la phase paroxysmale (phase pyrénéenne). Entre ces deux phases, les déformations sont moins marquées ce qui a amené certains auteurs à évoquer une quiescence durant le Paléocène-Eocène inférieur. Ce travail se concentre sur cette période en reconstituant la dynamique du bassin d'Aquitaine via l'analyse du remplissage sédimentaire. Elle se base sur une interprétation conjointe de carottes, diagraphies et de lignes sismiques.
Nous identifions trois cycles principaux:
- Le premier cycle Danien est le moins documenté. Il est enregistré par la mise en place d'une plate-forme barrée passant latéralement à des dépôts de pente. Ces dépôts présentent des variations d'épaisseur importantes qui semblent conditionner la morphologie de la transition plate-forme bassin ultérieure. Le sommet de ce cycle est marqué par une émersion de la plate-forme associée à une lacune d'une grande partie du Sélandien.
- Le second cycle Sélandien supérieur-Thanétien est enregistré par le passage à des faciès de rampe carbonatée. Fortement contrôlée par la paléogéographie danienne, elle présente néanmoins un profil de dépôts relativement peu penté, caractérisé par un passage progressif de dépôts de rampe à des hémipélagites.
La fin de ce cycle est marquée par une émersion au Thanétien supérieur. Le prisme de bas niveau correspondant s'exprime par le dépôt de lobes turbiditiques dans le bassin. Il s'accompagne des premières évidences de tectonique syn-sédimentaire et d'une érosion majeure dans le bassin.
- Le troisième cycle (Yprésien) voit la fin des dépôts carbonatés via une transgression majeure sur la plate-forme et l'installation de faciès de plate-forme externe. Le demi-cycle progradant enregistre la migration d'Est en Ouest de deltas mixtes terrigènes-carbonatés puis terrigènes. D'importants dépôts turbiditiques prennent place dans le bassin et présentent des directions d'apports variées, en provenance du démantèlement de la chaîne à l'est et au sud.
Cette étude montre que la déformation compressive débute probablement durant le Thanétien, marquée par une accentuation des profils de dépôts, des évidences de déformation syn-sédimentaire et des arrivées terrigènes de plus en plus marquées. La période Danien Sélandien reste à mieux caractériser.

Mots-Clés: Bassin Aquitaine, Paléogène, stratigraphie séquentielle

Analyse sismo-stratigraphique des séries pléistocènes de la plate-forme du Mozambique

Alexandre Ortiz*[1], Marina Rabineau[2], Gwenael Jouet[3], Cécile Robin[1], Massimo Dall'Asta[4]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France
[2] Domaines Océaniques – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
[3] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – 38 Rue du Port Blanc, 35800 Dinard, France
[4] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau, 64018 Pau Cedex, France

La marge mozambicaine, située dans le canal du Mozambique est connue comme étant à l'origine de l'un des plus grands systèmes turbiditique au monde (Droz et Mougenot, 1987). Elle présente dans sa partie terrestre le plus grand fleuve du Sud de l'Afrique, le Zambèze($>$ 2500 Km de long). L'utilisation de données de sismique réflexion de basse résolution (TOTAL) et de plus haute résolution (campagne PAMELA MOZ-04, TOTAL et IFREMER) a permis de préciser les facteurs de contrôle du remplissage sédimentaire de la marge mozambicaine à différentes échelles temporelles durant le Pléistocène.

- Le taux de sédimentation augmente significativement entre le Pliocène (100 m/Ma) et le Gélasien (230 m/Ma), ceci est corrélable avec un doublement de l'aire de drainage du Zambèze dû à la capture de la partie amont du fleuve Zambèze (Walford et al., 2005 ; Nugent, 1990).
- La position relative du dépôt-centre varie au cours du Pléistocène. Elle peut être corrélée avec l'augmentation de l'amplitude des cycles climatiques au cours du Pléistocène. Ainsi l'augmentation de l'amplitude des chutes/remontées du niveau marin entraîne une absence de connexion sédimentaire entre le fleuve Zambèze et la partie plateau/pente continentale entre les bas niveaux marins et les hauts niveaux marins.
- La Mid Pleistocene Transition (changement de dominance des cyclicités climatiques) apparaît comme n'étant pas une transition abrupte, mais comme une augmentation progressive des instabilités gravitaires pendant le Calabrien (vers 1 Ma).
- L'observation, grâce aux données de sismique de haute résolution, ainsi que les datations relatives des séquences de 5ème ordre, grâce au rapport préliminaire de la campagne IODP 361, ont permis de mettre en évidence la présence de cyclicité de 100 ka mais aussi des cyclicités de 41 ka dans l'enregistrement sédimentaire des 200 derniers milliers d'années, malgré la dominance des cycles à 100 ka.
- Durant cette période de temps, de larges Mass Transport Deposits se déclenchent en contexte de régression marine. Ils sont liés à l'augmentation de la charge sédimentaire et aux grandes chutes du niveau marin.
- Un MTD de classe mondiale (3000 km^3, 20000 km^2) est à l'origine du comblement et du changement de morphologie du chenal du Zambèze entre 780 ka et 440 ka. Cet évènement induit une absence de fonctionnement du chenal du Zambèze pendant cette période.

Mots-Clés: Mozambique, Zambèze, stratigraphie, eustatisme, instabilité gravitaire, chenal

Etude et évaluation de la cinématique de la ligne du rivage dans la région est algéroise

Housseyn Otmani*[1]

[1] Ecole Nationale Superieure des Sciences de la Mer et de l'Amenagement du Littoral (ENSSMAL) – Campus Universitaire de Dely Ibrahim, Bois des Cars, 16320 Alger, Algérie
@ : otmani.housseyn@gmail.com

Les littoraux constituent des environnements fragiles dans lesquels se manifestent de multiples facteurs d'évolution aux actions, interactions et rétroactions complexes. Les hommes doivent savoir utiliser ces milieux sans en abuser (Paskoff, 1993).
Plus de 60% de la population mondiale occupe les zones côtières essentiellement pour les potentialités naturelles et économiques qu'elles offrent
La multiplication des agents hydrodynamiques engendre des changements sur la morphologie de l'ensemble du système sableux du littoral algérois, son évolution est marquée par l'alternance des zones en érosion et d'autres en accumulation. Cette activité est le résultat des échanges transversaux et longitudinaux entre les différentes unités morphologiques du littoral
L'analyse des variations de la position de la ligne du rivage nécessite l'emploi de techniques à la fois, modernes et classiques (la photographie aérienne, les images satellitaires et les levés topographiques au DGPS), elle permettra de définir les zones les plus vulnérables nécessitants un suivi continu sur le plan morphologique afin de cerner les aléas possibles dans la zone.

Mots-Clés: plage, érosion, ligne de rivage, trait de côte, réfraction, houle, sédiments

Analyse statistique des réseaux de fractures du socle précambrien dans la boutoniere de Sidi Ifni (Maroc)

Mohamed Ougadire*[1]

[1] Lab. de Géosciences Appliquées et Géo-environnement – Faculté des Sciences Hay Dakhla – BP 1806, 80000 Agadir, Maroc

La fracturation contribue incontestablement à la formation d'un réservoir en terrain cristallin et cristallophyllien. Sa caractérisation est donc incontournable pour une meilleure connaissance des réservoirs fracturés. A cet effet nous avons étudié la fracturation de la boutonnière de Sidi Ifni afin de réaliser une carte de linéaments, et de déterminer le comportement et l'organisation spatiale de la fracturation dans le socle précambrien.

La boutonnière de Sidi Ifni fait partie de l'Anti-Atlas occidentale du Maroc. Elle se situe à environ 150 km au Sud de la ville d'Agadir. Le massif d'Ifni est formé de granite d'âge Paléoprotérozoïque, recouvert par une première couverture de quartzite blanc d'âge Néoprotérozoïque. Une deuxième couverture volcano-sédimentaire (SGO) affleure largement dans le massif. Cette dernièreest recoupée par des granites postérieurs. La couverture adoudounienne est discordante sur toutes les autres formations de la boutonnière.

L'étude de la fracturation nous a amenés à établir une base de données qui regroupent les orientations et les longueurs des fractures selon cinq échelles d'observation ; 1/250000, 1/100000, 1/50000, 1/25000 et 1/10000.Ceslinéaments ont été tracées à l'aide des images satellitaires de Sentinel 2A, des modèles numériques de terrain (MNT) et des images fournies par Google Earth. L'utilisation des cartes géologiques (carte géologique du Maroc Nord 1/1000000 et carte géologique de Sidi Ifni 1/250000) permets de préciser certains de ces linéaments. L'exploitation de cette base de données nous a permis l'extraction de l'azimut de ces linéaments et établir la rosace directionnelle à l'aide de Rockworks15©.

L'analyse statistique de la distribution de la fracturation en nombre et en longueur cumulée, a montré trois familles dominantes d'orientation, N30°-70, N90°-100 et N150-°180. Les longueurs de fractures s'ajustent mieux à une loi de puissance. Cette loi met en évidence le caractère auto-similaire de la fracturation pour les longueurs de fractures comprises entre 301 m et 10000 m. les réseaux de fractures auraient atteint un stade de développement avancé.

Ce travail a été financé par le programme Toubkal 15/18

Mots-Clés: fracture, réservoir, statistique, Néoprotérozoïque, Boutonnière de Sidi Ifni, Maroc

Cartographie par SIG de l'aléa d'éboulement dans le bassin versant des oueds Ounilla, Mellah et Imini (Versant Sud du Haut Atlas de Marrakech)

Zouhair Ourhzif*[1], Ahmed Algouti[1]

[1] Géologie des Bassins Sédimentaires Marocains (GeoBasSMa) – Univ. Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc
@ : ahmedalgouti@gmail.com

Le Maroc fait face à des risques naturels divers présentant tous les risques sérieux. La croissance démographique, le développement économique, l'expansion urbaine et l'infrastructure vulnérable augmentent ces risques encore plus. La réduction des dommages suivant des événements désastreux dépend fortement de l'information disponible et de l'évaluation rapide et appropriée de la situation. Répondant des administrations locales et nationales devraient être équipées à l'avance d'information et de cartes où les dommages les plus élevés dus aux états défavorables et locaux de site en cas d'événements naturels extrêmes tels que des tremblements de terre plus forts et aux effets secondaires liés au tremblement de terre (éboulements, liquéfaction, amplifications de sol ou tassement) peuvent être assumés. L'objectif de cette contribution est de développer une approche, dans laquelle les systèmes d'information géographique (GIS) utilisés ainsi que des données de télédétection, contribuent à l'analyse et à la présentation d'information, particulièrement exigées pour les Geo-risques naturels croissants au Bassin versant Draa au Sud du Maroc.

L'oued Ouarzazate (superficie du bassin versant 4 630 km^2) avec trois principaux affluents draine la partie ouest du bassin sédimentaire d'Ouarzazate et le versant sud du Haut Atlas. Les affluents sont d'Est en Ouest : le Mellah, Imini et Iriri-Tidili oueds. Le Mellah et Imini oueds prendre leur source dans le col de Tichka et présentent les mêmes caractéristiques hydrologiques. La pente principale des Oueds y compris ses affluents est de 2,0 % [1].

La capacité d'entreprendre l'évaluation, la surveillance et la modélisation peut être améliorée largement par les avancées actuelles dans la télédétection et la technologie des GIS. Des facteurs environnementaux causaux ou critiques influençant la disposition des équipements de règlements, industriels et d'infrastructure d'être affecté par des risques naturels peuvent être analysés interactivement dans une base de données de GIS. Les interactions et les dépendances entre différents facteurs causaux et préparatoires peuvent être visualisées et ont pondèrent point par point dans cet environnement de GIS [2]. L'objectif principal est de l'approche normalisée, systématique et clairement disposée de détection des secteurs plus susceptibles des risques, qui peut être employée dans n'importe quel secteur d'aménagement territorial.

1 (CHAMAYOU et al. 1977).

2 (Jacek Malczewski GIS and Multicriteria Decision Analysis)

Mots-Clés: bassin versant, Imini, Ounilla, aléa, GIS

Contribution des données géophysiques à l'élaboration d'un modèle structural dans la zone épicentrale du séisme de Boumerdes (Algerie) du 21 mai 2003

Merzouk Ouyed*[1], Saddek Samai, Mouloud Idres, Mohamed Salah Boughacha, Amar Bourmatte

[1] Lab. de Géophysique - Faculté des Sciences de la Terre, Géographie et Aménagement du Territoire (USTHB) – BP32, Bab Ezzouar El Alia, Alger, Algérie

Dans cette étude, nous avons traité et interprété les données gravimétriques et aéromagnétiques de la zone épicentrale du séisme de Boumerdes du 21 mai 2003. L'interprétation conjointe des deux types de données a permis le développement d'un schéma structural qui montre les ondulations du socle en mer et sur le continent. La forme de la partie orientale du bassin de la Mitidja est mieux définie; sa limite septentrionale est représentée par une forte anomalie 'sub-circulaire' du socle située au large des côtes. Cela indique que le bassin de la Mitidja ne se prolonge pas en mer. A l'Est de la zone d'étude, les données aéromagnétiques ont montré que le socle de Sid-Ali-Bounab est individualisé sous une forme 'sub-circulaire', tandis que le socle de Dellys, situé dans la partie Nord-Est et allongée dans la direction NE-SW se prolonge en mer. Les données aéromagnétiques ont également révélé deux remontées de socle orientées Est-Ouest qui divisent la dépression des Isser en trois parties. La partie nord de cette dépression se prolonge au large des côtes. Le soulèvement le plus méridional suggère l'extension de la faille de Thenia (TF) vers l'Est. Il est important de noter que la faille active de Reghaia (RF), qui traverse les centres urbains de Boudouaou et Reghaïa, est délimitée par deux failles suggérant que sa longueur ne dépasse pas 12 km. En outre, les terrasses alluviales observées à l'Ouest de la faille active de Zemmouri (ZF) sont en accord avec la composante inverse de celle-ci.

Mots-Clés: gravimétrie, aéromagnétisme, séisme de Boumerdes, failles, socle

Volcanosedimentary complex encompassing the Ediacaran- Cambrian boundary interval in the Oriental Pyrenees

Maxime Padel*[1,2], Javier Álvaro[3], Sébastien Clausen[1], Marc Poujol[4], Bernard Laumonier[5]

[1] Evolution, Ecologie et Paléontologie (EEP) – CNRS : UMR 8198 – Univ. Lille I – France
[2] BRGM – Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – France
[3] Instituto de Geociencias (CSIC-UCM) – Espagne
[4] Geosciences Rennes – OSU Rennes, Univ. Rennes I, CNRS : UMR6118 – France
[5] GeoRessources – Univ. Lorraine – École des Mines – CS 14234, F-54042 Nancy Cedex, France

The Pyrenees are part of the northeastern margin of the Ibero-Armorican Variscan Arc. They possess one of the most complete uppermost Ediacaran–Cambrian successions in West Gondwana which has been classically divided into two principal lithostratigraphic units : the Canaveilles and Jujols Groups. In the southern flank of the Canigou massif (Puigmal Variscan tectonostratigraphic unit), a unique Fabert volcanic level is usually described at the top of the Cabrils Formation (uppermost Canaveilles Group) which was recently dated around ca. 570 Ma. The overlying Tregurà Formation (Jujols Group) is divided into a lower volcanoclastic breccia member with limestone olistoliths and strong thickness variations, and an upper limestone member. The Tregurà Formation has been considered to encompass the Ediacaran-Cambrian transition, however, until now, no geochronological data have supported this hypothesis. The present study has been aimed to provide an up-to-date and detailed facies analyzes of the Ediacaran-Cambrian formations from the Pyrenees, and to test previously published dating of above-mentioned volcanic and breccia levels through new LA-ICPMS U–Pb dating of zircons. Therefore, the so-called Fabert volcanic level have been sampled in the Fabert Village and the nearby Pic de la Clape, yielding respective ages at ca.559.5 +1.7/-1.3 Ma and ca.542.9 +5/-1.3 Ma. The Tregurà breccia, sampled at the Pic du Finestrelles and the Pic de la Clape, have respectively yielded maximum depositional ages of ca.556±7Ma and ca.532.9±6.1 Ma.. These new dating argue for a long-lasting volcanic episode with multiple pulses during the Ediacaran-Cambrian transition. As a consequence, an updated stratigraphic framework is proposed.

Mots-Clés: Ediacaran, Cambrian, volcanosedimentary, U-Pb dating, stratigraphy

Etude de la dynamique des glissements de terrain par suivi multi-paramètres long terme

Edouard Palis*[1], Thomas Lebourg[1], Maurin Vidal[1], Emmanuel Tric[1]

[1] Géoazur – Univ. Nice Sophia Antipolis, INSU, Obs. Cote d'Azur, IRD, CNRS : UMR7329 – 250 rue Albert Einstein, Sophia Antipolis, 06560 Valbonne, France
@ : palis@geoazur.unice.fr

Depuis plusieurs années d'études sur les glissements de terrain, les liens complexes et les interactions subtiles entre complexité structurale, dynamique des masses en mouvement et circulation interne des fluides ont été mis en évidence. Ainsi, pour mieux comprendre les processus prenant place lors de l'évolution d'un versant instable, une étude observationnelle est nécessaire. C'est dans cette perspective que notre équipe réalise des surveillances (monitoring) longue-durée de glissement de terrain lent (
Le glissement de sables argileux du Pra de Julian dans la commune de Vence (Alpes-Maritimes) est devenu un risque majeur pour les autorités locales. Ce glissement est instrumenté de façon autonome et permanente depuis 10 ans par notre équipe afin de comprendre les processus ayant mené à sa réactivation. Depuis 2006, une ligne de tomographie électrique réalise des acquisitions quotidiennes et est maintenant accompagnée de mesures piézométriques et météorologiques.
Le glissement de La Clapière à Saint-Etienne-de-Tinée (Alpes-Maritimes) est maintenant bien connu et est étudié depuis de nombreuses années. Depuis 2007, l'OMIV (Observatoire Multidisciplinaire des Instabilités de Versant, INSU) a permis l'installation de stations de mesures permanentes et autonomes (GPS, météo, sismologie, chimie des eaux de sources). Depuis maintenant quatre ans une ligne de tomographie électrique est installée en pied de versant, permettant ainsi un accès à des informations en profondeur sur les changements de comportement du massif.
Notre équipe est maintenant capable de gérer à distance plusieurs stations de mesures autonomes sur différents sites en temps quasi-réel. Un accès libre en ligne est en outre disponible (https://omiv.osug.fr/).
L'analyse de tels jeux de données sur de longues séries temporelles a permis l'observation d'une variabilité temporelle et cyclique des réponses du massif étudié aux facteurs externes (instantané, décalé, variabilité long terme). Un des objectifs de cette étude d'observation est d'analyser l'évolution temporelle et spatiale de la résistivité électrique apparente par une méthode de clusterisation automatique appliquée aux deux sites d'étude afin d'identifier en profondeur des zones aux comportements hydrologiques différents. Cette nouvelle étude cherche à montrer que l'analyse de ces différents clusters de résistivité apparente aide à comprendre la dynamique de surface des glissements de terrain et permet de mieux appréhender la dynamique imprévisible de tels objets naturels grâce à des données réelles.

Mots-Clés: glissements de terrain, résistivité électrique, suivi multi, paramètres, risque

A new geological map for the " Baie de Seine - Pays de Caux " area at the 1:250,000 scale – Sedimentary and tectonic evolution during Cretaceous

Fabien Paquet*[1], Eric Lasseur[1], Isabelle Thinon[1], Renaud Couëffé[1], Massinissa Benabdellouahed[2], Olivier Dugué[3], Bernadette Tessier[3], Simon Courgeon[4], Alice Pelote, Justine Briais[1], Christian Dupuis[5], Virginie Gaullier[6]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 45060 Orléans, France
[2] Domaines Océaniques – Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS : UMR6538 – 29280 Plouzané, France
[3] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[4] Lab. Géodynamique et enregistrement Sédimentaire – IFREMER – 29280 Plouzané, France
[5] Faculté Polytechnique de Mons – 7000 Mons, Belgique
[6] Lab. d'Océanologie et de Géosciences (LOG) – Univ. Lille I, CNRS : UMR8187 – 59655 Villeneuve d'Ascq, France
@ : f.paquet@brgm.fr

To update the geological mapping over the French continental shelf that mostly dates back to the 70s-80s, BRGM has carried out studies and surveys since the early 2000s with the fruitful collaboration of several institutes (CNRS, Universities, ...) as the one started in 2007 with the University of Caen – Basse Normandie within the framework of Benabdellouahed PhD thesis (2011). Offshore very-high resolution seismic and geological sampling surveys (2007 to 2009) resulted in a detailed revision of the stratigraphy and structural scheme of the *Baie de Seine (BdS)*. This unprecedented level of details encourages us completing the data set in order to produce an updated version of the geological map of the area. Since 2013, three very high seismic surveys (MERCAUX 2013 and 2015, TREMOR 2014) combined with geological sampling have been carried out by BRGM and collaborators (CNRS; Universities of Caen – Basse-Normandie, Rennes 1, and Lille 1; Polytech Mons). Together with bathymetric data from SHOM, seismic data interpretation allows us to extend our geological understanding to the surrounding areas. In the northern *BdS* and offshore *Pays de Caux*, seismic data provided detail images of the Cretaceous series from the erosion unconformity over Jurassic deposits (K/J), to the onset of Cenozoic sedimentation. The older Cretaceous deposits are correlated to the Wealdian facies (lower Cretaceous) and are recognized NE of a large structural feature that includes both *Fécamp-Lillebonne (FL)* and *Nord-Baie-de-Seine (NBdS)* faults. The transgressive Apto-Albian deposits described onshore are clearly visible above the K/J erosion surface to the west. The Upper Cretaceous (Cenomanian to Santonian-Maastrichtian chalks) is well developed as a stacking of sedimentary bodies revealing a transgressive trend towards the west. Within each of these sedimentary bodies, reflections show mostly progradational/regressive trend with evidence of a forced regression (channels), probably at the Mid-Late Cenomanian transition. Seismic data also provide high resolution images of the contourite-like geometries described along the coastal cliffs of Normandy (Lasseur, 2007), thus allowing first glance tridimensional reconstruction. Finally, seismic profiles image the structures that affect the area and show clear evidences of large tectonic inversion between Jurassic and Cenozoic. Both *FL* and *NBdS* faults definitely play a role in terms of sediment distribution and preservation during Cretaceous and then Cenozoic, and can be seen as the structural limit of the *BdS* area.

Benabdellouahed, M., 2011. Ph.D. thesis, Univ. Caen
Lasseur E., 2007. Ph.D. thesis, Univ. Rennes

Mots-Clés: stratigraphy, seismic stratigraphy, tectonics, English Channel

A new geological map for the " Baie de Seine - Pays de Caux " area at the 1:250,000 scale – Sedimentary and tectonic evolution during Cenozoic

Fabien Paquet*[1], Eric Lasseur[1], Isabelle Thinon[1], Renaud Couëffé[1], Massinissa Benabdellouahed[2], Olivier Dugué[3], Bernadette Tessier[3], Justine Briais[1], Christian Dupuis[4], Virginie Gaullier[5]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 45060 Orléans, France
[2] Domaines Océaniques (LDO) – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS : UMR6538 – 29280 Plouzané, France
[3] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[4] Faculté Polytechnique Mons – 7000 Mons, Belgique
[5] Lab. d'Océanologie et de Géosciences (LOG) – Univ. Lille I, CNRS : UMR8187 – 59655 Villeneuve d'Ascq, France

To update the geological mapping over the French continental shelf that mostly dates back to the 70s-80s, BRGM has carried out series of studies and surveys since the early 2000s with the fruitful collaboration of several institutes (CNRS, Universities, Ifremer...) as the one started in 2007 with the University of Caen – Basse-Normandie within the framework of Benabdellouahed PhD thesis (2011). Offshore very-high resolution seismic and geological sampling surveys (2007 to 2009) resulted in a detailed revision of the stratigraphy and structural scheme of the *Baie de Seine (BdS)*. This unprecedented level of details encourages us completing the data set in order to produce an updated version of the geological map of the area.
Since 2013, three very high seismic surveys (MERCAUX 2013 and 2015, TREMOR 2014) combined with geological sampling have been carried out by BRGM and collaborators (CNRS ; Universities of Caen – Basse-Normandie, Rennes 1, and Lille 1 ; Polytech Mons). Together with bathymetric data from SHOM, seismic data interpretation allows us to extend our geological understanding to the surrounding areas.
In the northern *BdS*, seismic data provided detail images of the Cenozoic series. Paleogene deposits (from Thanetian-Ypresian to Bartonian) are preserved in a small basin – *Bassin Nord BdS* - and are separated from underlying upper cretaceous chalk by an erosional surface that shows evidences of emersion and karstification (Benaddellouahed, 2011). The upper unit (Bartonian) lies unconformably over the Lutetian, probably indicating a deformation phase related to the Pyrenean orogeny. The whole basin is affected by dramatic folding and faulting at its northern limit, along the E-W trending *Nord BdS* Fault system. Most of the deformation along this fault segment thus occurred at least, after Bartonian. This fault system merges to the south-west and to the south-east, with *Nord Cotentin* and *Fécamp-Lillebonne* structures respectively. The continuity of these structures delineates the northern structural limit of the *BdS* and Variscan inheritance and reactivation during the Alpine phase *s.l.* is highly suspected here. Finally, the northern *BdS* also reveals a complex network of deep incised channels (locally over 100 m deep) with a wide range of sedimentary fill ranging from chaotic fluvial-like to submarine deposits. This network formerly attributed to Pleistocene events, actually lies under the paleo-Seine and other mid- to late-Pleistocene valleys. Groundtruthing is still needed to determine the event(s) that resulted in these significant features.

Benabdellouahed, M., 2011. Ph.D. thesis, Univ. Caen

Mots-Clés: stratigraphy, seismic stratigraphy, tectonics, English Channel

Architecture et morphologie coralienne. Modélisation et observations des îles en surrection de SE Sulawesi, Indonésie

Anne-Morwenn Pastier[1], Laurent Husson*[2], Antoine Bézos[3], Kevin Pedoja[4], Mary Elliot[3], Andi Muhammad Imran[5], Pascal Lacroix[2], Xavier Robert[2], Edwige Pons-Branchu[6]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] Institut des sciences de la Terre (ISTerre) – CNRS : UMR5275, IFSTTAR-GERS, Univ. Savoie, Univ. Joseph Fourier - Grenoble I, INSU, OSUG, IRD : UR219, PRES Univ. Grenoble – BP 53 38041 Grenoble Cedex 9, France
[3] Lab. de Planétologie et Géodynamique de Nantes (LPGN) – CNRS : UMR6112, INSU, Univ. Nantes – 2 Rue de la Houssinière - BP 92208, 44322 Nantes Cedex 3, France
[4] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[5] Geological Department Universitas Hasanuddin – Indonésie
[6] Lab. des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – Univ. Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ), CEA, CNRS : UMR8212 – Bât 12, avenue de la Terrasse, 91198 Gif-sur-Yvette Cedex, France

During the Late Neogene, sea level oscillations have profoundly shaped the morphology of the coastlines of intertropical zones, wherein relative sea level simultaneously controlled reef expansion and erosion of earlier reef bodies. In uplifted domains like SE Sulawesi, the sequences of fossil reefs display a variety of fossil morphologies. Similarly, the morphologies of the modern reefs are highly variable, including cliff notches, narrow fringing reefs, wide flat terraces, and barriers reefs. In this region, where uplift rates vary rapidly laterally, the entire set of morphologies is displayed within short distances. We developed a numerical model that predicts the architecture of fossil reefs sequences and apply it to observations from SE Sulawesi, accounting -amongst other parameters- for reef growth, coastal erosion, and uplift rates. The observations that we use to calibrate our models are mostly the morphology of both the onshore (dGPS and high-resolution Pleiades DEM) and offshore (sonar) coast, as well as U-Th radiometrically dated coral samples. Our method allows unravelling the spatial and temporal evolution of large domains on map view. Our analysis indicates that the architecture and morphology of uplifting coastlines is almost systematically polyphased (as attested by samples of different ages within a unique terrace), which assigns a primordial role to erosion, comparable to reef growth. Our models also reproduce the variety of modern morphologies, which are chiefly dictated by the uplift rates of the pre-existing morphology of the substratum, itself responding to the joint effects of reef building and subsequent erosion. In turn, we find that fossil and modern morphologies can be returned to uplift rates rather precisely, as the parametric window of each specific morphology is often narrow.

Impact of implementing environmental flow requirements and climate change on future global irrigated land

Amandine Pastor*[1]

[1] Wageningen University – Pays-Bas

In a context of water scarcity due to ntensification of water resources under climate change and deterioration of rivers worldwide due to water withdrawal for irrigation and industry, we made a study on designing the future of agriculture land (rainfed and irrigated). We used a global vegetation dynamic mode LPJml to simulation natural runoff and calculate environemental flow requirements. We used 2 GCMs and 2 RCPs to simulate extreme climate chnage scenarios (RCP8.5). implementating environmental flow requirements (EFRs) would imply a flow reduciton of 30% worlwide and a reduciton of 10% of food production. In this study, we show which part of the world wil produce more food due to increase precipitation such as India and areas where water become too scarce to produce irrigated food.

Mots-Clés: climate change, environmental flow requirement, irrigated agriculture

L'épistémologie des sciences de la Terre et des sciences du vivant au service de leur enseignement

Fabienne Paulin*[1]

[1] Sciences, société, historicité, éducation et pratiques (S2HEP/EPIC) – Univ. Claude Bernard - Lyon I, ENS Lyon – 43 Boulevard du 11 novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex, France

Bien qu'ayant connu dans les années 90 une zone de turbulence, l'enseignement de la biologie et celui de la géologie continuent d'être réunis dans une même discipline scolaire, les Sciences de la vie et de la Terre (SVT) (Orange, Orange Ravachol, 1995). Nous réfléchissons ici à la légitimité de ce compagnonnage en discutant l'opportunité de penser l'enseignement des SVT à partir des convergences épistémologiques des deux domaines concernés. Dans l'introduction générale des programmes du lycée (2010), les sciences de la Terre sont présentées comme conservant " une originalité qu'il convient de ne pas nier" et dans les ressources du collège (2009) la géologie est décrite comme " étant une science de terrain " dont le point central est la " recherche d'indice pour expliquer des agencements, des phénomènes, reconstituer des paysages anciens et éventuellement retrouver l'histoire géologique". Faut-il voir dans cette référence aux sciences historiques la part d'originalité de la géologie ? Si c'est le cas nous nous inscrivons en faux contre cette vision. Les sciences de la Terre et celles de la vie sont des sciences en tension entre un pôle historique et un pôle fonctionnaliste et cette identité épistémologique nous semble être essentielle et pertinente pour penser certaines questions didactiques (Gould, 1998 ; Gayon, 2004 ; Orange Ravachol, 2012).

Le thème scientifique que nous investissons par le prisme sciences historiques/sciences fonctionnalistes est celui de l'évolution, domaine souvent à l'interface de la géologie et de la biologie (citons pour exemple le problème de l'origine de la vie). Nous soumettrons à discussion une structuration possible de son enseignement en termes de problèmes historiques et fonctionnalistes portant sur des objets biologiques (pattern/process) et géologiques (événements/phénomènes).

L'intérêt d'une telle structuration serait multiple. Les sciences historiques sont des sciences actuellement peu identifiables dans les programmes scolaires (Paulin, 2015). Or elles permettent d'aborder deux concepts transversaux des SVT : le temps et la contingence historique. Leur étude ouvrirait également la palette épistémologique des enseignants à la pluralité des raisonnements et modes de validation scientifiques. Ce serait aussi renouveler un enseignement de l'évolution qui peine à trouver sa place dans les programmes scolaires (Coquidé, Tirard, 2009).

Mots-Clés: épistémologie, didactique des sciences, SVT, sciences historiques, sciences fonctionnalistes

Sequences of coral reef terraces from Buton and Tukang Besi archipelagos, Southeast Sulawesi, Indonesia: the most comprehensive record of Plio-Quaternary highstands ?

Kevin Pedoja*[1], Laurent Husson[2], Antoine Bézos[3], Mary Elliot[3], Anne-Morwenn Pastier[4], Camilo Arias Ruiz[3], Anta-Clarisse Sarr[2], Vincent Regard[5], Edwige Pons-Branchu[6]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[2] Institut des Sciences de la Terre (ISTerre) – Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS : UMR5275 – BP 53 - 38041 Grenoble Cedex 9, France
[3] Lab. de Planétologie et Géodynamique de Nantes (LPGN) – CNRS : UMR6112, Univ. Nantes – 2 Rue de la Houssinière - BP 92208, 44322 Nantes Cedex 3, France
[4] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex, France
[5] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[6] Lab. des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – Univ. Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ), CEA, CNRS : UMR8212 – Bât 12, avenue de la Terrasse, 91198 Gif-sur-Yvette Cedex, France

The Indonesian archipelago displays spectacular Late Cenozoic sequences of marine and coral reef terraces, in particular on the Tukang Besi and Buton archipelagos (SE Sulawesi). In this area, the late Cenozoic uplift of submarine banks and other topographic highs led to major geographic changes: reef platforms and/or table reefs arose over topographic highs, then sequences of coral reef terraces emerged and covered the rising slopes of the islands. Remote sensing imagery associated to preliminary field mapping and U/Th dating of these sequences of terraces enabled the identification of at least 23 islands covered with fossil reefs. In SE Buton, a sequence includes more than 40 successive terraces and reaches a maximum elevation of 650 +/-10 m. On the Sampolawa peninsula, a sequence includes some 20 strandlines and culminates at 430 +/- 10 m. U/Th dating of four of its low-standing terraces suggest that they have formed during the last four interglacial periods (MIS 5e, 7, 9 and 11), yielding an average mean uplift rates of 0.12+/-0.04 mm/yr. By extrapolation of these uplift rate, the sequences of SE Buton could potentially provide a record of sea level highstands for the last ~3.5 Ma, consequently making these sequences the most comprehensive known record of Plio-Quaternary sea level stands worldwide.

Mots-Clés: Sulawesi, marine and coral reef terraces, U/Th dating, Plio-Quaternary sea level

The Minorca Basin: a buffer zone between the Valencia and Liguro-Provencal Basins (NW Mediterranean Sea)

Romain Pellen*[1,2], Daniel Aslanian[2], Marina Rabineau[1], Estelle Leroux[1,2,3], Christian Gorini[3], Carmine Silenziario, Christian Blanpied[4], Jean-Loup Rubino[5]

[1] Domaines Oceaniques – CNRS : UMR6538 – IUEM, 1 Place N. Copernic, 29280, Plouzané, France
[2] Lab. de Géodynamique et de Géophysique (LGG) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), B.P. 70, 29280 Plouzané Cedex, France
[3] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – 4, place Jussieu, BP CC129, 75252 Paris Cedex 05, France
[4] Total E&P – 2 place Jean Millier, 92078 Paris La Défense, France
[5] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau, 64018 Pau Cedex, France

Detailed analyses of seismic profiles and boreholes in the Valencia Basin (VB) reveal a differentiated basin, the Minorca Basin (MB), lying between the old Mesozoic Valencia Basin sensu strico (VBss) and the young Oligocene Liguro-Provenc al Basin (LPB). The relationship between these basins is shown through the correlation of four Miocene-to-present-day megasequences. The Central and North Balearic Fracture Zones (CFZ and NBFZ) that border the MB represent two morphological and geodynamical thresholds that created an accommodation in steps between the three domains. Little to no horizontal Neogene movements are found for the Ibiza and Majorca Islands. In contrast, the counterclockwise movement of the Corso-Sardinian blocks induced a counterclockwise movement of the Minorca block towards the SE along the CFZ and NBFZ, during the exhumation of lower continental crust in the LPB. This new understanding implies pure Neogene vertical subsidence in the VBss and places the AlKaPeCa northeastward of the present-day Alboran Area.

Mots-Clés: Western Mediterranean Sea, subsidence, segmentation and kinematic, sedimentary sequences, sills and gateways

Volcanisme explosif aérien au passage Carbonifère-Permien dans les bassins stéphano-autuniens d'Europe de l'Ouest

Pierre Pellenard*[1], Myriam Ferrand[1], Camille Rossignol[2], Georges Gand[1], Sylvie Bourquin[3], Laurent Beccaletto[4], Marc Poujol[3], Charline Hue[3]

[1] Biogéosciences – Univ. Bourgogne, CNRS : UMR6282 – 6 Bvd Gabriel, 21000 Dijon, France
[2] GéoHydrosystèmes COntinentaux (GéhCO) – Univ. François Rabelais : EA6293 – Tours, France
[3] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[4] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – France

Les bassins stéphano-autuniens d'Europe de l'Ouest, associés à un régime d'extension post-orogénique, ont enregistrés de fréquentes manifestations volcaniques. Ces évènements sont toutefois encore relativement peu étudiés et datés en particulier dans les bassins sédimentaires bordant le Massif Central. Un inventaire des épisodes volcaniques associés aux retombées de cendres est établi, dans l'optique de préciser la nature du volcanisme, la localisation des sources et fournir des âges radiométriques U-Pb. Ces âges numériques sont fondamentaux pour calibrer les séries sédimentaires continentales européennes et les corréler aux équivalents temporels des séries marines d'Asie ou des Etats-Unis. Les bassins concernés sont ceux d'Autun, d'Aumance et de Lucenay-les-Aix où des niveaux de "gores" (cendres altérées en argiles ou tonsteins) ont été identifiés depuis plusieurs décennies en affleurement ou en forage mais sans attribution d'âges. Ces niveaux, qui tranchent nettement des sédiments détritiques encaissants, se présentent sous la forme d'horizons argileux centimétriques à pluricentimétriques de couleur crème (en forage) à ocre (en affleurement) selon le degré d'altération météorique ou de contamination avec l'encaissant. Leur minéralogie est caractérisée par des argiles néoformées (rectorite et kaolinite) issues de la dévitrification des verres volcaniques et une faible abondance de minéraux détritiques (quartz, feldspath, micas, illite). La chimie des niveaux analysée par ICP-OES, ICP-MS et XRF portable montre un comportement chimique contrasté avec celui de l'encaissant avec des spécificités propres à chaque bassin. L'analyse par ICP-MS des éléments traces et terres rares indique pour la majorité des niveaux un volcanisme explosif différencié calco-alcalin dacitique à rhyolitique. La source de ce volcanisme pourrait être distale et localisée dans les Vosges ou en Forêt Noire (Allemagne) compte tenu de la taille des éléments, l'épaisseur des cendres et la nature du volcanisme (Königer & Lorentz 2002), bien qu'une origine proximale en provenance du Massif Central ne puisse être totalement exclue. Dans le bassin d'Autun 12 tonsteins sont répertoriés de la formation d'Igornay (base Autunien) à la formation de Muse (Autunien inférieur). Les datations radiométriques U-Pb (CA-ID-TIMS) de 3 niveaux indiquent que ces dépôts continentaux du bassin d'Autun sont à la transition carbonifère-permien (Gzhélien/Assélien). Ces âges sont cohérents avec l'âge U-Pb (LA-ICP-MS) calculé sur l'un des 31 tonsteins du sondage BRGM LY-F de Lucenay-les-Aix.

Königer, S., Lorenz, V., Stollhofen, H., & Armstrong, R. A. (2002). Origin, age and stratigraphic significance of distal fallout ash tuffs from the Carboniferous–Permian continental Saar–Nahe Basin (SW Germany). *International Journal of Earth Sciences*, *91*(2), 341-356.

Mots-Clés: paléovolcanisme, Tonstein, Permien, datation radiométrique

Morphodynamique des deltas de jusants en domaine macrotidal

Xavier Pellerin Le Bas*[1], Franck Levoy[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France

L'objectif de notre étude est d'observer et de caractériser les évolutions morphologiques et la dynamique sédimentaire des deltas de jusant dans un environnement macrotidal à fetch court. Deux sites voisins présentant des spécificités ont été choisi, il s'agit de l'embouchure des estuaires de l'Orne et de la Dives dans le Calvados (Normandie, France). Le marnage sur ces sites en vive-eau moyenne est compris entre 6 et 6,7 m (Dubrulle, 1982 ; Ports Normands Associés, 2010). Les périodes d'agitation sont en grande majorité situées entre 4 et 7 secondes et les hauteurs significatives Hs sont de l'ordre de 0,5 à 1 m pour 70% des houles (GRESARC, 1996). Il en résulte d'après les classifications des côtes de Nummedal et Fischer (1978) et Hayes (1979), que ces embouchures sont de type " fortement dominée par la marée ", alors que la majorité des études ont été réalisée antérieurement sur des côtes à " énergie mixte " associant houle et marée.
L'approche utilisée dans le cadre de cette thèse repose sur une stratégie d'acquisition de données temporelles et spatiales multi-échelles. À une échelle large, l'étude s'appuie sur des données topographiques acquises par LiDAR aéroporté. Pour l'Orne, depuis 2011, des relevés aéroportés sont réalisées deux fois par an, au printemps et à l'automne. La surface couverte est de l'ordre de la dizaine de kilomètres carrés. Un scanner terrestre est également utilisé du haut du phare de Ouistreham afin de topographier la partie proximale du delta de jusant à marée basse. Les acquisitions ont lieu avant et après tempêtes et/ou des marées de vives-eaux. Le but est de décrire à une méso-échelle l'influence des principaux forçages hydrodynamiques sur la migration des barres sableuses et sur la formation de la flèche à crochons localisée sur la rive droite de l'estuaire de l'Orne.
Les conditions de marée et d'agitation au large de la zone d'étude sont fournies par deux houlographes, l'un au droit de l'embouchure de l'Orne et l'autre, fonctionnant depuis une dizaine d'années, situé 8 km plus à l'ouest.
L'étude d'un second site, celui de l'embouchure de la Dives, permet d'envisager une comparaison entre le comportement morphodynamique d'un système très anthropisé, l'Orne et un delta dépourvu d'ouvrages, celui de la Dives. De plus, dans l'embouchure de l'Orne, afin d'entretenir le chenal d'accès au port commercial et au canal menant à Caen, des opérations de dragages ont lieu trois fois par an accentuant l'empreinte des activités anthropiques sur ce système.

Mots-Clés: delta de jusant, macrotidal, dérive littorale, bypassing, barres, flèche à crochons

Recherche de minéralisations hydrothermales dans la zone économique exclusive française de Wallis et Futuna

Ewan Pelleter*[1], Yves Fouquet[1], Marie Guilcher, Sandrine Chéron[1], Audrey Boissier, Anne-Sophie Alix

[1] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Géosciences marines – Pointe du Diable, 29280 Plouzané, France

La France possède le deuxième espace maritime mondial, juste derrière les Etats-Unis. En 2015, la Zone Economique Exclusive (ZEE) française qui totalise une surface de plus de 11 millions de km^2 s'est encore étendue de 579.000km^2. Cet atout, couplé à la demande mondiale en métaux et à un intérêt récent de certains groupes miniers pour les ressources minérales marines, est à l'origine des actions menées par un consortium public-privé visant à l'identification de ressources minérales potentielles dans la ZEE française de Wallis et Futuna.

Entre 2010 et 2012, trois campagnes de cartographie et d'exploration ont été menées sur une zone de près de 250x350km située au Sud de la ZEE de Wallis et Futuna. Les images acoustiques réalisées indiquent que près de 60% de la zone explorée est constituée de produits volcaniques récents localisés le long de rides océaniques ou de domaines magmatique étendus. De nombreux champs hydrothermaux actifs ou inactifs ont été identifiés incluant des minéralisations sulfurés polymétalliques et des dépôts hydrothermaux de manganèse.

Parmi les nombreux dépôts de manganèse, certains présentent des caractéristiques inhabituelles pour des minéralisations Fe-Si-Mn d'origine hydrothermales. En effet, les teneurs en Ni, Co et Cu sont anormalement élevées (jusqu'à 4.67 wt.% Ni, 2.24 wt.% Co et 1.53 wt.% Cu) souvent supérieures aux concentrations mesurées dans les nodules polymétalliques et les encroutements Fe-Mn d'origine hydrogénée. L'étude détaillée de ces dépôts confirme l'origine hydrothermale de ces minéralisations liées à un circuit convectif probablement contrôlé par des intrusions hypovolcaniques.

Les minéralisations sulfurées consistent en des dépôts actifs et inactifs de taille variable. Les minéralisations du volcan Kulo Lasi sont récentes, actives, et principalement situées au fond de la caldera centrale. Bien que très nombreux, les dépôts sulfurés des secteurs de Fatu Kapa et Tasi Tulo sont généralement petits (10-30 m de diamètre). Quelques sites de l'ordre de la centaine de mètre de diamètre ont toutefois été découverts. Les minéralisations sont caractérisées par des concentrations en Cu, Zn Au et Ag relativement fortes comparées à des dépôts de sulfures massifs situés en contexte médio-océanique. Le nombre impressionnant de dépôts de hydrothermaux (sulfures, Mn, Fe-Si) actifs et inactifs découverts au sein des districts de Kulo Lasi, Fatu Kapa et de Tasi Tulo indique l'existence d'une vaste zone d'activité hydrothermale ($>$ 15x15km), parmi les plus étendues connues à ce jour dans les fonds océaniques. L'exploration détaillée et la recherche de sites inactifs dans ce vaste domaine de la ZEE française doit être poursuivie pour déterminer si certains sites présentent un potentiel en ressources qu'il s'agira d'évaluer en 3D par des approches géophysiques près du fond et des forages.

Mots-Clés: ressources minérales marines, sulfures massifs océaniques, manganèse, bassin arrière, arc, Wallis et Futuna

Approche combinée des méthodes de datation 40Ar/39Ar et ESR en Italie entre 700 et 400 ka : exemples des séquences archéologiques d'Isoletta, Lademagne (Latium) et Notarchirico (Basilicate)

Alison Pereira*[1,2,3,4], Sébastien Nomade[1], Jean-Jacques Bahain[3], Pierre Voinchet[3], Marta Arzarello[4], Christophe Falguères[3]

[1] Lab. de Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – CNRS : UMR8212, CEA, Univ. Paris-Saclay – Bât 12, avenue de la Terrasse, 91198 Gif-Sur-Yvette, France
[2] École française de Rome (EfR) – Piazza Farnese, 67, 00186 Roma, Italie
[3] Dpt. de Préhistoire – Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN), CNRS : UMR7194 – 1 rue René Panhard, 75013 Paris, France
[4] Sezione di scienze preistoriche e antropologiche, Dipartimento di Studi Umanistici, Università degli Studi di Ferrara (UNIFE) – C.so Ercole I d'Este, 32, 44121 Ferrara, Italie
@ : sebastien.nomade@lsce.ipsl.fr, bahain@mnhn.fr

La péninsule italienne au cours du Pléistocène moyen est caractérisée par une activité volcanique intense et régulière due à des conditions géodynamiques et tectoniques particulières qui font de cette partie de l'Europe une région d'étude exceptionnelle. La richesse géologique de ce territoire permet l'application de méthodes de datation variées, basées sur des processus physiques ou chimiques différents. Une des méthodes la plus utilisée pour cette gamme de temps est la méthode paléo-dosimétrique ESR sur quartz (Electron Spin Resonance). Cette technique est principalement utilisée afin d'obtenir l'âge de dépôt de terrasses fluviatiles qui sont, au Pléistocène moyen, la conséquence directe des variations climatiques et des mouvements tectoniques. L'Italie pendant cette gamme de temps présente un nombre important de séquences fluviatiles riches en minéraux de quartz, autorisant l'utilisation de cette technique. L'importante activité volcanique enregistrée le long de la marge tyrrhénienne et au sud de la péninsule est associée à plusieurs complexes éruptifs (Monts Sabatini, Colli Albani, Roccamonfina, Vulsini, Mont Vulture... etc). Elle a conduit, au sein de la majorité des bassins sédimentaires et terrasses fluviatiles environnants, au dépôt de cendres, laves ou dépôts volcaniques remaniés. Ces téphras riches en leucites et/ou sanidines, chimiquement caractéristiques d'un volcan ou d'une éruption particulière, font aujourd'hui partie des meilleurs marqueurs géochronologiques disponibles. Il est en effet possible de les dater par la méthode radio-isotopique 40Ar/39Ar sur monocristaux de feldspaths potassiques. Au cours de cette présentation seront confrontées pour la première fois des analyses 40Ar/39Ar et ESR sur quartz obtenues à partir de l'étude de trois séquences archéologiques différentes du Latium et de Basilicate (Isoletta, Lademagne and Notarchirico). Les résultats obtenus pour les deux méthodes sont à une incertitude près identiques et démontrent la validité et le potentiel de cette approche combinée pour préciser le contexte chronologique des occupations humaines de la péninsule italienne au cours du Pléistocène moyen.

Mots-Clés: 40Ar/39Ar, ESR sur quartz, Pléistocène moyen, Italie

Actualisation de la faune de Crustacés fossiles du Bathonien Supérieur de Ranville (Calvados, France)

Jean-Philippe Pezy*[1], Damien Gendry[2]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ – UNICAEN – UNIROUEN – CNRS : UMR 6143 – 14000 Caen, France
[2] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR 6118 –Campus de Beaulieu - CS 74205, 35042 Rennes Cedex, France

La Normandie est depuis longtemps une zone riche en fossiles étudiés par de nombreux paléontologues depuis le 19ème siècle (Eudes-Deslongchamps, 1835; Hée 1924; Morière 1864; Remy, 1955; Van Straelen, 1925). De nombreuses espèces de crustacés ont été décrites dans cette région dans le passé et, en particulier, cinq espèces de décapodes dans le Bathonien de Ranville (Calvados). Malheureusement, la plupart des types ont disparu à cause des bombardements pendant la Seconde Guerre mondiale. Les deux auteurs ont exploré les niveaux du Jurassique pendant 5 ans à la recherche de nouveaux spécimens de crustacés fossiles. Ici, nous fournissons une synthèse sur la faune de décapodes trouvée dans la "Caillasse à céphalopodes de Ranville" appartenant à la formation de la Caillasse de Basse-Ecarde (Bathonien Supérieur) (Rioult & al., 1989). Cette unité est composée de calcaires bioclastiques et biomicritiques qui fournissent une faune très riche (coraux, éponges, oursins, bivalves, dents de requin ...) et qui correspondent à des eaux peu profondes dans un bassin d'avant récif.

Les résultats préliminaires mettent en évidence une faune de crustacé diversifiée constituée de pagures - les plus fréquents - avec des chélipèdes isolés (*Orhomalus* sp., *Palaeopagurus tuberculatus* Van Straelen 1924, *P.* sp. nov., Paguridae gen. nov., sp. nov.), glypheids (*Glyphea* sp.1 et *G.* sp.2, Glypheidae indet.) et brachyoures (" *Nodoprosopon* " *langrunensis* Hée 1924 ; *Pithonoton moutieri* Hée 1924 ; Galatheidae indet.). Un carapace de brachyoures a été trouvée associée à un terrier assigné à *Thalassinoides*. Cette carapace est parallèle à l'axe longitudinal du terrier et laisse supposer un abri pour le crabe. Ce niveau est également riche en *Atractosoecia incrustans* (d'Orbigny, 1850), une espèce de bryozoaires symbiotiques des pagures et recouvrant les coquilles de gastéropodes (Buge & Fischer, 1970).

En outre, la "Surface de Lion" a donné un isopode (*Reboursia ranvillensis* Guinot et al., 2005) (Guinot et al., 2005). Enfin, *Hebertides Jurassica* GUINOT et al., 2007 a été récemment réassignée au Tertiaire et exclue du Bathonien de la carrière de Ranville suite à l'étude des bryozoaires associés au crabe (Taylor et al., 2012).

Mots-Clés: crustacé, Bathonien, décapode

Le passage d'une approche taxonomique à une approche intégrée du réseau trophique peut-elle permettre l'évaluation d'impacts environnementaux? Le cas des parcs éoliens offshores de Dieppe - Le Tréport et de Courseulles-sur-mer

Jean-Philippe Pezy*[1], Aurore Raoux[2], Nathalie Niquil[2], Jean-Claude Dauvin[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[2] Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (BOREA) – CNRS : UMR7208, UNICAEN – 14000 Caen, France

La volonté de développement des technologies d'énergies marines renouvelables (EMR) a connu ces dernières années un essor considérable. L'Etat français a planifié pour le moment la construction de Six parcs éoliens offshores sur les côtes métropolitaines. Parmi eux, deux sont localisés sur les sables grossiers du bassin oriental de la Manche : le site de Dieppe-Le Tréport et celui de Courseulles-sur-Mer. Ces EMR devront s'insérer dans des écosystèmes déjà soumis à de nombreuses perturbations d'origine naturelle et anthropique à l'origine de changement dans le fonctionnement des écosystèmes, et modifier leur résistance et leur résilience les faisant parfois basculer d'un état écologique vers un autre. La compréhension du comportement de ces systèmes complexes est essentielle afin d'anticiper des changements d'états et de mettre en place des actions de conservation dans une optique de développement durable. A ce jour, il n'existe pas d'étude globale et intégrée de ces effets sur l'écosystème. C'est pourquoi nous avons développé : (1) une stratégie d'échantillonnage permettant de collecter des données sur les différents compartiments biologiques ; et (2) une mise en œuvre d'outils de modélisation pour développer une vision intégrée du fonctionnement de l'écosystème. Les modèles de réseau trophique décrivent les interactions entre les différents compartiments biologiques et sont basés sur la quantification des flux entre l'ensemble des êtres vivants de l'écosystème. Déjà appliqués sur des systèmes marins, ils permettent de caractériser le fonctionnement des écosystèmes à travers le calcul d'indices de l'analyse des réseaux écologiques. Nous présentons ici une méthodologie pour analyser les effets potentiels de la construction des parcs éoliens tels que l'effet récif par l'utilisation du logiciel " Ecopath with Ecosim ". Cette approche écosystémique a permis de tester deux hypothèses issues de la bibliographie des EMR qui stipulent : (1) que l'effet récif, en se répercutant sur tout le réseau trophique pourrait attirer des tops prédateurs ; (2) que la colonisation des moules sur les mats des éoliennes pourrait être à l'origine d'une transition d'un assemblage benthique dominé par les producteurs primaires et les herbivores vers des assemblages détritivores. Nos résultats confirment ces deux hypothèses.

Mots-Clés: Energies Marines Renouvelables, parc éolien, modèles de réseau trophique

Transition from marine deep slope deposits to evaporitic facies of an isolated shallow water hypersaline basin: case study of the Sivas foreland basin (Turkey)

Alexandre Pichat*[1,2], Guilhem Hoareau[2], Etienne Legeay[2], Michel Lopez[3], Cédric Bonnel[2], Jean-Paul Callot[2], Jean-Claude Ringenbach[1]

[1] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau, 64018 Pau Cedex, France
[2] Lab. des Fluides Complexes et leurs Réservoirs (LFC-R) – Univ. Pau Pays de l'Adour, CNRS : UMR5150, TOTAL – BP 1155 - 64013 Pau, France
[3] Géosciences Montpellier (GM) – Univ. Montpellier 2 – France
@ : alexandre.pichat@univ-pau.fr

The Sivas Basin, located in the central part of the Anatolian Plateau in Turkey, formed after the closure of the northern Neotethys from Paleocene to Pliocene times. It developed over an ophiolitic basement obducted from the north during the Late Cretaceous. During Paleocene to Eocene time, the onset of the Tauride compression led to the development of a foreland basin affected by north-directed thrusts. The associate general deepening of the basin favored the accumulation of a thick marine turbiditic succession in the foredeep area, followed by a fast shallowing of the basin and thick evaporitic sequence deposition during the late Eocene. We present here the detailed sedimentological architecture of this flysch to evaporite transition.
In the northern part of the basin, volcanoclastic turbidites gradually evolved into prodelta deposits regularly fed by siliciclastic material during flood events. Locally (NE), thick-channelized sandstones are attributed to the progradation of delta front distributary channel deposits. The basin became increasingly sediment-starved and evolved toward azoic dolomitic and shaly facies, interlayered with organic-rich shales before the first evaporitic deposits. Evaporite facies associations characterize salina depositional environments, with alternations of (i) saccharoidal gypsum reworked by wave currents, (ii) stromatolithic gypsum, (iii) organic-rich marls and carbonates, and (iv) few gypsarenites channels. Tidalites entirely composed of saccharoidal gypsum were also observed and attributed to an evaporitic subtidal to intertidal flat environment.
In the southern part, the first evaporitic facies make part of a thick ($>$ 40 m) mass-transport deposit (MTD) capped by a turbidite sequence. It is composed of (i) turbiditic gypsarenites, (ii) gypsum debris-flow breccia, and (iii) olistolithes of gypsum, mixed with dismantled carbonate plateform blocks and ophiolite boulders. The MTD is interpreted as a record of the closure of the marine foreland basin due to the emplacement of a north-directed ophiolitic nappe. The growing of thrust-related anticlines may have prevented direct connection of uplifted areas with the marine realm, favoring evaporite precipitation in the most isolated lagoons. These evaporite deposits where then remobilized in the MTD. Subsequent deposits consist in gypsum turbidites gradually evolving to salina facies similar to the northern part.
Finally, the basal evaporite salina facies were extensively sealed by a very thick selenetic gypsum breccia interpreted as the in situ collapse and brecciation, after the dissolution of former subsequent interlayers of halite deposits. Halite and selenitic gypsum probably formed in an isolated and perennial shallow hypersaline basin fed in solute by marine seepages. This halite sequence is interpreted to have triggered mini-basin salt tectonics during the Oligo-Miocene time.

Mots-Clés: evaporite, foreland, sivas, salt tectonics, turbidite, delta

Modeling onshore-offshore wide-angle seismic data across the Alagoas-Sergipe passive margins, NW Brazil

Joao Marcelo Pinheiro*, Philippe Schnurle[1], Mikaël Evain[1], Alexandra Afilhado[2,3], Flora Gallais[1], Afonso Loureiro[3], Frauke Klingelhoefer[1], José Cupertino, Adriano Viana, Maryline Moulin[1], Daniel Aslanian[1], Team Salsa

[1] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Géosciences Marines (GM) – Technopôle Brest-Iroise, CS 10070, 29280 Plouzané Cedex, France
[2] Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL) – Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 1959-007 Lisboa, Portugal
[3] Instituto Dom Luiz (IDL) – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa Campo Grande Edifício C8, Piso 3 1749-016 Lisboa, Portugal

In 2014, a deep- and wide-angle seismic refraction survey was carried out off the Northeast coast of Brazil, precisely off the states of Bahia, Sergipe and Alagoas. This project called SALSA (Sergipe Alagoas Seismic Acquisition) was conducted by a collaboration between the Department of Marine Geosciences (IFREMER: Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER, France), the Laboratory of Oceanic Domain (IUEM: Institut Universitaire et Européen de la Mer, France), the Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (IDL, Portugal), the Universidade de Brasilia (Brazil) and PETROBRAS (Brazil). The purpose of this project is to image the lithospheric structure of the Jequitinhonha-Camamu-Jacuípe-Alagoas-Sergipe margin segment that formed following the Jurassic-Cretacic continental break-up of Pangea. Seismic shot, Multi-Channel Seismic acquisition (MCS) and Ocean Bottom Seismometers (OBS) deployments were performed by the N/O L'Atalante (IFREMER) along 12 profiles. Among them, five were extended onshore by Land Seismic Stations (LSS). P-wave velocity models were constructed based on the joint interpretation of multi-channel and wide-angle seismic data using the RAYINVR software. Here, we presented initial results obtained from profiles located in the northern part of the experiment, which comprises the Sergipe-Alagoas segment. According to the data, the sedimentary cover in the region can reaches 6 km deep. The preliminary velocity models indicate an heterogeneous crust, with 2, and sometimes 3 layers, with classical velocities ranging from 6.0 to 7.0 km/s, very well constrained by clear reflected and refracted phases from its tops and base. The necking zone show some abrupt decreases in the crust thickness, that goes from 35-40 km, in continental domain, to 5-10 km, in the oceanic domain, characterizing, which corresponds to the transitional domain. Below this zone is also observed an anomalously high velocity layer (7.6 km/s), with ~8 km width between the lower-crust and the mantle. The nature of these bodies must be the principal discussion of this work, and will need a more precise modelisation and a better comprehension of the processes that induce thinning of continental crust.

Mots-Clés: passive margins, lithosphere, Moho, wide-angle data

Dynamique de crue sur un bassin versant karstique de petite dimension. Exemple du bassin versant de la Vacquerie (Larzac, France)

Séverin Pistre*[1], Valérie Borrell-Estupina[1], Félix Raynaud[1], Sylvie Lacrotte[1], Olivier Bourrat[1], Marc Leblanc[1]

[1] Lab. Hydrosciences-Montpellier (HSM) – Univ. Montpellier – Place Eugène Bataillon 34095 Montpellier Cedex 05, France

L'estimation du rôle du karst dans la dynamique des crues, lors d'épisodes pluvieux intenses, en particulier sur les bords de la Méditerranée, représente un enjeu majeur pour les services de prévision des crues afin de préserver les biens et les personnes (Bonacci et al, 2006). Les processus et surtout les volumes mis en jeux restent difficiles à estimer en raison notamment de la variabilité spatiale des précipitations, des fortes incertitudes sur les mesures de débits et de l'hétérogénéité des écoulements (Bailly-Comte et al, 2008). Aussi, les travaux sur ce thème ont généralement privilégié une démarche intégratrice basée sur des approches systémiques ou conceptuelles (Coustau et al., 2012 ; Kong-A-Siou et al., 2013 ; Raynaud et al., 2015).
Par ses caractéristiques géologiques et géomorphologiques, le bassin versant de la Vacquerie situé sur la bordure sud du plateau du Larzac offre la possibilité d'accéder à la dynamique du rôle du karst. En effet, d'une superficie proche de 1 km^2, il est principalement composé de dolomies et de calcaires peu karstifiés sauf dans sa partie aval où se trouvent deux avens localisés sur des failles. Il est équipé d'une station météorologique et son exutoire correspond à la rue principale du village de la Vacquerie-et-St-Martin-de-Castries qui se transforme en bief où le débit peut être mesuré lors de crues. Dans le cas des épisodes pluvieux intenses de l'automne 2015 dans le Nord de l'Hérault, à l'origine d'importants désordres dans la région de Lodève, la reconstitution de la dynamique de crue sur ce petit bassin montre que les avens ont largement écrêté la crue en absorbant 2/3 du volume total précipité. Plus précisément, le karst a dans une première phase, absorbé la totalité du débit écoulé, avant qu'un seuil lié à la géométrie des avens soit atteint permettant une surverse et l'écoulement aval. Cette limite hydraulique apparaît comme un facteur de non-linéarité majeur à considérer dans l'analyse du fonctionnement des karsts lors des crues.

Références

Bailly-Comte V., Jourde H., Roesch A., Pistre S. (2008) : *Environmental Geology*. Special issue on "Groundwater in Mediterranean Countries". *54(3), 605-614*.

Bonacci O., Ljubenkov I., Roje-Bonacci T. (2006) : *Natural Hazards and Earth System Science*, 6, 195-203.Coustau M., Bouvier C., Borrell-Estupina V., Jourde H. (2012) : *Natural Hazards and Earth System Science*, 12, 4, 1119-1133.

Kong-A-Siou L., Cros K., Johannet A., Borrell-Estupina V., Pistre S. (2013) : *Journal of Hydrology*, 507, 19-32.

Raynaud F., Borrell V., Pistre S., Van Exter S., Bourgeois N., Dezetter A., Servat E. (2015) : 26th IUGG Assembly, 22 June-2 July, Prague, Czech Republic. Proc. IAHS, 369, 55-60.

Mots-Clés: karst, crue, bassin versant

Héritages morphostructural et climatique du drainage quaternaire d'un bassin versant côtier : l'exemple des marais de Vimont (Normandie, France)

Loïck Poignant*[1], Olivier Dugué[1], Bernard Delcaillau[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
@ : bernard.delcaillau@unicaen.fr

Le fonctionnement d'un bassin versant côtier est contrôlé au Quaternaire, par des facteurs structuraux climato-eustatiques et lithologiques. Les alternances de périodes glaciaires et interglaciaires du Pléistocène expliquent les phases d'incision ou d'aggradation des fleuves côtiers ou les rares dépôts estuariens préservés durant la remontée du niveau marin relatif. Il en résulte des systèmes de terrasses étagées du Pléistocène moyen et supérieur. Lors du dernier interglaciaire holocène et de la remontée du niveau marin relatif, les domaines côtiers continentaux sont ennoyés, évoluant en estuaires progressivement colmatés par des argiles, silts et tourbes. De nombreuses tourbières et marais se forment.
Dans l'exemple du bassin versant côtier de la mer de la Manche, les marais de Vimont, situés dans la basse vallée de la Dives (+ 3 à + 5 m NGF) enregistrent le passage de cette sédimentation fluviatile pléistocène au colmatage estuarien holocène. Drainés depuis le XVIIe siècle et régulièrement ennoyés en période hivernale, par la remontée de la nappe aquifère bathonienne, les marais de Vimont sont séparés des marais de la Dives par la cuesta callovienne et situés en amont d'une cluse où se rejoignent le Cagny, le Sémillon et la Muance.
Les marais de Vimont se développent après la formation des terrasses fluviatiles pléistocènes. Dans son cours aval, l'ancien drainage pléistocène de la Dives situé plus à l'Ouest de son cours actuel, s'écoulait au-dessus de l'actuelle cuesta callovienne du pays d'Auge. Les affluents de la rive gauche de la Dives (Laizon et Muance) ont érodé la base de cette cuesta, avant de s'écouler vers le Nord-Est, en direction de la Dives. La révision des forages hydrogéologiques foncés dans ce secteur a permis de préciser les relations géométriques, sédimentaires et structurales entre les marais, les affluents de la Dives et le substratum calcaire bathonien. Les marais de Vimont se développent sur une morphologie préférentielle au toit des calcaires bathoniens, dans une dépression d'origine structurale et alimentés par l'écoulement des affluents de la rive gauche de la Dives. Ce piège est ensuite comblé par une série argileuse et tourbeuse holocène, après le remplissage partiel des marais de la Dives situés à l'embouchure.

Mots-Clés: Pléistocène, Holocène, marais, bassin, versant, fluviatile, Normandie

Influence des fluctuations basse-fréquence de l'Oscillation Nord Atlantique sur la sédimentation littorale induite par les vagues depuis 1850 cal. BP

Clément Poirier*[1], Bernadette Tessier[1], Eric Chaumillon[2]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[2] LIttoral ENvironnement et Sociétés (LIENSs) – CNRS : UMR7266, Univ. La Rochelle – 2, rue Olympe de Gouges, 17 000 La Rochelle, France
@ : clement.poirier@unicaen.fr

Le long des littoraux européens, beaucoup de cordons dunaires éoliens (Clarke & Rendell, 2009) se sont formés en réponse à l'augmentation de l'intensité des tempêtes au cours des phases NAO – du Petit Age Glaciaire (Trouet et al., 2012). A plus longue échelle, ce changement coïncide avec le dernier événement de Bond (cycle 0 ; Bond et al., 2001), mécanisme qui serait impliqué au cours de l'Holocène terminal dans la modulation de la tempétuosité dans l'Atlantique Nord (Sorrel et al., 2012). L'objectif de cette communication est de vérifier cette hypothèse sur la base d'une compilation de datations 14C obtenues sur des corps sédimentaires côtiers construits au cours de l'Holocène tardif et relatifs à une haute énergie de dépôt (dominés vagues). Les datations 14C réalisées dans des dépôts sableux des Pertuis Charentais (ouest de la France) ont été compilées à partir de la littérature (articles, thèses), et complétées par 6 nouvelles mesures réalisées sur la pointe d'Arçay (46° 15' N, 01° 30' W). Après calibration (courbe Marine13, $\Delta R = -28 \pm 23$), les 28 datations ont été exploitées à l'aide de l'algorithme BchronDensity (Haslett & Parnell, 2008) pour affiner les incertitudes chronologiques. Dix phases successives de construction sédimentaire par les vagues ont ainsi pu être identifiées : vers 2650 et 2400 cal. BP, puis vers 1850, 1400, 1250, 950, 800, 720, 600, et 420 cal. BP. Ces âges ne correspondent pas aux périodes d'accroissement de la tempétuosité préalablement identifiées en Europe du Nord et en Méditerranée (Sorrel et al., 2012 ; Sabatier et al., 2012). En revanche, depuis 1850 cal. BP huit phases coïncident avec des conditions NAO positives, qui sont associées sur la période 1989–2009 à une augmentation de la taille des vagues dans l'Atlantique Nord (Martinez-Asensio et al., 2016) et localement du transport sédimentaire à la côte (Poirier et al., soumis). Les résultats suggèrent qu'au cours des deux derniers millénaires environ, les fluctuations pluri-décennales à séculaires de l'indice NAO contrôlent les phases de morphogénèse côtière, et permettent de discriminer la construction de barrières sédimentaires formées par les vagues (NAO +) de celles formées par le vent (NAO –), comme cela a déjà été proposé (Costas et al., 2012).

Bond et al., 2001, Science 294 (5549), 2130–2136
Clarke & Rendell, 2009, Quat. Int. 195, 31–41
Costas et al., 2012, Quat. Sci. Rev. 42, 15–28
Haslett & Parnell, 2008, Appl. Statist. 57 (4), 399–418
Martinez-Asensio et al., 2016, Int. J. Climatol. 36, 1210–1225
Poirier et al., soumis à Geomorphology
Sabatier et al., 2012, Quat. Res. 77, 1–11
Sorrel et al., 2012, Nat. Geosc. 5, 892–896
Trouet et al., 2012, Global Plan. Change 84-85, 48–55

Mots-Clés: Europe de l'Ouest, France, houle, sable, géochronologie, calibration, Bchron, circulation atmosphérique, tempête

Sédimentation littorale à l'échelle des derniers siècles : peut-on valoriser des données bathymétriques antérieures aux levés de Beautemps-Beaupré du début du 19ème siècle ?

Clément Poirier*[1], Bernadette Tessier[1], Eric Chaumillon[2]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[2] LIttoral ENvironnement et Sociétés (LIENSs) – CNRS : UMR7266, Univ. La Rochelle – 2, rue Olympe de Gouges, 17 000 La Rochelle, France
@ : clement.poirier@unicaen.fr

La géochronologie permet de quantifier l'évolution spatio-temporelle de la sédimentation en milieu littoral. Elle fournit généralement des résultats concernant les dernières décennies (137Cs, 210Pb, 241Am) ou les derniers millénaires (14C, OSL). En complément, l'analyse séquentielle de données bathymétriques permet de considérer l'échelle de temps intermédiaire des derniers siècles, souvent moins explorée. Les bathymétries anciennes ont été utilisées, par exemple, dans l'étude du comblement estuarien (Chaumillon et al., 2002 et travaux postérieurs), de la migration de barres tidales (Billy et al., 2012), ou encore de l'effet d'activités anthropiques telles que le dragage (Molinaroli et al., 2009). Les plus anciens levés bathymétriques remontent généralement à l'avènement de l'hydrographie au 19e s. (Chaumillon et al., 2002 ; Cooper & Navas 2004 ; Jaffe et al., 2007). L'objectif de cette communication est de présenter un ensemble de données bathymétriques obtenues à la fin du 17ème siècle entre l'estuaire de la Vie (Vendée) et celui de la Gironde, et de déterminer si elles peuvent être utilisées pour compléter celles déjà disponibles dans la zone (Chaumillon et al., 2002). Les données ont été extraites de 19 plans anciens, sur lesquels sont reproduites plusieurs centaines de sondes bathymétriques établies vers 1675. Les plans ont été géo-rectifiés et les sondes digitalisées, les valeurs étant exprimées en pieds-du-roi par rapport au niveau des plus basses mers (1 pied = 0.325 m environ). Le nuage de points a été interpolé en utilisant une approche bayésienne permettant une prise en compte des erreurs globales de positionnement (Elmore et al., 2012). Le modèle numérique de terrain obtenu permet d'identifier les grands ensembles régionaux (estrans, chenaux, fosses subtidales) et d'identifier les zones de fort changement bathymétrique. Dans le pertuis Breton (entre l'Ile de Ré et la côte sud vendéenne ; 46° 15' N, 01° 30' W), le taux de sédimentation moyen est passé de 1.40 ± 1.45 cm/a (1675– 1824) à 0.34 ± 0.97 cm/a (1824–1960). Les résultats confirment ainsi une augmentation des apports en sédiments fins au cours du 18e s. de l'ordre d'un facteur 4 par rapport à l'actuel, en accord avec un modèle d'âge 14C obtenu 40 km au sud, en baie de Marennes-Oléron (Poirier et al., 2011). Malgré des incertitudes relativement importantes (erreur horizontale entre 130 et 290 m), ces sondes bathymétriques anciennes permettent de quantifier l'évolution sédimentaire des secteurs les plus dynamiques du littoral de l'ouest de la France à l'échelle des derniers siècles.

Billy et al., 2012. Geomorphology 169-170, 86–97
Chaumillon et al., 2002. C R Geosciences 334 (2), 119–126
Cooper & Navas, 2004. Geology 32 (6), 513–516
Elmore et al., 2012. Geochem Geophy Geosy 13 (9), Q09011
Jaffe et al., 2007. Est Coast Shelf Sci 73, 175–187
Molinaroli et al., 2009. Mar Geol 258, 115–125
Poirier et al., 2011. Mar Geol 290, 51–62

Mots-Clés: Pertuis Charentais, golfe de Gascogne, hydrographie, carte ancienne, dynamique sédimentaire

RCSM spectroscopy as a tool for skarn exploration: the case of the Salau tungsten deposit (Pyrenees, Southern France)

Thomas Poitrenaud*[1,2], Romain Augier[1], Eric Marcoux[1], Michel Bonnemaison[2]

[1] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR7327, INSU, BRGM – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie 45071 Orléans Cedex 2, France
[2] E-Mines – R&D – 10, allée de l'école 09600 DUN, France

Apart from the mineral resource deposits related to sedimentary basins or residual rocks, a very large part of deposits is associated with magmatic or hydrothermal activity. Thus, the precise description of the geometry of a field (fossil) of temperature can lead to constrain the position and geometry of hidden intrusive body. Allowing to obtain peak-temperature ever recorded by the rocks, the RSCM method were used to put high-resolution thermal constrains on the Salau-Aurenere W/Au mining district. These deposits are located in the central part of the axial zone of the Pyrenees. The Salau area was the most important tungsten deposit exploited in France, with a production of 13,950 t WO3 between 1970 and 1986. Other important W/Au outcrops are known all the way to the West until the skarn occurence of Aurenere (Spain). Mineralizations show a common paragenenetic evolution. The first phase is a calc-silicates skarn related with granodioritic intrusions while the second one is related to faulting and consist of massive sulphides, scheelite in large crystals and gold. Mining potential of the French part of the district is currently reevaluated; most of the effort consists in the evaluation of target areas within the metamorphic aureole that encompaces all mineralizations. About 120 samples were selected within the study area and along a regional North-South cross-section in order to identity and possibly to rule out effects of regional metamorphism. This cross-section evidenced a 350-400°C "background" for the whole Paleozoic unit consistent with quartz - muscovite - chlorite - albite greenschist assemblages. On the study area, results obtained on 80 samples evidenced an East-West elongated thermal anomaly within the metasedimentary series between Salau and Aurenere ,reaching locally up to 630°C. While, these anomalies overlap quite well the metamoprhic isogrades mapped in metapelitic alternances, they also highlights new areas that, this time matching well microgravimetry data. Interestingly, these anomalies envelope quite well new skarn occurences described during the field survey. This study demonstrates the pertinence the RSCM thermometry as a tool for skarn exploration. Inversion of the temperature data within the metamorphic aureole thus yield precise target area for exploration drilling. Besides, these data will be used to constrain a 3D map of the shape of the underlying intrusion roof.

Mots-Clés: RCSM, tungstène, Salau, skarn, granodiorite, scheelite, or, COMSOL

Fundamental reassessment of the taxonomy of five Normapolles pollen genera

France Polette*[1], David Batten[2]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] The University of Manchester – Oxford Rd, Manchester M13 9PL, Royaume-Uni
@ : fe.polette@gmail.com

Diagnoses of the Normapolles pollen genera *Hungaropollis*, *Krutzschipollis*, *Longanulipollis*, *Oculopollis* and *Trudopollis* and 56 of their species are emended and many specimens illustrated in order to provide a basis for more successful and consistent identification than has been possible hitherto. These taxa were recovered from palynological preparations of selected samples from Late Cretaceous deposits in Europe, southern Sweden and eastern USA. As indicated on an accompanying range chart the majority are encountered in Santonian and/or Campanian deposits. Eleven of the species described have been transferred from other genera and are therefore in new combinations, namely: *Hungaropollis granulatus* (Kedves et Herngreen), *Longanulipollis coronatiformis* (Góczán et Siegl-Farkas), *L. orbicularis* (Góczán), *L. ornatus* (Kedves et Diniz), *L. parvoculus* (Góczán), *L. skarbyae* (Kedves et Diniz), *Oculopollis artifex* (Weyland et Krieger), *O. rector* (Pflug), *O. triceps* (Skarby), *Trudopollis cuneolis* (Góczán et Siegl-Farkas), and *T. spinulosus* (Skarby). Six are new: *Hungaropollis pinguis*, *Krutzschipollis cucullus*, *K. immanis*, *Longanulipollis amabilis*, *L. lobus* and *Oculopollis viriosus*. Thirteen genera are regarded as synonyms of *Hungaropollis* (*Aveiropollenites* and *Romeinipollenites*), *Longanulipollis* (*Coronatipollis*, *Intercalaripollis*, *Portaepollenites* and *Verruoculopollis*), *Oculopollis* (*Druggipollenites*, *Pseudoculopollis* and *Semioculopollis*) and *Trudopollis* (*Cuneipollis*, *Felderipollenites*, *Hofkeripollenites* and *Kriegeripollenites*) respectively. As a result of some of these nomenclatural changes 14 other species are in new generic combinations but are not otherwise considered. Seven morphotypes are identified in open nomenclature and four placed in comparison.

Mots-Clés: Normapolles Province, Late Cretaceous, Paleogene, Europe, Scandinavia, USA

Reconstitutions temporelles des pollutions historiques: approche multi traceur sur des carbonates secondaires en milieu urbain

Edwige Pons-Branchu*[1], Matthieu Roy-Barman[1], Philippe Branchu[2], Emmanuel Dumont[2], Gaëlle Pétillon[2], François Thil[1], Gilles Bultez[3], Daniella Malnar[3], Sophie Ayrault[1], Liliane Jean-Soro[4]

[1] Lab. des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – Univ. Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ), CEA, CNRS : UMR8212 – Bât 12, avenue de la Terrasse, 91198 Gif-sur-Yvette Cedex, France
[2] CEREMA – 12 Rue Teisserenc de Bort, 78197 Trappes-en-Yvelines Cedex, France / Rue de l'Egalité Prolongée - BP 134, 93352 Le Bourget Cedex 319, France
[3] Chateau de Versailles: Etablissement Public du château, du musée et du domaine national de Versailles – Etablissement Public du chateau de Versailles – RP 834 - 78008 Versailles Cedex, France
[4] Dpt. Géotechnique, Environnement, Risques naturels et Sciences de la terre (IFSTTAR - Nantes), Route de Bouaye CS4, 44344 Bouguenais, France
@ : edwige.pons-branchu@lsce.ipsl.fr

Une des questions majeures en milieu fortement anthropisé est celle de l'impact des aménagements urbains (passés, actuels et futurs) sur le cycle de l'eau. Ces aménagements incluent l'aménagement de certains quartier, des modifications topographiques (remblais ou arasements), la mise en place des réseaux d'assainissement mais aussi dans de nombreux cas une forte augmentation de l'imperméabilisation des sols.
Pour tenter d'apporter des informations sur l'impact de ces aménagements sur le cycle de l'eau, nous avons développé l'étude d'un nouveau proxy environnemental en milieu urbain : l'analyse des dépôts de CaCO3 secondaire dans des galeries artificielles.
En effet, en milieu urbain ou fortement anthropisé les infiltrations d'eau depuis la surface, drainées (artificiellement) en milieu géologique calcaire entrainent la précipitation de CaCO3 secondaire (concrétions calcaires: les spéléothèmes) dans des réseaux souterrains.
L'étude couplée de ces carbonates, témoins des infiltrations passées, avec celle des eaux actuelles permet de retracer l'évolution temporelle de la qualité des eaux qui a permis leur dépôt.
Nous nous focalisons dans cette étude sur une approche multi-traceur, en couplant l'étude des éléments en traces avec celle de rapports isotopique (isotopies du strontium, du plomb et du soufre) mesurés le long de l'axe de croissance des concrétions étudiées.
Trois cas d'étude en contexte différent sont présentés : l'aqueduc historique de Médicis (Sud de Paris), le réseau des sources du Nord (Belleville) et les galeries souterraines du réseau d'adduction d'eau du château de Versailles. Les plus anciennes concrétions étudiées couvrent 300 ans d'enregistrement.

Mots-Clés: environnement, speleothèmes, datation, pollution

Le système sédimentaire Zambèze, enregistrement des mouvements verticaux de la marge mozambicaine du Crétacé à l'Actuel

Jean-Pierre Ponte*, Cécile Robin[1], François Guillocheau[1], Massimo Dall'asta[2], Laurence Droz[3], Marina Rabineau[3], Maryline Moulin[4]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu, CS 74205, 35042 Rennes Cedex, France
[2] TOTAL R&D – Av. Larribau - 6400 Pau, France
[3] Lab. Domaines Oceaniques (LDO) – CNRS : UMR6538 – Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) – 1 Place N. Copernic, 29280, Plouzané, France
[4] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – BP70, Centre de Brest, 29280 Plouzané, France
@ : jean-pierre.ponte@univ-rennes1.fr

La marge Mozambicaine située dans le canal du Mozambique est une marge oblique à transformante abritant un gigantesque système turbidique (1800 km – 400 km) (Droz et Mougenot.,1987) associé à un bassin versant actuel de $1.4*10^6$ km^2 (Walford et al.,2005), mais dont l'extension et la drainance ont varié suite à différentes captures (Thomas et Shaw.,1988). L'objectif de cette étude s'inscrit dans une démarche " source to sink ", et consiste à établir un modèle d'évolution de la marge Mozambicaine depuis le Crétacé inférieur. L'utilisation d'un jeu de données combinant sismique réflexion acquise au cours du projet PAMELA Passive Margin Exploration LAboratories, et des données de puits pétroliers (TOTAL) et scientifiques (DSDP 248 et 250) nous a permis de 1) réaliser un nouveau modèle d'âge haute résolution couplant une étude des cycles orbitaux d'excentricité (Laskar et al., 2011) et une étude biostratigraphique (nanofossiles et foraminifères planctoniques), 2) cartographier les dépôts sédimentaires caractéristiques des grandes phases de croissance du système Zambèze, 3) distinguer les grandes périodes d'apports et d'exports sédimentaires, 4) identifier les déformations grandes longueurs d'ondes enregistrées par le système sédimentaire Zambèze. Plusieurs résultats seront exposés :

- Un nouveau modèle d'âge de la marge depuis la base Crétacé jusqu'à l'actuel.
- La mise en évidence de courants profonds depuis le Crétacé supérieur indiqués par la présence de dépôts contouritiques subdivisant le bassin du Mozambique durant une partie du Tertiaire.
- L'enregistrement sédimentaire des déformations grandes longueurs d'ondes (dôme kenyan, plateau Sud-africain...) traduits par l'augmentation des apports sédimentaires et la réorganisation des systèmes de drainage.
- La variation des exports sédimentaires, avec des sédiments crétacés-oligocènes localisés en amont du système et des sédiments miocènes à pliocènes atteignant la fin possible des lobes turbiditiques.

Cette étude pour le moment axée sur les données de sismique réflexion et de forage sera ensuite à mettre en relation avec une étude géomorphologique à terre.
Cette thèse est cofinancée par TOTAL et Ifremer dans le cadre du projet scientifique PAMELA (Passive Margin Exploration Laboratories).
L. Droz, D. Mougenot, AAPG Bull. 71 (1987), 1355–1365.
D.S.G. Thomas, P.A. Shaw, J. Afr. Earth Sci. 7 (1988) 611 – 618.
Laskar, J., Fienga, A., Gastineau, M., Manche, H., Astron. Astrophys. 89 (2011), 1–15. doi:10.1051/0004-6361/201116836
Walford, H.L., White, N.J., Sydow, J.C,. Earth and Planetary Science Letters (2005), 238(1-2): 49-63.

Mots-Clés: source-to-sink, bassin, delta, Zambeze

Reliability of very low-grade metamorphic methods to decipher basin evolution: case study from the Markstein basin (Southern Vosges, NE France)

Sébastien Potel*[1], Tatiana Maison[1], Ghislain Trullenque[1], Michael Patrick Doublier[2], Rafael Ferreiro Mählmann[3], Marine Maillet[4], Anta-Clarisse Sarr[5]

[1] Bassins Réservoirs Ressources (B2R) – Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – 19 rue Pierre Waguet - BP30313 - 60026 Beauvais Cedex, France
[2] Resources Division | Geoscience Australia – Cnr Jerrabomberra Avenue and Hindmarsh Drive, Symonston ACT 2601, Canberra,Australie
[3] Institut für Angewandte Geowissenschaften, Low Temperature and Technical Petrology – Schnittspahnstraße 9, 64287 Darmstadt, Allemagne
[4] Dpt. des Sciences de la Terre Genève – 13 rue des Maraîchers Genève, Suisse
[5] Institut des sciences de la Terre (ISTerre) – CNRS : UMR5275, IFSTTAR, Univ. Savoie, Univ. Joseph Fourier - Grenoble I, INSU, OSUG, IRD : UR219, PRES Univ. Grenoble – BP 53 38041 Grenoble Cedex 9, France
@ : sebastien.potel@lasalle-beauvais.fr

Low- and very low-grade metamorphic studies investigating the alteration and reaction progress of clay minerals are powerful tools to decipher the thermal evolution of sedimentary and inverted meta-sedimentary basins. Sheet silicates such as illite and chlorite are very common in sedimentary basin sequences. They can be used to determine the grade of diagenesis and low-temperature metamorphism as measured through the XRD: illite Kübler-Index (KI; illite "crystallinity" in older literature) and the chlorite Árkai-Index (ÁI; chlorite "crystallinity" in older literature), respectively. Although the ÁI method is considered to be slightly less sensitive than the KI method, a reliable correlation between both methods is often observed in metamorphic domains with a uniform heat-flow history and minor tectono-structural complexity. Complementary to these methods, the K-white mica *b* cell dimension provides a robust estimate of pressure facies reached in very low- to low-grade temperature domains. Here, we present a case-study from the Markstein basin located in the Southern Vosges. The lithostratigraphic units in the basin are characterized by deep marine flysch sequences of Upper Devonian to Upper Visean age and volcano-clastic sediments, respectively. The Markstein basin is surrounded by granitoids with intrusion ages between 340 and 326 Ma. A previous study showed orogenic deformation characterized by regional folding, and a contact metamorphism found in an outer halo of the granitoids up to 1500 m away from the contact (delineated by the occurrence of biotite and andalusite). Here we present a multi-disciplinary study combining mineral assemblages, illite and chlorite "crystallinity indices", and K-white mica *b* cell dimension. Our approach allows to (i) map in (great) detail the areal extent of both regional/burial metamorphic and contact metamorphic domains; (ii) reveal the metamorphic zonation within both domains; and (iii) better constrain regional/burial and contact metamorphic history. The contact metamorphic domain is characterized by the occurrence of biotite and/or actinolite and low K-white mica *b* cell dimensions, whereas the zone of incipient orogenic metamorphism yields KI and ÁI values of the high-grade diagenesis and anchizone with intermediate K-white *b* cell dimensions.

Mots-Clés: clay minerals, very low-grade metamorphic petrology, chlorite geothermometry, Kubler Index, basin evolution, Vosges

Le minéral apatite : Le couteau suisse du métallogéniste ?

Marc Poujol*[1], Yannick Branquet[1,2], Jean-Marc Baele[3], Romain Tartèse[4], Inoussa Kéré[3]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR7327, INSU, BRGM – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie, 45071 Orléans Cedex 2, France
[3] Univ. Mons (UMons) – 20, place du Parc, B7000 Mons, Belgique
[4] Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) – Paris, France
@ : yannick.branquet@univ-orleans.fr

L'apatite (Ca5(PO4)3(OH,F,Cl)) est un minéral accessoire ubiquiste rencontré dans de nombreux types de roches et d'environnements. Ce minéral est ainsi souvent associé directement à des minéralisations hydrothermales (e.g. dans des veines minéralisées, métasomatites) ou indirectement à des intrusions responsables de minéralisations (e.g. skarns, porphyres Cu-Mo...) alors que les minéraux " classiques " datables comme les zircons et les monazites peuvent être absents. De plus, l'apatite présente plusieurs caractéristiques clés lorsque l'on s'intéresse à la caractérisation et/ou à la datation des circulations de fluides et/ou du magmatisme responsables de la mise en place de minéralisations, à savoir :

- Ce minéral incorpore très souvent de l'uranium lors de sa cristallisation. Cela en fait donc un excellent candidat pour la datation U-Pb. De plus, ce même minéral peut faire l'objet d'une datation par l'étude des traces de fission (et/ou (U-Th)/He). Par conséquent on peut à la fois dater l'âge de cristallisation de l'apatite mais aussi l'âge de l'exhumation des roches hôtes.
- L'apatite constitue un excellent piège pour le P, F, Cl, OH, mais aussi pour les Terres Rares.
- Ce minéral peut facilement réagir en présence de saumures riches en NaCl, KCl, CaCl2 ou H2O, ou des fluides aqueux contenant du CO_2, HCl, H_2SO4 et/ou F.
- L'apatite peut contenir des inclusions fluides primaires.
- Dans de nombreux types de gisements (e.g. minéralisation à fer riche en apatite de type Kiruna, ...) la cristallisation de l'apatite est sub-contemporaine de la mise en place des minéralisations.
- Sa température de fermeture vis à vis du système U-Pb (375-550°C environ) lui confère un rôle tout particulier pour la datation d'événements hydrothermaux.

En conséquence, l'apatite constitue, apriori, un excellent proxy permettant d'obtenir, à partir de ce seul minéral, de multiples informations sur les fluides responsables de la mise en place de minéralisations (températures, compositions mais aussi âges et durées des circulations). Toutes ces informations sont essentielles pour l'obtention d'un modèle métallogénique. Nous nous proposons ainsi, au travers de plusieurs exemples, de vérifier si ce minéral peut être considéré comme le couteau suisse du métallogéniste.

Mots-Clés: apatite, métallogénie, fluides, datation, minéralisations

Bilan hydrologique et caractérisation des échanges eau de surface – eau souterraine en domaine soudanien par une approche multi-isotopique (36Cl, δ18O-δD): application aux systèmes lacustres périphériques du lac Tchad

Chloé Poulin*[1]

[1] Centre de Recherche en sciences de Gestion (CEREGE) – Aix-Marseille Univ. - AMU – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix en Provence Cedex 04, France

Le bassin transfrontalier du Lac Tchad (BLT) couvre environ 8% du continent Africain et abrite 47 millions de personnes réparties principalement dans la partie Sud du bassin. Outre le lac Tchad, le BLT comprend plusieurs systèmes lacustres périphériques d'une importance vitale pour les populations locales qui dépendent de ces réserves d'eau de surface et de sub-surface pour leurs activités domestiques et économiques (agriculture, pastoralisme, pêche).

Le fonctionnement de ces systèmes hydrologiques périphériques reste mal connu, malgré la nécessité de développer des stratégies de gestion durable de ces écosystèmes dans un contexte de changement climatique. Ceci nécessite entre autre une meilleure estimation du bilan hydrologique, une meilleure compréhension des interactions entre eaux de surface et souterraines, ainsi qu'une caractérisation plus fine des processus de recharge des aquifères, qui jouent un rôle prépondérant pendant la saison des pluies et la saison sèche.

Situé dans la partie sud du BLT, le lac Iro concentre tous les enjeux liés à ces systèmes hydrologiques. Alimenté par le Bahr Salamat en saison des pluies, il forme une grande plaine d'inondation qui laisse place à un lac d'une centaine de km^2 en saison sèche. En nous appuyant sur une approche multi isotopique, nous nous proposons ici de contraindre le bilan hydrologique et de caractériser les échanges eau de surface – eau souterraine.

Les données isotopiques acquises présentent une grande hétérogénéité au sein de l'aquifère périphérique du lac Iro, caractéristique des aquifères en zone latéritique. La recharge de cet aquifère, calculée à partir des concentrations en Cl, est de l'ordre de 15mm/an (soit environ 2% des précipitations), tandis que la transpiration, estimée via les isotopes stables, représente 80% du bilan hydrique.

L'étude du 36Cl, a permis de mettre en évidence la présence de 36Cl d'origine thermonucléaire émis dans les années 50, et ainsi de tracer une recharge récente de l'aquifère : les rapports 36Cl/Cl sont compris entre 200 et 3000.10-15 at.at-1 pour les aquifères alors que les pluies présentent un rapport 36Cl/Cl = 200. 10-15 at.at-1. En revanche la signature en 36Cl des eaux de surface (rivière et lac), est enrichie par rapport aux eaux de pluies actuelles (36Cl/Cl = 1200. 10-15 at.at-1). Cette signature particulière révèle l'existence d'une contribution significative des zones saturées et non saturées aux eaux de surface et permet de calculer un temps de résidence moyen du chlore dans ces zones.

Mots-Clés: aquifères latéritiques, isotopes stables, 36Cl, recharge, échange surface, souterrain

Vers une méta-analyse des causes d'érosion des falaises littorales à l'échelle mondiale

Mélody Prémaillon*[1], Vincent Regard[1], Thomas Dewez[2]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France

[2] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin, France

Les falaises littorales sont constamment soumises aux agressions marines et subaériennes. De ce fait elles sont en perpétuel recul vers l'intérieur des terres. La rapidité et la forme de cette érosion vont dépendre de nombreux paramètres tels que la lithologie, la fracturation, la houle, la pluviométrie, la présence d'aquifères etc. L'importance relative de ces paramètres est mal comprise, que ce soit pour la fragilisation de la falaise ou pour le déclenchement de mouvements de terrain. Afin de comprendre de manière globale les facteurs qui entrainent un recul plus ou moins rapide des côtes rocheuses, une base de données bibliographique à l'échelle mondiale a été créée. Elle recense les taux d'érosion ainsi que les principaux paramètres dont ils peuvent dépendre. Elle a été structurée selon le formalisme MERISE. Les deux buts de l'analyse de cette base de donnée sont : i. identifier les paramètres qui expliquent au premier ordre les différentes vitesses d'érosion ; ii. définir un modèle prédictif de vitesse de recul des côtes rocheuses. La base donnée recense environ 1500 taux d'érosion calculés sur les falaises de plus de 200 sites. Elle montre une forte influence de la lithologie, les roches les plus compétentes conduisant aux vitesses de recul le plus faibles. Les plus fortes vitesses observées le sont dans des dépôts de type fluviatile ou glaciaire peu consolidé pour lesquels le taux d'érosion médian est de 1m/an.

Mots-Clés: géomorphologie, côte rocheuse, érosion, base de données

Méthodologie de cartographie de l'aléa retrait-gonflement à partir des données de spectrométrie gamma

François Prognon*[1], Bruno Tourlière[1], Pierre-Alexandre Reninger[1], Guillaume Martelet[1], Frédéric Lacquement[1], Emmanuelle Plat[1], Sébastien Gourdier[1], Hélène Tissoux[1], Jacques Deparis[1], José Perrin[1]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060 Orleans Cedex 2, France
@ : f.prognon@brgm.fr

En France, le coût total des sinistres liés au phénomène de retrait-gonflement des formations argileuses (RGA) et indemnisés sur la période 1989 - 2003 dans le cadre de la procédure sur les catastrophes naturelles est évalué à plus de 5,7 milliards d'euros (soit 8,5 milliards en euros 2013) par la Caisse Centrale de Réassurance (estimation CCR de novembre 2015).
La première génération de cartes d'aléa RGA utilise principalement la nature du substratum issu de la carte géologique comme critère de spatialisation. Ces cartes présentent des limites, notamment lorsque les formations du régolithe recouvrent des surfaces importantes. Une analyse détaillée des limites d'utilisation de ces cartes a été conduite dans le cadre du projet ARGIC 2.
Les recherches conduites par le BRGM en matière de cartographie du régolithe ont permis de définir un abaque permettant de convertir les données de teneurs en Uranium, Potassium et Thorium acquises par radiospectrométrie gamma, en termes de lithologie du premier mètre de la sub-surface, si la méthode est appliquée sur des formations de bassin sédimentaire.
En parallèle à ces travaux, notre étude a mis en regard la signature radiométrique du régolithe avec la densité de sinistres déclarés, liés au phénomène RGA. Cette démarche permet de mettre en évidence, dans l'espace U-K-Th, des plages de variations correspondant soit à une sur-concentration soit à une sous-concentration de sinistres. Cela nous permet ainsi d'établir les caractéristiques radiométriques des zones potentiellement sensibles au RGA. Elles correspondent à un champ de valeurs U-K-Th limité qui matérialise le champ des argiles gonflantes. La généralisation de ces signatures sur les grilles issues des levés aérospectométriques gamma mis en œuvre par le BRGM ces dernières années sur la moitié sud du Bassin de Paris permet alors d'établir une cartographie régionale prédictive des zones à risque.
Le transfert de ces résultats vers les spectomètres gamma sol permet de migrer des applications cartographiques vers celui des diagnostics individuels.

Mots-Clés: spectrométrie gamma, retrait gonflement des argiles

Apport d'analyse de gamma-spectrométrie à l'étude d'un mouvement de terrain : Cas d'étude de Boursault (Champagne-Ardenne)

François Prognon*[1], Guillaume Martelet[1], Pierre-Alexandre Reninger[1], Pierre Pannet[1], Frédéric Lacquement[1]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060 Orleans Cedex 2, France
@ : f.prognon@brgm.fr

Les recherches récentes conduites par le BRGM (BRGM/RP – 64932-FR, Lacquement et *al.*, 2016) ont permis, en contexte de bassin sédimentaire, de définir un abaque permettant de convertir les données U/K/Th acquises par gamma-spectrométrie aéroportée en lithologie de sub-surface.
L'objectif de cette étude est : 1/ de tester la transposition de l'abaque à des données acquises avec un spectromètre de terrain et 2/ d'évaluer la plus-value d'une telle méthode pour l'étude des risques gravitaires.
En 2001, un mouvement de terrain a engendré des désordres majeurs dans la commune de Boursault (51). Ce glissement, réactivé en 2015, a détruit une partie de la route reliant Vauciennes à Boursault et plusieurs hectares de vignes.
Le modèle de formation de ce mouvement gravitaire avait été attribué à la présence, à la base de la série sédimentaire, des argiles sparnaciennes, qui jouent le rôle de couche savon et provoquent l'enracinement d'un glissement rotationnel.
Lors de la présente étude, 142 mesures ponctuelles de gamma-spectrométrie couplée à une observation géologique systématique ont été acquises. L'étude géologique montre que le sommet de la série est affecté par un profil d'altération et que les coteaux de la zone sont recouverts par des paléo-dépôts gravitaires.
Les lithologies déduites des mesures de gamma-spectrométrie sont : les argiles à silex, les sables et argiles smectitiques et les faciès carbonatés. Cet éventail de lithologie est cohérent avec les observations de terrains mais pas avec la carte géologique sur laquelle le précédent modèle de mise en place du glissement s'appuyait. La carte géologique ne fait pas ou peu état des formations du régolithe dans la zone.
Les analyses gamma mettent en évidence la composition sableuse (provenant des formations Cuisiennes localisée à mi-versant) et limoneuse (provenant des paléo dépôts gravitaires) du matériel remanié dans la partie distale du mouvement gravitaire.
L'apport de ces données permet une nouvelle interprétation de la cinétique de mise en place du glissement de 2001 qui ne serait pas lié à un glissement rotationnel mais à une expulsion de matériel provenant de la partie basale de la série sédimentaire. Le sous-cavement ainsi formé a pour conséquence l'affaissement d'une partie du coteau. Il est en effet probable que ce mouvement soit consécutif à la mise en charge du drain sableux et que la déstabilisation intervienne au moment au la pression hydrostatique dépasse la pression litho statique

Mots-Clés: gamma, spectrométrie, mouvement gravitaire, lithologie, régolithe

Passive margin clinothems revisited – The New Jersey margin example

Jean-Noël Proust*[1], Hugo Pouderoux[1], Expedition 313 Scientific Party

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
@ : jean-noel.proust@univ-rennes1.fr

Passive margin are for a long time used to reconstruct global sea-level variations at geological time scale for various reasons. They usually show a simple and undeform sedimentary record with a possibility to correlate unconformities regionally and in some cases worldwide, a gradational evolution of depositional environments from the continental to the deep marine realms including the shoreline, and a well-known subsidence history. Sequence stratigraphy proved to be a wonderful tool to decipher the passive margin sedimentary record from the earliest outcomes of seismic stratigraphy (Vail et al., 1977; Posametier et al., 1988) to the most recent standardization (Catuneanu et al., 2009), applications (Embry 2008-2009) and simplifications (Neal and Abreu, 2009). Numerous hypotheses, however, have not been fully tested yet, like for example, the nature of the sedimentary facies that compose the prograding clinoform bodies on the shelf – a classic end member of most passive margin sedimentary record (e.g. Mitchum et al. 1977; Berg 1982; Alexander et al. 1991; Pirmez et al. 1998 ; Hubbard et al., 2010, Helland-Hansen et al., 2012) – the timing and phases relationship of these sedimentary facies with respect to relative sea-level changes (Reynolds et al., 1991) or the paleo water depth of sediment deposited at the toe of the clinoforms (Greenlee and Moore, 1988).
This paper sought to ground-truth the vertical succession and lateral facies associations of clinoform deposits in the relatively simple, passive margin system of the New Jersey shelf by using the data provided by the IODP-ICDP Expedition 313 (Mountain, Proust et al., 2010). The arrangement of lithofacies in clinothem deposits follows complex patterns of prograding shoreface sands and offshore silts when storm-influenced mud deposits drape the shelf. Gullies incise the top of the clinothems feeding shelf slope apron and toe of slope with turbidites and debrites. The clinothems are interpreted as the subaqueous counterpart of a subaerial delta detached for more than 60km in the offshore during transgressive and early highstand times. The subaerial delta progrades rapidly on the shelf during late highstand, forced regression and lowstand periods feeding the clinothem with sands and silts and steps back during early transgressive times leaving clinothems sealed by offshore muds.
The New Jersey example shows that the model of delta progradation and reservoir partioning in current passive margin settings should be strongly revised as well as forcing parameters as relative sea level never dropped below the clinoform rollover during lowstand times, as predicted by traditional sea level charts.

Mots-Clés: passive margin, clinothem, subaqueous delta, subaerial delta, sea level, New Jersey, Miocene

Contamination et origine du plomb des sols agricoles en contexte péri-urbain : ce que nous apporte l'isotopie

Cécile Quantin*[1], Gaël Monvoisin[1], Sophie Ayrault[2]

[1] GEOPS – CNRS : UMR8148 – Univ. Paris Saclay – Univ. Paris Sud - Paris XI – Bât. 504, 91400 Orsay, France
[2] LSCE – CEA, CNRS : UMR8212, Univ. Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ) – France

Le plomb (Pb) est un des principaux et plus anciens polluants d'origine anthropique et sa signature isotopique est un outil de choix pour évaluer la contribution relative de ses différentes sources dans les sols péri-urbains. De nombreuses études ont montré l'impact des activités urbaines et industrielles sur la contamination des sols (1-4) ou encore la contribution du Pb urbain dans les sédiments de rivières (5). Récemment, Le Pape et al. (6) ont montré que le Pb issu de l'essence avait disparu des flux particulaires dans le bassin versant de l'Orge, affluent de la Seine, 10 ans après le bannissement des additifs plombés. Ce bassin présente un contraste fort d'occupation des sols : forestier et agricole en amont, très urbanisé en aval (6). Cependant, l'occupation des terres de ce bassin est en forte mutation, notamment sur le plateau de Saclay, en proie à une très forte et rapide urbanisation. L'imperméabilisation des sols agricoles, associée au lessivage et l'érosion des sols peuvent alors contribuer à un apport de Pb qu'il convient d'évaluer.
Les variations verticales et latérales des concentrations de Pb et des compositions isotopiques dans les sols du plateau de Saclay ont donc été étudiées, dans quatre profils de sols soumis à différents fonctionnements hydrodynamiques: un sol agricole bien drainé (Luvisol de loess) en cœur de plateau, deux sols sous prairie (Planosols typiques sédimorphes) à hydromorphie temporaire et un Planosol sous forêt en bordure de plateau. Les analyses élémentaires ont été effectuées par absorption atomique après dissolution totale, celles de Pb par absorption atomique four graphite, et les isotopes de Pb par spectrométrie de masse à plasma à couplage inductif haute résolution (HR-ICP-MS).
Le plomb est le principal contaminant métallique d'origine anthropique dans les sols, notamment en surface où il atteint 65 mg/kg dans un Planosol sous prairie, suivi de Zn et Cu. Le chrome et le nickel, semblent majoritairement issus du fond géochimique comme montré par Le Pape et al. (7) dans l'Orge.
Dans un diagramme 206Pb/207Pb vs. 208Pb/206Pb les horizons des quatre profils s'alignent sur une même droite, indiquant que le plomb provient d'un mélange de deux sources, i.e. (1) Pb d'origine naturelle, issu soit des argiles à meulières soit du loess, et (2) Pb issu des carburants. La proportion de Pb " essence " atteint 30 % dans les horizons de surface des Planosols et seulement 15% dans le sol cultivé.
Le fonctionnement hydrodynamique des Planosols, situés en bordure de plateau, peut contribuer au transfert d'une partie du plomb " essence ", complexé par de la matière organique dissoute ou sous forme particulaire, vers les sols de la vallée et la rivière.

1) Carignan et al., 2005, ES&T, 2005 ; 2) Cloquet et al., 2006, ES&R, 2006 ; 3) Walraven et al., 2013, Appl. Geochem. ; 4) Werkenthin et al., 2014, Env. Poll. ; 5) Ayrault et al., 2014, ESPR ; 6) Le Pape et al. 2013, Chem. Geol. ; 7) Le Pape et al. 2012, J. Hydrol.

Mots-Clés: contamination des sols, plomb, isotopie

Raman spectroscopy for the mineral identification of saladoid lapidary products in Basse-Terre (Guadeloupe, French West Indies)

Alain Queffelec[1], Ludovic Bellot-Gurlet*[2], Céline Paris[2], Christian Stouvenot[3,4], Pierrick Fouéré[5,6]

[1] de la Préhistoire à l'Actuel, Cultures, Environnement, Anthropologie (PACEA) – CNRS : UMR5199, Univ. Bordeaux – Avenue des Facultés, 33405 Talence Cedex, France
[2] de la Molécule aux Nano-objets : Réactivité, Interactions et Spectroscopies (MONARIS) – Sorbonne Univ.s, Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR8233 – France
[3] Archéologie des Amériques (AA) – CNRS : UMR8096, Univ. Paris I - Panthéon-Sorbonne – 21 Allée de l'université 92023 Nanterre Cedex, France
[4] DAC Guadeloupe – Ministère de la Culture et de la Communication – France
[5] Travaux et Recherches Archéologiques sur les Cultures, les Espaces et les Sociétés (TRACES) – CNRS : UMR5608, Univ. Toulouse le Mirail - Toulouse II – Maison de la Recherche, 5 Allée Antonio Machado 31058 Toulouse Cedex 9, France
[6] Institut National de Recherches Archéologiques Préventives (INRAP) – France

Many archaeological sites have yielded mineral beads and pendants in the Lesser Antilles during the past decades. These special artifacts have been the basis of numerous hypothesis regarding cultural exchange networks due to their remote provenance and rarity. As Roobol & Lee already pointed out in 1976, precise greenstone attribution "could provide an estimate of inter-island trade or migration within the Greater Antilles". This statement also stands for Lesser Antilles and still remains actual especially since recent geological discoveries have renewed the knowledge about geographical distribution of natural occurrences of some symbolically used minerals/rocks. Exotic provenance of various stone artefacts is frequently underlined but with poor arguments as regard to their possible provenance and even to their precise mineralogical identification. Stylistic observations have also entered the discussion, pointing to different cultural/geographical provenances.
If many sites yielded mineral beads, few of them also contains pieces of low processed raw material and could be considered as lapidary workshops, and even fewer have been studied recently. The discovery of a saladoid lapidary site in Basse-Terre (Guadeloupe, French West Indies) offered the occasion to implement a program of mineral identification through Raman spectroscopy. Analyses underline the important diversity of minerals and rocks used for making these symbolic items, including different greenstones that have proven difficult to identify by naked-eye. Raman spectroscopy, by allowing non-invasive and precise mineralogical attribution for the so called "greenstones" pendants and beads, enlarges our understanding of exotic minerals use and diffusion in the Lesser Antilles, and could help to identify potential raw material sources.

Roobol, M. J., & Lee, J. W. (1976). Petrography and source of some Arawak rock artifacts from Jamaica. In *Proceedings of the Sixth International Congress for the Study of Pre-Columbian Cultures of the Lesser Antilles* (pp. 304-313)

Paléogéographie et mouvements verticaux en Manche depuis le Néogène : une évolution contrastée en Normandie

Florence Quesnel*[1], Chantal Bourdillon[2], Christian Dupuis[3], Jean-Marc Baele[3], Olivier Dugué[4]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), CNRS : UMR7327, Univ. Orléans – 45060 Orléans, France
[2] ERADATA – 170 av. F. Geneslay, 72100 Le Mans, France
[3] Ecole Polytechnique Mons – 7000 Mons, Belgique
[4] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France

L'évolution géologique et verticale de la Normandie depuis le Néogène peut être retracée grâce à l'étude des réseaux alluviaux, des altérites portées par les paléosurfaces continentales, et de rares témoins sédimentaires. Parmi eux, les faluns de Fécamp et Valmont ont fait récemment l'objet d'une révision biostratigraphique. D'autres données ont été acquises dans le bassin du Cotentin, à l'occasion du forage de Marchésieux et des levers géologiques à 1/50 000 de la feuille Sainte-Mère-Eglise (SME) depuis 2001. Enfin des forages réalisés en 2014-2015 pour un projet lié à la prévention des risques d'effondrement de falaise à Dieppe apportent des éléments nouveaux.
Plusieurs transgressions marines ont envahi la Normandie du Langhien au Gélasien. Les dépôts sont en place et portés à des altitudes variables ou remaniés dans des dépôts plus jeunes. La comparaison de l'altitude actuelle des sédiments en place avec celle qu'ils avaient lors du dépôt, déduite des chartes eustatiques et de la bathymétrie estimée par leur contenu sédimentaire et biologique, permet de reconstituer l'évolution verticale des sites, en tenant compte de la dissolution des craies, quand ils sont piégés dans des poches karstiques. Des dépôts fluviatiles existent aussi en Normandie depuis le Néogène, avec des origines locales ou lointaines (Massif central via la paléo-Loire-Seine) : ils enregistrent de profonds remaniements des réseaux hydrographiques, de l'érosion et les premiers effets du refroidissement quaternaire.
Des dépôts marins du Langhien-Serravalien sont présents dans le Cotentin, en Anjou, Bretagne et Vendée, mais absents du reste de la Normandie, probablement alors soulevée et en érosion. Ceux d'âge Tortonien-Messinien et Zancléen existent en Belgique, Angleterre, Bretagne et à Fécamp, mais sont absents du Cotentin, à son tour soulevé. Puis les dépôts tidaux et côtiers plaisanciens et gélasiens des Cotentin, Bessin, Caux-Roumois et Angleterre indiquent une connexion marine entre la Manche et la Mer du Nord. La surface qu'ils jalonnent est déformée : soulevée de 130 m dans le Hertfordshire, 100 m sur le Caux-Roumois, 70 m à Valmont, 30 à 50 m dans le Bessin, stable dans le Suffolk, affaissée de 20 m, stable ou soulevée de 20 m selon les sites de la feuille SME. Ces résultats sont en accord avec les terrasses étagées de la Seine. Il reste toutefois des datations à acquérir à Dieppe. Si l'âge gélasien est confirmé, le soulèvement est de 50 à 70 m, au droit de la terminaison du Bray.

Mots-Clés: Normandie, Néogène, Pléistocène, paléosurface continentale, déformation verticale, dépôts marins

Evolution post-obduction en Nouvelle-Calédonie : édifications et destructions répétées des paysages et du régolithe sur péridotites depuis 25-30 Ma

Florence Quesnel*[1], Nicolas Folcher[2], Caroline Ricordel-Prognon[1], Jocelyn Barbarand[3], Cécile Gautheron[3], Gilles Ruffet[4], Johan Yans[5], Catherine Lerouge[1], Lilian Alizert[6], Dominique Cluzel[2], Pierre Maurizot[6], Brice Sevin[2]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – CNRS : UMR7327, Univ. Orléans – 3, Avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 2, France
[2] Pôle Pluridisciplinaire de la Matière et de l'Environnement – Univ. Nouvelle Calédonie – BP R4, 98851 Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie, France
[3] Géosciences Paris Sud (GEOPS) – CNRS : UMR8148, Univ. Paris Sud - Paris XI – Rue du Belvedere, 91405 Orsay Cedex, France
[4] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex, France
[5] Univ. Namur - Dpt. de Géologie (UNamur) – 61 Rue de Bruxelles, 5000 Namur, Belgique
[6] DIMENC (Service Géologique de Nouvelle Calédonie) – B.P. 465, 98845 Nouméa, Nouvelle-Calédonie, France

Depuis 2007, l'évolution géologique récente de la Nouvelle Calédonie est étudiée dans le cadre des projets BRGM-DIMENC Rego-NC (appui à la cartographie du régolithe) et CNRT Nickal (typologie des latérites). Les travaux ont d'abord porté sur la caractérisation et la datation du régolithe autochtone (latérites et ferricrètes) et allochtone (dépôts fluviatiles). La datation de ce régolithe, hôte de gisements de Nickel de classe mondiale, s'est avérée un défi car les péridotites du substrat ne contiennent quasiment pas de potassium ou d'uranium. Les outils adoptés sont donc nouveaux pour la NC et multiples : paléomagnétisme sur cuirasses latéritiques et bancs ferrugineux interstratifiés dans les dépôts fluviatiles, datations (U-Th)/He sur concrétions de goethite et 40Ar/39Ar sur concrétions d'oxyde de Mn des altérites de granitoïdes recoupant l'ophiolite. Pétrographie, minéralogie et sédimentologie ont été menées en parallèle. Les mouvements verticaux du Sud de l'île ont été abordés par thermochronologie (traces de fission et (U-Th)/He sur apatite et (U-Th)/He sur zircon) et une approche paléoclimatique a été tentée par analyses δ18O et δD sur kaolinite et goethite. Les âges de cristallisation (24 et 27 Ma) et les âges FT et He (entre 18$\pm$3 et 33$\pm$4 Ma) étant similaires, les granitoïdes du Sud ont été exhumés très rapidement après leur mise en place. Les oxydes de Mn marquent deux étapes du développement du profil d'altération kaolinique sur ces granitoïdes à 20-22 et 13-14 Ma. Les âges paléomagnétiques des cuirasses latéritiques indiquent que l'altération est synchrone de l'exhumation du socle avec 25 Ma à Tiébaghi et Goro pour les plus anciennes, 20 et 15 à 10 Ma à Népoui et dans le Grand Sud. Par cette méthode, les bancs ferrugineux dans les dépôts fluviatiles du Grand Sud sont datés de 25 à 15 Ma, et la cuirasse latéritique les coiffant de 20 à 10 Ma. Ces sédiments remplissent des paléodépressions et enregistrent plusieurs crues, les premières en régime torrentiel et remaniant de la cuirasse. L'érosion très rapide du Sud est cohérente avec l'âge du Conglomérat de Pindaï (19-21 Ma) et les remaniements décelés dans les cuirasses des massifs du centre de la Grande Terre. Les concrétions affectant les latérites et la série fluviatile, datées à 0-5 Ma par paléomagnétisme et de 0,2 à 9,4 Ma par (U-Th)/He, correspondent à l'incision récente des terrains fluviatiles et altérites. Les données isotopiques confirment enfin une altération supergène en milieu tropical.

Mots-Clés: Nouvelle Calédonie, régolithe, paléomagnétisme, (U, Th)/He, 40Ar/39Ar, thermochronologie, δ18O et δD sur kaolinite et goethite

Le PETM dans le bassin de Paris : enregistrement exceptionnel, connaissances renouvelées, mais encore des questions

Florence Quesnel*[1], Jean-Marc Baele[2], Alina Iakovleva[3], Christine Fléhoc[1], Thierry Smith[4], Emile Roche[5], Chantal Bourdillon[6], Sylvain Garel[1,7], Jérémy Jacob[1], Johann Schnyder[7], Noémie Breillat[8], Jean-Yves Storme[9], Johan Yans[9], Christian Dupuis[2]

[1] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – CNRS : UMR7327, Univ. Orléans – 3, Avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans Cedex 2, France
[2] Polytech Mons, Géologie Fondamentale et Appliquée – Univ. Mons – Rue de Houdain, 9 B-7000 Mons, Belgique
[3] Académie des Sciences de Russie – Institut géologique, Pyzhevsky pereulok 7, 119017 Moscou, Russie
[4] IRSNB (Direction Terre et Histoire de la Vie) – Rue Vautier 29, B-1000 Bruxelles, Belgique
[5] Lab. PAL3 – Univ. Liège, Bâtiment B18, Allée du Six Août, 14 B-4000 Liege (Sart Tilman), Belgique
[6] ERADATA – 170, Avenue Félix Geneslay, 72100 Le Mans, France
[7] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – 4, place Jussieu, BP CC129, 75252 Paris Cedex 05, France
[8] Biogéosciences – Univ. Bourgogne – CNRS : UMR6282 – 6 Bvd Gabriel, 21000 Dijon, France
[9] Univ. Namur, FUNDP (Dpt. de Géologie) – rue Grandgagne 21 B-5000 Namur, Belgique

Le PETM est une crise hyperthermique brève (170 ka), intense (+ 5 à 8°C), liée à une libération massive de gaz à effets de serre il y a 55,8 Ma (limite P/E). Très étudié en milieu marin, moins en continental, il est marqué par une excursion isotopique négative de 2 à 5 ‰ sur les courbes du δ13C, tant sur carbonates que sur matière organique. Il coïncide avec diverses perturbations environnementales, liées à l'augmentation des évènements climatiques extrêmes ou à l'acidification des océans, certaines sont désormais admises, d'autres encore controversées. Cet analogue à la crise climatique actuelle est encore assez peu étudié aux latitudes moyennes et aucune étude régionale intégrée de ses effets dans divers milieux continentaux n'est publiée. Depuis 2008, l'enregistrement du PETM est étudié à haute résolution dans les faciès sparnaciens du bassin de Paris et ses voisins. L'étude, pluridisciplinaire, porte sur une trentaine de forages et coupes de référence et les informations géologiques suffisamment bien décrites sont incorporées, afin de réviser la lithostratigraphie, établir des corrélations bien calées dans ces terrains aux fréquents passages latéraux de faciès et hiatus, et disposer d'une trame solide pour reconstituer l'évolution des paysages, faune et flore. Nos résultats montrent un enregistrement du PETM exceptionnel dans tout le bassin de Paris, sur 15 à 25 m, indiquant un taux de sédimentation exacerbé durant l'évènement. Son initiation, enregistrée en majorité dans divers faciès fluviatiles, s'opère en 3 étapes sur la courbe isotopique. Plus rarement initié en milieu lagunaire à lacustre, il se poursuit dans les plaines alluviales, accompagné du développement de calcrètes et paléosols bariolés, puis, le niveau de base montant, dans les marécages et lacs alternant avec des lagunes. La faune se renouvelle durant le PETM, notamment chez les mammifères, et la flore évolue rapidement, quel que soit le milieu de dépôt. Ambre, silcrètes, traces d'incendie et cendres volcaniques ont été décelées sur plusieurs sites, ainsi qu'une eutrophisation des milieux aquatiques et l'acmé de genres de dinoflagellés dans les lagunes. Les questions en suspens portent sur l'activité tectonique et volcanique : insoupçonnée dans le bassin de Paris jusqu'à ces travaux, nos données la prouvent, mais son rôle sur les processus devra être discriminé par rapport à celui du réchauffement lui-même, ce qui permettra aussi de mieux cerner les rétroactions sur le système climatique.

Mots-Clés: PETM, bassin de Paris, changement climatique, paysages, faune, flore

Les marqueurs sédimentaires : un outil pour la quantification de la subsidence et des réajustements isostatiques : exemples en Méditerranée Occidentale

Marina Rabineau*[1], Estelle Leroux, Romain Pellen, Daniel Aslanian, Stéphane Molliex, Christian Gorini, Maryline Moulin, François Bache, Laurence Droz, Tadeu Dos Reis, Jean-Loup Rubino, François Guillocheau

[1] Domaines Oceaniques – CNRS : UMR6538 – IUEM – 1 Place N. Copernic, 29280, Plouzané, France

Passive margins are characterised by an important tectonic and thermal subsidence, which favours a good preservation of sedimentary sequences. This sedimentation in turn enhances the subsidence because of loading effects. We present here a direct method based on sedimentary markers seen on seismic data, to evaluate total subsidence rates from the coast to the outer shelf and to the deep basin in the Gulf of Lion, from the beginning of massive salt deposition up to present day (the last circa 6 Ma) with minimal theoretical assumptions.
The subsidence is organised in three compartments that are related to the very deep structure of the margin during the opening of the Liguro-provencal basin (Leroux et al., 2015). We also quantifed for the first time the Messinian salinity crisis isostatic rebound of the outer shelf (Rabineau et al., 2014).
These very high total subsidence rates enable high sedimentation rates along the margin with sediments provided by the Rhône river flowing from the Alps, which in turn enable the detailed record of climate evolution during the Neogene that make the Gulf of Lion a unique archive (Rabineau et al., 2015). These results have been extended in 3D (Leroux et al., 2015) but also onland during Stéphane Molliex postdoc and towards the Valencia basin were similar measurements were undertaken (Pellen et al., 2016 ; Pellen et al., in progres).

Leroux, E., Aslanian, D., Rabineau, M., M. Moulin, D. Granjeon, C. Gorini, L. Droz, Sedimentary markers: a window to deep geodynamic processes. *Terra Nova* 27, 122-129 (2015).

Pellen, R., Aslanian, D., Rabineau, M., Leroux, E., Gorini, C., Silenzario, C., Blanpied, C., Rubino, J-L., 2016. The Minorca Basin: a buffer zone between Valencia and Provençal Basins, *Terra Nova*. doi: 10.1111/ter.12215

Rabineau, M., *Leroux, E., Aslanian, D., *Bache, F., Gorini, C., Moulin, M., Molliex, S., Droz, L., Dos Reis, T., Rubino, J-L., Olivet, J-L., 2014. Quantifying Subsidence and Isostasy using paleobathymetric markers : example from the Gulf of Lion, EPSL, vol. 288, p. 353- 366. http://dx.doi.org/10.1016/j.epsl.2013.11.059

Rabineau, M., S. Cloetingh, J. Kuroda, D. Aslanian, A Droxler, C. Gorini, D. Garcia-Castellanos, A. Moscariello, Y. Hello, E. Burov, F. Sierro, F. Lirer, F. Roure, P.A. Pezard, L. Matenco, Y. Mart, A. Camerlenghi, A. Tripati and the GOLD and DREAM Working Groups, 2015. Probing connections between deep earth and surface processes in a land-locked ocean basin transformed into a giant saline basin: the Mediterranean GOLD project, *Marine and Petroleum Geology,* Volume: 66 Pages: 6-17 Part: 1.

Mots-Clés: subsidence, paleomarkers, seismic, passive margin, quantification, Mediterranean Sea, ActionsMarges

Caractérisation des comportements hydromécaniques des sols des marais côtiers

Raymond Tojo Radimy*[1], Patrick Dudoignon[2], Valérie Mesnage[1]

[1] Morphodynamique continentale et côtière (M2C) – Normandie Univ – UNIROUEN – UNICAEN – CNRS : UMR 6143 – 76000 Rouen, France
[2] HydrASA – ENSI de Poitiers – France

Les marais côtiers de la façade atlantique sont considérés comme des vastes territoires dits " zones humides ". Les sols s'y sont formés par dessiccation, consolidation et maturation des sédiments fluviomarins initiaux. La deuxième caractéristique de ces territoires est d'être formée sur des matériaux argileux extrêmement sensibles au phénomène de retrait/gonflement. Les évolutions de ces territoires sont gouvernées par les enjeux climatiques mais également par les activités anthropiques. Les deux principaux objectifs de la poldérisation et du drainage mis en place dans ces territoires (marais de l'ouest) ont été la baisse et stabilisation des niveaux d'eau mais également la désalinisation des sols, qui ont conduit à la séparation entre marais mouillées et marais desséchés. Ces phénomènes sont régis par les mécanismes de dessiccation-humectation au cours des cycles climatiques. Dans l'objectif de suivre les évolutions des profils structuraux très importantes en parallèle des évolutions de profils hydriques au cours des saisons. Dans ces conditions, les évolutions du comportement hydromécaniques de ces sols sont gouvernées par la géométrie variable du réseau poral de la matrice argileuse. Les études ont été focalisées sur des parcelles du domaine expérimental de l'INRA de St Laurent de la Prée.

Mots-Clés: Sédiments/sols argileux, cycles hydriques, hydromécanique, salinité, marais de l'ouest

La plateforme littorale de la Pointe de Penmarc'h (Sud Finistère, Bretagne) : une structure polyphasée sous l'action combinée de la tectonique cénozoïque et de l'eustatisme quaternaire

Céline Raimbault*[1], Anne Duperret[1], Bernard Le Gall[2], Robert Wyns[3], Vincent Regard[4], Christine Authemayou[2], Stéphane Molliex[2]

[1] Lab. Ondes et Milieux Complexes (LOMC) – CNRS : UMR6294, Normandie Univ., UNILEHAVRE – 53 rue de Prony 76600 Le Havre, France
[2] Domaines Océaniques (LDO) – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
[3] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 av. Claude Guillemin, 45060 Orléans, France
[4] GET – Univ. Paul Sabatier - Toulouse III – Toulouse, France
@ : celine.raimbault@univ-lehavre.fr

Les parties sous-marine et littorale de la plateforme granitique de Penmarc'h (Ouest Bretagne) ont été cartographiées, à partir de données topo-bathymétriques haute résolution. Un MNT terre-mer couvrant une surface de 580 km^2 a été réalisé à partir de LiDAR aérien et bathymétrique (projet Litto3D du SHOM, IGN et IFREMER), de données acoustiques petit-fond par sonar interférométrique (campagne CROCOLIT, Duperret, 2013), et par des enregistrements de sondeur multifaisceaux et de sismique réflexion haute-résolution (campagne THAPENFROM, Duperret, Ehrhold, 2015).
La plateforme rocheuse marine se compose (1) d'une plateforme littorale (domaine tidal), étroite (5 km) et (3) d'une plateforme rocheuse externe, de pente moyenne plus élevée, avec une couverture sédimentaire plus importante. En domaine continental, une zone faiblement pentée, de faible altitude (
Les déformations post-varisques, imagées par sismique réflexion au niveau des dépôts sédimentaires offshore, s'expriment aussi, à la fois à terre et en mer, par un système polyphasé de failles et fractures, à composante décrochante et extensive. Celles-ci sont rapportées à trois phases tectoniques par l'analyse statistique de plans striés ; phases dont l'âge Eocène, Oligocène et post-Oligocène est déduit de corrélations régionales. Il en résulte un découpage de la plateforme marine en larges blocs tiltés, basculés vers le SE.
Afin de retracer partiellement l'évolution quaternaire de la plateforme rocheuse, des mesures d'isotope cosmogénique produit *in-situ* 10Be ont été effectuées sur des échantillons de granites en milieu marin et continental. Le modèle conceptuel proposé implique des processus d'altération continentale, et d'érosion marine, polyphasés dans le temps. La morphologie littorale actuelle résulte des effets de la succession d'au moins deux purges eustatiques, intervenues depuis le Pleistocène moyen lors de deux haut-niveaux marins, et qui auraient décapé le matériel granitique préalablement altéré. Les concentrations en 10Be indiquent l'âge minimal d'exposition du substratum granitique, et donc de la formation de la plaine littorale, vers 166 $\pm$ 18 ka. La plateforme rocheuse sous-marine est quant à elle considérée comme une structure héritée présentant un âge maximum d'exposition de 30.5 $\pm$ 3.5 ka.

Duperret Anne (2013) CROCOLIT_LEG2 cruise, RV Haliotis, http://dx.doi.org/10.17600/13120030
Duperret Anne, EHRHOLD Axel (2015) THAPENFROM 2015 cruise, RV Thalia, http://dx.doi.org/10.17600/15009800

Mots-Clés: approche terre-mer, plateforme littorale, géomorphologie, datation cosmogénique, altération granitique, Bretagne

Multi-scale modeling on the influence of chemical composition of electrolytes solutions on the surface tension at the air water interface

Vivien Ramothe*[1]

[1] PHysicochimie des Electrolytes et Nanosystèmes InterfaciauX (PHENIX) – ESPCI ParisTech, CNRS : UMR 8234, Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI – BRGM – IRSN – 4 place Jussieu, 72522 Paris Cedex 5, France

Surface tension of an electrolyte solution at the interface with air and soil can play an important role on the fluids distribution in natural and artificial porous media. It is thus interesting to be able to predict its behavior as a function of the medium properties.
In this work, we will focus in particular on the effects of the nature and concentration of dissolved inorganic compounds on the surface tension of electrolyte solutions. Since the fluid distribution within the porosity is a macroscopic phenomenon whereas the surface tension originates from microscopic mechanisms, our approach is multi-scale.
At first, molecular dynamic (MD) simulations are performed with a four site polarizable water model (Dang Chang, [1]) and the polarizable ion model (PIM, [2]) in order to calculate the ionic density profiles at the vicinity of the interface for, as far as possible, a wide range of salts mixtures and salinities (NaCl, HCl, NaCl + HCl ...). Using the Kirkwood-Buff [3] and Irving Kirkwood [4] methods, we will directly calculate the surface tension of such solutions from the trajectories generated by MD simulations.
On the other hand, the macroscopic approach (dielectric continuum models) gives a faster access to the surface tension of aqueous solutions than the MD simulations. However, to be reliable, this approach must rely on sound physical bases. Using the densities profiles generated by MD simulations, we will identify the main physical mechanisms and the related energetic terms that are suitable to reproduce these profiles with the modified Poisson-Boltzmann equation, especially at the vicinity of the interface [5, 6]. Then, the use of the Gibbs absorption isotherm will allow calculating the surface tension of the aqueous solutions.
By following this procedure we should be able to calculate the surface tension of complex aqueous solutions at very high salinities (up to about 10M), including different salts mixture and poly atomic ions. Furthermore, our secondary goal is to be able to predict whether the behavior of ions at the air/water interface is competitive or not.

References

[1] Liem X. and Chang, Tsun-Mei, The Journal of Chemical Physics, 106, 8149-8159 (1997)
[2] S. Tazi, J.J.Molina, B. Rotenberg, P. Turq, R. Vuilleumier, M. Salanne, J. Chem. Phys, 136, 114507 (2012)
[3] J.G Kirkwood, F.P. Buff, The Journal of Chemical Physics, 17, 338-343 (1949)
[4] J.H Irving, J.G Kirkwood, The Journal of Chemical Physics, 18, 817-829 (1950)
[5] M . Manciu and E. Ruckenstein Langmuir , 21 (24), pp 11312–11319 (2005)
[6] P. Leroy, A. Lassin, M. Azaroual, L. Andre. Geo et Cosmo Acta, Elsevier, 74 (19), 5427-5442 (2010)

Mots-Clés: modélisation, dynamique moléculaire, Poisson Boltzmann, Gibbs

Phosphorus mobility at sediment/water interface in dam-reservoir context : influence of successive aerobic and anaerobic conditions

Anne Rapin*[1], Malgorzata Grybos[1], Marion Rabiet[1], Tim Kestens[2]

[1] Groupement de Recherche Eau, Sol, Environnement (GRESE) – Univ. Limoges ; EA4330 – 123 Avenue Albert Thomas 87060 Limoges, France
[2] EDF – DPIH – Unité de Production Centre – 10 allée de Faugeras, BP 90016, 87067 Limoges Cedex 9, France
@ : anne.rapin@unilim.fr

Phosphorus (P), an essential nutrient for primary production, is widely recognized as a major factor controlling eutrophication in surface water. Given its high affinity for solid phases, phosphorus tends to accumulate in sediments. In dam-reservoirs, where sedimentation rates are elevated, the sedimentary P-stock can be important and in the long term the internal P load could play a major role in the release of P to water bodies. Thus, the understanding of the parameters and conditions controlling the release of P at sediment/water interface is important for a better management of water body.
The mobility of P at sediment/water interface closely depends on biophysicochemical conditions (redox potential, pH, temperature). In this study, we evaluated the role of successive alternation of aerobic and anaerobic conditions on P release from sediments sampled in Champsanglard dam-reservoir (high of dam 19.4 m; 55 ha; Creuse, France) which is subject to a seasonal eutrophication problem.
The results show that the highest release of P-PO43- (3.6% of P-PO43- sediment content) was observed during non-aerated periods, where reducing conditions rapidly developed (decrease of redox potential, NO32- and SO42- concentrations, increase of FeII and Mn concentrations). All along the experiment, no variation of DOC, Al and pH were observed, suggesting that the reductive dissolution of Mn/Fe-oxyhydroxydes is the main parameter controlling the mobility of P in these sediments. However, different behaviors were observed according to the considered anaerobic periods. Indeed, in the second non-aerated period, the release of P- PO43-was 1.4 higher than during the first non-aerated period (8.73 $\pm$ 0.41 mg/L for the second period against 6.41 $\pm$ 0.42 for the first one), whereas the release of Mn, FeII, COD and HCO3- was lower. Thus, we suggest that in the second anaerobic period the decrease in FeII and Mn concentrations is attributed to a weaker microbial activity (nutrients depletion?), while the higher release of P could be due to cell lysis.
This experiment highlighted that the oscillation of aerobic and anaerobic conditions at sediment/water interface in dam-reservoirs as Champsanglard may lead to the mobilization of sedimentary P-stock to water column. It also points out that several mechanism release might be involved in systems where non-permanent anaerobic conditions in hypolimnion are observed and that complex process are involved in sedimentary P exchange.

Mots-Clés: phosphorus, sediment, redox, potentiel, dam

Observing oxygen dynamics and carbon recycling in deltaic sediments at different timescales using in situ methods: an example from the Rhone River delta

Jens Rassmann*[1], Christophe Rabouille[1], Flora Toussaint[1], Cécile Cathalot[2], Abdel Abchiche[3], Oualid Aouji[3], Gilles Buchholtz[3], Nadine Tisnérat-Laborde[1], Bruno Lansard[1]

[1] Lab. des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – Univ. Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ), CEA, CNRS : UMR8212 – Bât. 12, avenue de la Terrasse, F-91198 Gif-sur-Yvette Cedex, France
[2] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Géosciences Marines (GM) – ZI de la pointe du Diable, CS10070, 29280 Plouzané, France
[3] Division technique INSU/SDU (DTI) – INSU, CNRS : UPS855 – 1, Place Aristide Briand, 92195 Meudon Cedex, France

In situ techniques in oceanography have a potential for documenting and understanding a range of interesting timescales for major processes occuring in the marine environment. Indeed, they can not only apprehend low frequency phenomena such as those measured during cruises, but also capture higher frequency, typically hours. In estuarine and deltaic sediments, variability combines hydrological variation from the river (floods and drought) and the hydrology of the coastal seas (storms, current surge, wind induced circulation, upwelling) wich are both influencial on biogeochemistry. This hydrological variability interacts with the seasonal variation of in situ production and respiration. The combination of these processes gives rise to a range of timescales: typically hours to days for resuspension during storms to interannual variations for particulate discharge modulations. Using in situ oxygen microprofiling devices, we have collected a new dataset on organic matter recycling in the Rhone delta and shelf sediments (Northwestern Mediterranean Sea) which covers a wide range of timescales: from hours to a decade. The hourly variation is collected using a new benthic station deployed on the sediments and specially adapted to monitor short-term variations of sediment oxygen micro-profiles during flood or storms. The seasonal to decadal timescale is constituted by a set of oxygen micro-profiles measured on an array of stations in the Rhône prodelta and shelf by an *in situ* microprofiler during seasonal cruises over 10 year. The results show that Diffusive Oxygen Fluxes which are related to organic matter recycling vary at all timescales, driven mostly by deposition of river material during floods. Resuspension during storms plays a role over short time scales, and its long-term effect could raise the overall oxygen demand of the sediment by 20-30%.

Mots-Clés: sediments, deltas, biogeochemistry, oxygen, microelectrodes

Evolution du contenu détritique au cours d'un cycle orogénique

Juliette Rat*[1], Frédéric Mouthereau[1], Stéphanie Brichau[1], Matthias Bernet[2], Eduardo Garzanti[3], Projet Orogen

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées – IRD : UMR239 – Univ. Paul Sabatier - Toulouse III – CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[2] UJF – Univ. Joseph Fourier - Grenoble I – Grenoble, France
[3] Department of Earth and Environmental Sciences Università di Milano-Bicocca – Piazza della Scienza 4 - 20126 Milano, Italie
@ : juliette.rat@get.omp.eu

L'étude des assemblages sédimentaires détritiques préservés dans les bassins nous informe sur la nature des sources, la dynamique du transport, et éventuellement sur les processus tectoniques et climatiques. La méthode géochronologique U-Pb sur zircon est largement employée pour tracer des sources mais elle est peu adaptée, lorsque la signature d'âge dans les sources est peu différentiée. De plus, la capacité des âges U-Pb sur zircon à résister à plusieurs cycles orogéniques ne permet pas une étude détaillée de l'évolution des sources et du rôle relatif des processus de tri minéralogique, tectonique ou climatique au cours d'un seul cycle. Quel est le temps caractéristique de préservation du signal détritique sur le long-terme depuis l'extension jusqu'aux événements syn- et post-collision ? L'une des façons d'aborder ces questions est de tracer l'évolution spatiale et temporelle du matériel détritique syn-rift au cours d'un événement orogénique complet.

La plaque ibérique a enregistré chacune des phases du cycle Alpin, de l'extension du début du mésozoïque à la formation de chaînes de montagnes (e.g. Pyrénées). Si l'extension débute au Jurassique, une phase extensive majeure est identifiée au Crétacé Inférieur qui aboutit à la formation de bassins de rifts aujourd'hui inversés. Les épaisseurs des sédiments syn-rifts impliquent un amincissement important de la lithosphère, et celui-ci est suffisamment significatif pour laisser une signature thermique et pétrologique dans les sédiments syn-rifts. La synthèse des âges traces de fissions effectuée, indique la remise à zéro de certaines populations de zircon et d'apatite pendant le Crétacé. Ces âges ont été interprétés comme étant une des conséquences de l'amincissement de la lithosphère. Les données paléogéographiques disponibles et les observations de terrain montrent également que l'épisode d'amincissement albien est caractérisé par le dépôt de séries continentales piégés dans des bassins syn-rift et distribués sur une grande partie de la zone d'étude.

Dans cette étude nous utilisons les données thermochronologiques basses-températures disponibles dans les bassins syn-rift mésozoïques aujourd'hui exhumés, du Nord de l'Ibérie, pour effectuer une analyse thermochronologique des séries détritiques syn-rift, syn-collision et post-collision du bassin de l'Ebre. Cette étude thermochronologique est combinée à une étude pétrologique des sédiments détritiques afin d'identifier les contrôles relatifs sur la préservation du signal, tels que la nature des sources, les processus de tri hydraulique et/ou d'altération au cours du transfert sédimentaire. L'ensemble de ces observations, et résultats sera replacé dans une reconstruction géodynamique de l'Ibérie, et testé dans un modèle numérique couplant processus de surface et évolution thermique des sédiments afin de tenir compte des variations de température enregistrées par les sédiments au cours du cycle.

Cette étude s'inscrit dans le cadre du projet de recherche Orogen (INSU, Total, BRGM).

Mots-Clés: transferts sédimentaires, thermochronologie basse température, pétrologie, plaque ibérique, Bassin de l'Ebre

Impacts des surpressions de fluides sur les remobilisations argileuses: Exemples naturels, Modélisation analogique et Implications réservoirs

Edouard Ravier*[1], Régis Mourgues[1], Jean-François Buoncristiani[2], Eric Portier[3]

[1] L.P.G. – CNRS : UMR 6112 – Univ. Maine – Le Mans, France
[2] Lab. Biogéosciences – Univ. Bourgogne – CNRS : UMR 6282 – Dijon, France
[3] ENGIE, Exploration Production International, Paris, France
@ : edouard.ravier@univ-lemans.fr

Le développement de surpressions de fluides en subsurface est à l'origine de la modification des propriétés réservoirs des sédiments. A l'échelle microscopique, ces surpressions de fluide peuvent se traduire par une modification de la structure granulaire des sédiments et par la remobilisation des particules fines qu'ils contiennent. En effet, les processus de liquéfaction et fluidisation liés à l'augmentation de la pression de fluide sont associés à des phénomènes d'élutriation qui consistent en une remobilisation accrue des particules argileuses. Or, la remobilisation des argiles dans les sédiments influencent directement les valeurs et la distribution des propriétés pétrophysiques au sein des réservoirs. Ces modifications des propriétés peuvent être précoces en obstruant la porosité et en diminuant la perméabilité des sédiments mais également plus tardive lorsque le tapissage argileux des grains (i.e., coatings argileux) influence la diagenèse des grès.

Dans le but de mieux contraindre les hétérogénéités réservoirs des sédiments, il est donc primordial de définir les modalités de mise en place de ces particules fines dans le milieu granulaire, leurs liens avec le développement de surpressions de fluide, et l'impact de leur redistribution sur l'évolution des propriétés réservoirs des sédiments. Pour répondre à ces questions, nous proposons une approche mixte combinant des analyses macro- et microscopique de carottes sédimentaires et des expériences de modélisation analogique visant à recréer des structures de remobilisation sédimentaire.

L'analyse de carottes sédimentaires issues du registre sédimentaire glaciaire de l'Ordovicien terminal d'Algérie a permis de mettre en évidence de nombreuses structures de liquéfaction et de fluidisation sédimentaire liées à l'interaction entre la calotte glaciaire localisée sur le continent Gondwana et des sédiments sableux et argileux saturés en eau. Ces structures sont associées à une remobilisation significative de fines couches argileuses qui impactent notamment la distribution des coatings argileux et à termes les propriétés pétrophysiques des sédiments.

En parallèle, la mise en place de couches de billes de verre (modélisant les sables) au sein desquels s'intercalent de fins niveaux argileux dans une cellule de " Hele-Shaw " reliée à un injecteur d'eau a permis recréer en laboratoire des surpression de fluides intra-sédimentaires et donc un éventail de structures de remobilisation argileuse similaires à celles observées sur les carottes. La modélisation expérimentale de ces phénomènes de remobilisation permet de tester les conditions nécessaires à leurs mis en places (i.e., pressions, granulométrie, motif stratigraphique) et leurs impacts sur les taux d'élutriation.

Mots-Clés: surpressions de fluides, remobilisations argileuses, réservoirs, coatings

North Tregor geodynamic evolution (Armorican Massif, France) constrained by apatite (U-Th-Sm)/He and FT thermochronometers

Alice Recanati*[1], Cécile Gautheron[1], Yves Missenard[1], Jocelyn Barbarand[1]

[1] Lab. Geosciences Paris Sud (GEOPS) – CNRS : UMR 8148 – Bât 504, Rue du Belvedere, 91405 Orsay Cedex, France

The Armorican Massif (north-western France) is an ancient mountain range, which has been dismantled for several hundreds million years. Its current relief has been shaped by major erosion phases when the Massif was emerged above sea levels ([1]). The Variscan chain now has become a large peneplain. However, the quasi absence of sediments onshore makes difficult any reconstitution of the long-term erosion history or dating of planation surfaces ([2]). The present study combines apatite fission tracks and (U-Th-Sm)/He low-temperature thermochronology to constrain the cooling (erosion) and heating (burial) chronology. It aims at quantifying the associated erosion rates over hundreds million years. Thus, the evolution of reliefs due to peneplanation can be dated. For this purpose, the combined distribution of (U-Th-Sm)/He and AFT dates was determined in plutonic rocks from the Tregor (Massif Armoricain). AFT dates range from 137 to 174 Ma, with mean track length of 12.8 μm. AHe dates are older, between 80 Ma and 291 Ma. A positive AHe versus eU correlation was found, revealing that alpha recoil damages strongly control He retention in apatites. The thermal history was reconstructed from AFT dates and geological considerations. The time-temperature evolution evidences a protracted residence in the partial retention zone since the Triassic. From AHe dates, the first erosion event is inferred during the Permian. Exhumation/burial events followed, but did not exceed 100°C. From AHe dates, the last erosion event occurred ≈70 Ma ago, corresponding to the Maastrichtian uplift of the Massif Armorican. However, none of the thermochronometers were reset, implying that maximum burial temperature did not exceed 100°C. The long-term evolution of the Tregor thus includes several low depth ($<$ 4km) burial steps between erosion stages. Three sedimentation/erosion cycles occurred. Our study enabled to define the maximal burial temperature: 90°C Thus, a ≈2 km thick sedimentary pile buried the massif in the Liassic period. Erosion of the massif occurred through a succession of burial and erosion phases. Sedimentation/erosion rates decreased with time. In addition to the geological interest regarding peneplanation processes, the combination of AFT and AHe thermochronometry was useful to better understand and quantity the He trapping mechanisms in apatite. AFT dates are lower than AHe dates, which reveals that in these old rocks He retention is extremely high. As the current models failed to reproduce such high storage capacities, we used and refined a new thermochronometric model.

References:
[1] Guillocheau F., et al. Geological History of the Armorican Massif since 140 My (Cretaceous-present day. Bulletin Inf. Geol. Bass. Paris (2003).
[2] Bessin, P., et al Planation surfaces of the Armorican Massif (western France): denudation chronology of a Mesozoic land surface twice exhumed in response to relative crustal movements between Iberia and Eurasia. Geomorphology (2014).

Mots-Clés: low temperature thermochronology, Armorican Massif, peneplanation, erosion, burial

Geology and geomorphology of the Basque Coast off St Jean de Luz (France)

Vincent Regard*[1], Grégoire Maillet[2], Adrien Dublanchet[1], Philippe Razin[3]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[2] Lab. des Bio-Indicateurs Actuels et Fossiles (BIAF) – Univ. Angers – 2 boulevard Lavoisier, 49045 Angers Cedex 01, France
[3] ENSEGID – INP Bordeaux, Univ. Michel de Montaigne - Bordeaux III : EA4592 – 1 allée F. Daguin, 33607 Pessac Cedex, France
@ : vincent.regard@get.obs-mip.fr

We focus on one part of the Basque Coastline in France: Socoa (cf. https://www.dynalit.fr/falaises/socoa). The local geology is made of Cretaceous flysch, tilted by ~40 degrees towards the NW, after the Pyrenean orogenesis. In terms of geomorphology, the cliff is thought to retreat by ~10 cm/yr. The cliff face corresponds to flysch structural surfaces. At its toe the rock platform is nearly horizontal and cut through flysch beds. In order to map its offshore extent, a high-resolution bathymetry map has been acquired in June 2014. The map generates two important outcomes we address in this presentation. First, the map displays very clearly the particular relief of the flysch beds: it is thus possible to extend the onshore geological map towards offshore areas. The second outcome, the morphology of the rock platforms, needs a removal of superficial sediments. Fortunately, these sediments are rare and could be removed by small-depth seismic imaging (Chirp) recorded during the campaign.

Mots-Clés: rocky coast, bathymetry, Pyrenees, geology

Evolution quotidienne des flux de contaminants émergents dans les eaux usées en amont de la station d'épuration de La Source (Orléans, France)

Maxime Réty, Jérémy Jacob*[1], Thomas Thiebault[1], Claude Le Milbeau[1], Emilie Destandau[2], Laëtitia Fougere[2], Cédric Morio

[1] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR7327, BRGM – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie 45071 Orléans Cedex 2, France [2] Institut de Chimie Organique et Analytique (ICOA) – CNRS : UMR7311 – Univ. Orléans – Rue de Chartres - BP 6759 45067 Orleans Cedex 2, France
@ : jeremy.jacob@cnrs-orleans.fr

A l'instar de tout bassin versant naturel, la ville est le siège de flux de matières importants. La singularité du milieu urbain tient dans la nature de ces matières, résultant de manière quasi-exclusive des activités humaines. Cette singularité a conduit Norra (2007) à proposer le terme d'astysphère pour décrire les échanges de matières en milieu urbain. Cette nouvelle sphère se distingue des autres par les rapports élémentaires et isotopiques et par la nature artificielle des matières qui y transitent puis, par accumulation, constituent des formations géologiques inédites. Les moteurs socio-culturels et environnementaux agissant sur la dynamique temporelle des matières en milieu urbain sont méconnus. Il est pourtant essentiel de mieux déterminer les facteurs pouvant affecter la production et le transfert des matières afin de mieux anticiper les flux et ainsi adapter les traitements.
Nous avons mesuré les flux quotidiens (pendant 91 jours consécutifs) de cinquante contaminants émergents (médicaments, drogues, cosmétiques...) en amont de la station d'épuration de La Source, à Orléans, un ouvrage qui traite les eaux usées d'un réseau séparatif drainant un bassin versant de 90000 équivalents-habitant, et constitue l'interface avec la Loire. Les échantillons composites (sur 24 h) d'eaux usées ont été collectés grâce à un préleveur automatique asservi au débit. Les contaminants cible ont été concentrés par extraction sur phase solide. Leur identification et quantification est réalisée par chromatographies en phase gazeuse et en phase liquide couplées à la spectrométrie de masse. Nous disposons par ailleurs des données physico-chimiques d'exploitation (débits, pH, MES...).
Le corpus de données compilées à haute résolution temporelle permet de distinguer ce qui relève d'un fond géochimique local et ce qui relève d'évènements. Par exemple, alors qu'aucune variation significative n'est notée pour les médicaments (paracétamol, aspirine...), un schéma hebdomadaire se dessine pour les drogues et leurs métabolites principaux, avec des concentrations doublées en fin de semaine. L'évolution des conditions physico-chimiques ne semble pas influencer la partition entre les molécules sources et leur produits de dégradation, partition sans doute déjà établie avant leur excrétion. La présence de certaines molécules à prescription contrôlée semble indiquer une contribution par des effluents hospitaliers.
Confronté à des données externes (épidémiologiques et sociologiques, météorologiques), ce schéma devrait permettre de mesurer les temps de latence dans la transmission du signal depuis la source jusqu'au point de mesure, et de rechercher des relations quantitatives entre flux et production.

Mots-Clés: géochimie, contaminants émergents, milieu urbain, astysphère, évolution temporelle

Apport de la gravimétrie à l'étude de la structure géologique du bassin d'avant-pays de Guercif (Maroc oriental)

Ibtissam Rezouki*[1], Ali Essahlaoui[1], Mustapha Boujamaoui[2], Ahmed Manar[3], Mohamed Rouai[1]

[1] Faculté des Sciences, Dpt. de Géologie – BP. 11201, Av. Zitoune, Meknes,, Maroc
[2] Faculté des Sciences et Techniques, Errachidia – Maroc
[3] Ministere d'Energie et des Mines, Rabat – Maroc

Le bassin de Guercif constitue le prolongement est de l'avant-pays rifain (Maroc oriental). L'intérêt de ce travail, réside essentiellement dans la position de ce bassin, à un nœud structural, puisque s'y côtoient quatre domaines: le domaine rifain, l'avant-pays atlasique, le Moyen Atlas plissé et les Hauts Plateaux. De plus, il est soustrait à l'observation surtout dans sa partie occidentale, conséquence de la couverture quaternaire dominante qui rend la géologie de ce domaine relativement mal perçue, et encore plus en subsurface.
Ainsi, cette étude vise à améliorer la connaissance de la structure géologique du bassin d'avant-pays de Guercif, en se basant sur l'analyse et l'interprétation des données gravimétriques disponibles.
Ainsi, les anomalies positives sont attribuées aux formations jurassiques et/ou paléozoïques affleurant sur les bordures du bassin. L'intégration de la géologie de surface, dans l'interprétation de certaines anomalies négatives, a permis d'identifier des zones de venues diapiriques, salifères en général, et des bombements triasiques sous la couverture plio-quaternaire.
La carte du gradient horizontal a mis en évidence des linéaments gravimétriques majeurs de direction NE-SW, E-W et NW-SE. L'agencement de certains linéaments qu'on peut modéliser comme des failles, met en évidence des structures effondrées où se sont accumulées d'épaisses séries d'âge miocène et plio-quaternaire, et la décomposition de la plaine de Jel en sous-bassins.
Les solutions d'Euler expriment des linéaments qui coïncident parfaitement avec ceux identifiés sur la carte du gradient horizontal. L'interprétation de ces linéaments gravimétriques a mis en évidence de nouvelles failles non signalées sur la carte néotectonique du Maroc.
Enfin, l'analyse des cartes gravimétriques transformées, permet de conclure que le bassin de Guercif est subdivisé en deux domaines. Le premier occidental caractérisé par des structures géologiques (synclinales et anticlinales) de direction atlasique. Le second oriental caractérisé, en général, par une succession de zones affaissées et surélevées (grabens et horsts) de direction E-W et des linéaments orientées globalement E-W et NW-SE limitant ces structures (structuration hercynienne). Ces deux domaines sont séparés par un grand linéament qui présente la continuité de l'accident sud moyenne atlasique.

Mots-Clés: bassin de Guercif, bassin d'avant-pays, gravimétrie, Maroc oriental

Projet Demo-CO_2 : impact d'une fuite de CO_2 en contexte proche surface. Approche expérimentale en contexte de puits

Kevins Rhino*[1], Corinne Loisy[1], Bruno Garcia[2], Adrian Cerepi[1], Olivier Le Roux[1], Virgile Rouchon[2], Sonia Noirez[2], Clémence Le Gallo, Philippe Delaplace[2], Olivier Willequet[3], Claude Bertrand[4], Aïcha El Khamlichi

[1] Géoressources et environnement – Institut EGID – Univ. Michel de Montaigne - Bordeaux III : EA4592 – Pessac Cedex, France
[2] IFP Energies Nouvelles (IFPEN) – 92852 Rueil-Malmaison, France
[3] DIMELCO S.A. – 120 rue du Fort, 59175 Vendeville, France
[4] ALGADE – 1 Avenue du Brugeaud, 87250 Bessines sur Gartempe, France
@ : corinne.loisy@ensegid.fr

Le projet Demo-CO_2 s'inscrit dans la problématique de surveillance des sites de stockage géologiques. Des méthodes de détection des fuites de CO_2 dans les environnements proches de la surface et la zone non saturée doivent être mises en place. Dans ce but, des expériences de fuite diffuse ou brutale de CO_2 ont été réalisées à différentes profondeurs à partir d'un forage dans une zone non saturée carbonatée. Pour cette expérience, un mélange de 3 m3 de gaz contenant 90% CO_2, 5% He et 5% Kr a été injecté à 1.80 m de profondeur pour représenter une fuite diffuse. Un ensemble d'outils géochimiques a été mis en place afin de réaliser un suivi complet du panache gazeux autour du point d'injection dans le massif carbonaté. Les mesures ont montré des variations spatio-temporelles hétérogènes du panache gazeux dans cette zone non saturée. La perméabilité, la porosité et les différences de diffusivités des espèces chimiques gazeuses montrent que : l'Helium semble être un précurseur adéquate à l'arrivée en surface du CO_2 et que le Krypton est un indicateur horizontale de l'étendu de la zone touchée par la fuite de CO_2. Les temps d'arrivée des maxima de concentration des différentes espèces chimiques ont également permis de mettre en évidence la présence d'un chemin préférentiel. La comparaison entre cette injection et celle citée par Rillard et al. (2013) a montré en outre, que le déplacement par passage préférentiel est indépendant des conditions d'injection mais fortement liés à l'hétérogénéité du massif carbonaté. Néanmoins, la proportion entre gaz advecté et/ou diffusé dépend du débit d'injection. Par ailleurs, des rapports entre les espèces chimiques et la teneur en eau du massif indiqueraient qu'une partie du CO_2 pourraient être consommée, faisant de la zone non saturée une zone tampon. Afin d'améliorer la compréhension des phénomènes observés, des études en laboratoire et d'autres injections sont nécessaires pour quantifier le pouvoir tampon de la zone vadose. En conclusion, l'ensemble de ces résultats illustrent l'importance d'utiliser des gaz rares tels que le Krypton et l'Helium comme traceurs inertes des fuites de CO_2. Ces résultats apportent de nouveaux éléments pour la mise en place des méthodes de détection des fuites de gaz autour des sites de stockages.

Mots-Clés: zone vadose, suivi géochimique, atténuation du CO_2, stockage géologique du carbone, fuite de CO_2

Etude intégrée de l'évolution stratigraphique d'une rampe subtropicale miocène en Australie Occidentale (Cape Range Group, bassin de Carnarvon)

Rosine Riera*[1], Christophe Matonti[1], Julien Bourget[1], Matthieu Pellerin[2]

[1] Centre for Energy Geoscience (UWA) – 35 Stirling Highway Crawley, 6009 Perth, WA, Australie
[2] Centre scientifique et Technique Jean Feger (CSTJF) – Total – Avenue Larribau, 64018 Pau Cedex, France
@ : rosine.riera@gmail.com

Ce projet propose une étude multidisciplinaire - géologie, pétrophysique, géophysique - et multi-échelle des dépôts carbonatés oligo-miocènes du bassin de Carnarvon (NW Australie). Trois formations - Mandu, Tulki et Trealla - ont été déposées en rampe dans un contexte de marge passive à faible subsidence. La succession a été localement étudiée à partir de données sismiques *offshore* (Cathro *et al.*, 2003) et de terrain (Collins *et al.*, 2006, Condon *et al.*, 1955) mais aucune étude intégrée à l'échelle du bassin n'a été réalisée.

Ces dépôts affleurent dans l'anticlinal de Cape Range. Une campagne de terrain a permis d'étudier l'évolution des formations et leurs propriétés sédimentologiques, diagénétiques et pétrophysiques. Les données sismiques ont été calibrées par des données de puits incluant des informations lithologiques et pétrophysiques. Cela a permis la cartographie des séquences et géomorphologies de dépôt. Des analyses isotopiques du strontium ont permis de préciser l'âge des formations, d'étudier le timing de la diagenèse et de corréler les dépôts *onshore* et *offshore*.

Les résultats obtenus montrent que les dépôts Oligocène sup. à Miocène moy. (Mandu et Tulki) se sont déposés en contexte de rampe progradante. La succession observée sur le terrain commence avec le dépôt de faciès fin, *wackestone* à *packstone*, riches en large foraminifères en position de vie et en foraminifères planctoniques. La granulométrie augmente progressivement et le sédiment s'enrichi en algues rouges et petits foraminifères benthiques. De rares algues vertes et foraminifères à test porcelanés apparaissent dans les niveaux supérieurs de la succession. Dans la partir *offshore*, des systèmes chenalisés se mettent en place sur la pente continentale.

Le *Miocene climatic optimum* (Miocène moyen) entraine un changement dans la dynamique de dépôt. Le système évolue en une plateforme localement barrée. La partie interne - observée sur le terrain - est riche en milioles et coraux (Trealla Lm.). Plusieurs limites de séquences sont observées à la fois à l'affleurement - où un paléo-karsts a été cartographié- et en sismique 3D. Ils semblent corréler aux variations eustatiques globales du Miocène inférieur et moyen.

Cette étude met en évidence l'importance du transport sédimentaire et l'influence de l'émersion sur les microfaciès et la diagenèse d'une rampe carbonatée subtropicale.

Références :

Cathro, D. L., Austin, J. A. Jr and Moss, G. D., 2003. In AAPG Bulletin, V 87. p. 1547-1574.

Collins, L. B., Read, J. F., Hogarth, J. W. and Coffey, B. P., 2006. In Sedimentary Geology, V 185. p. 1-19.

Condon, M. A., Johnstone, D., Perry, W. J. and Crespin, I., 1955. Bureau of Mineral Resources Bulletin, Geology and Geophysics, Australia 21. p. 1–82.

Mots-Clés: rampe carbonatée, Cape Range Group, Miocène, étude multidisciplinaire, North West Shelf

Comportement hydrodynamique de sédiments silico-bioclastiques : influence de la composition faunistique

Alissia Rieux*[1], Farid Nechenache[1], Dominique Mouazé[1], Bernadette Tessier[1], Laurent Perez[1], Pierre Weill[1], Clément Poirier[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
@ : alissia.rieux@unicaen.fr

La côte sud de la baie du Mont-Saint-Michel est bordée par une barrière littorale composée d'un mélange hétérométrique de débris bioclastiques grossiers et de sédiments silicoclastiques. Ces derniers proviennent de la remobilisation des fonds sédimentaires de la Manche et des littoraux adjacents, tandis que les particules bioclastiques sont issues du remaniement des faunes locales de mollusques. Leur proportion varie de façon naturelle (habitats, saison/climat, niveau marin) ou en lien avec des activités anthropiques comme la conchyliculture ou l'introduction d'espèces invasives. De façon générale, la composition des bancs évolue spatialement : à l'ouest et au sud les bancs sont principalement bioclastiques alors qu'à l'est leur composition comprend une part silicoclastique grossière importante. Par ailleurs, l'abondance des taxons prépondérants varie selon la zone considérée et également dans le temps. L'essentiel des espèces qui dominent la composition bioclastique est intertidale, avec une espèce majoritaire, *Cerastorma edule* (coque). Cette fraction bioclastique des bancs est composée de coquilles entières et de débris, constituant des particules hétérométriques et de morphologies dissemblables. Le travail présenté ici, issu de mesures en laboratoire, s'inscrit dans un projet dont l'objectif est d'étudier l'influence de la composition sédimentaire sur le comportement hydrodynamique de ce type de sédiment (différences inter-spécifiques des débris coquilliers, rapport bioclastique / silicoclastique), et donc in-fine sur la dynamique de construction des barrières littorales. Deux types de mesures ont été réalisées : 1) des mesures de vitesses de chute comprenant l'analyse des formes des particules. Les résultats préliminaires de cette étude montrent une très grande disparité dans les vitesses et dans les typologies de chute des débris coquilliers de dimensions granulométriques identiques, en fonction de l'espèce à laquelle ils appartiennent. Cette variabilité est due à une combinaison de différences de densité des particules bioclastiques (en fonction des espèces, mais également de la taille des débris), et de différences dans les formes des débris coquilliers, modifiant leur coefficient de traînée. 2) Des mesures de seuils de mise en mouvement en canal à courant unidirectionnel (érodimètre). Ces mesures sont réalisées avec un profiler ADV pour différents types de sédiments (sédiments bioclastiques mono-spécifiques, sédiments mixtes de différentes proportions) permettant ainsi de déterminer l'influence de la composition sur le transport sédimentaire par charriage.

Mots-Clés: mélanges bioclastes/silicoclastes, comportement hydrodynamique, transport sédimentaire, vitesse de chute, seuil de mise en mouvement

Evidence of Bacterial and Thermogenic Sulfate Reduction in rocks (BSR/TSR), combining QEMSCAN mineralogy, ICP elemental and sulfur isotope data to identify and characterize H_2S sources in sedimentary series

Christophe Rigollet*[1], Andreas Hofmann[1], Peter Nederlof[1], Willem van Strien[1], Johannes Ravestein[1]

[1] SGS Horizon, Netherlands – Pays-Bas

Hydrogen Sulfide (H_2S) is a highly toxic and corrosive gas. Identification of H_2S sources and prediction of the H_2S distribution in the subsurface is of environmental and economical importance and poses a challenge in the exploration and production of underground resources (oil and gas, geothermal energy...). The two main processes of H_2S generation in the subsurface are Bacterial Sulfate Reduction and (BSR) and Thermogenic Sulfate Reduction (TSR). BSR is the reduction of sulfate to H_2S by bacteria active between 0 and 80°C. In TSR, sulfate is reduced chemically in temperature ranges of 100 and 140°C. In both BSR and TSR the main source of sulfates are anhydrite minerals in the sediments and initiation and H_2S generation rates depend on multiple factors such as the presence of free water, hydrocarbons and specific catalysts (Machel, 2001).
SGS has developed a methodology to identify BSR and TSR activity in the subsurface from rock cores and cuttings. Key analyses are mineralogical mapping with QEMSCAN (*), ICP elemental analysis and sulfur isotopes. In our reference cases, on core data, BSR is characterized by macrocrystals of calcite that replaced anhydrite, pyrite mineralization and sulfur isotope ratios significantly more negative than the anhydrite source. TSR results in similar by-products namely calcite and pyrite but observed around anhydrite nodules in the form of a rim and sulfur isotope ratios very similar to the original anhydrite. After identification of BSR and TSR features, the diagenetic concept is extended to the un-cored intervals from cutting analyses combining ICP elemental analysis and sulfur isotopes. This allows the quantification of H_2S sources in both the cored and un-cored section and by integration of this data in geological models predictions can be made regarding the H_2S distribution in the subsurface.
Combining some exemplary rock samples from a case study in the Middle East with high resolution QEMSCAN mineralogical maps allows us to present the best images of the sulfate reducing processes ever seen in scientific literature.
(*) Mineralogical analyses are performed with QEMSCAN, a rapid and automated SEM/EDX system (*Scanning Electron Microscopy / Energy-Dispersive X-ray spectroscopy)*. SGS uses QEMSCAN to analyze over a thousand points in a sample every second, providing statistically robust results unmatched by any other analytic technique. Once the data is captured by QEMSCAN it can then be manipulated digitally allowing advanced interpretation to be performed with ease.

Mots-Clés: H_2S, thermogenic sulfate reduction, bacterial sulfate reduction, anhydrite

Spatialisation des échanges nappe-rivière à l'échelle du bassin des Avenelles par échantillonnage, monitoring, estimation, et modélisation

Agnès Rivière*[1], Asma Berrhouma[1], Ludovic Bodet[2], Karina Cucchi[3,1], Patrick Goblet[1], Fayçal Rejiba[2], Nicolas Flipo[1]

[1] Centre de Géosciences (GEOSCIENCES) – MINES ParisTech - École nationale supérieure des mines de Paris – 35 rue Saint-Honoré 77305 Fontainebleau Cedex, France
[2] Milieux Environnementaux, Transferts et Interactions dans les hydrosystèmes et les Sols (METIS) – EPHE, CNRS : UMR7619, Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI – 4 place Jussieu, 75005 Paris, France
@ : agnes.riviere@mines-paristech.fr
[3] UC Berkeley – États-Unis

Le bassin versant des Avenelles, sous bassin de l'Orgeval (SOERE RBV), est un site pilote pour l'estimation des échanges nappe-rivière sur la base de mesurables hydrogéophysiques, et plus particulièrement du suivi de la pression et de la température à des stations de MOnitoring LOcal des échanges NAppe-RIvière (MOLONARI). Ces stations locales sont reliées au fonctionnement hydrologique du bassin versant grâce, d'une part, aux données de suivi du GIS ORACLE (doi:10.17180/OBS.ORACLE) qui capitalise des données de débit à l'exutoire du bassin depuis 1962, et, d'autre part, à la logique d'implantation des stations qui s'est attachée à les positionner à des endroits représentatifs de la lithologie de ce système aquifère multi-couche par imagerie géophysique.
Dans un premier temps, l'estimation des paramètres hydrodynamiques et thermiques est réalisée au droit de chacune des cinq stations MOLONARI par screening de l'espace de paramètres à l'aide du modèle METIS. Une vision de la variabilité le long du réseau hydrographique des différents paramètres est alors disponible, et permet de paramétrer le coefficient d'échange nappe rivière dans le cadre d'une modélisation hydrologique/hydrogéologique couplée (CaWaQS) de l'ensemble du sous-bassin des Avenelles, d'une superficie de 40 km^2, le long de 10 km de réseau hydrographique. Le modèle mis en œuvre est calibré puis validé grâce à la base de données unique du GIS ORACLE (historiquement pluie, débit, et plus récemment grâce à la contribution de la FR 3020 FIRE, de l'ONEMA, et du PIREN Seine, piézométrie).
Sur la base du modèle, il est alors possible d'établir un bilan hydrique complet, et d'estimer les échanges nappe rivière journaliers à pas de 25m le long de l'ensemble du réseau hydrographique. Ces estimations indiquent une modalité d'échanges pluri-annuels évoluant de l'amont vers l'aval d'un drainage de l'aquifère superficiel par les cours d'eau vers une recharge de l'aquifère le plus profond par le ru des Avenelles en aval du bassin. Il est également possible d'étudier des dynamiques à plus court terme, comme par exemple la propagation d'une crue, ou des étiages sévères.
La paramétrisation du modèle couplée reste perfectible. Notamment la spatialisation des propriétés de la zone hyporhéique est en court et s'appuie sur l'inversion bayésienne (modèle direct GINETTE) de données in situ de température et de pression verticalement distribuées.

Mots-Clés: échange nappe, rivière, hydrogéophysique, modélisation hydrologique/hydrogéologique, MOLONARI, METIS, GINETTE, CAWAQS

Ediacaran Paleogeography, Mantle Dynamics and True Polar Wander

Boris Robert*[1], Jean Besse[1], Marianne Greff-Lefftz[1], Olivier Blein[2], Thierry Baudin[2], Fernand Lopes[1], Saïd Meslouh[3], Mohammed Belbadaoui[4]

[1] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – Univ. la Réunion, Univ. Paris VII - Paris Diderot, INSU, CNRS : UMR7154 – 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05, France
[2] Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – France
[3] Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement – Rue Abou Marouane Essaadi BP : Rabat Instituts 6208 - Haut Agdal - Rabat, Maroc
[4] Office National des Hydrocarbures et des Mines au Maroc (ONHYM) – 5, avenue Moulay Hassan, Rabat, Maroc

The paleogeographic evolution during the Ediacaran (635-542 Ma) is dominated by the dispersion of Rodinia and the assembly of Gondwana. Paleogeographic reconstructions for this epoch are still highly debated due the low amount of reliable paleomagnetic data. The most documented but also the most problematic database comes from the continent Laurentia which displays fast large oscillations of the paleomagnetic poles from high to low latitudes between 615 and 565 Ma. Such oscillations, if interpreted as plate drift, imply extremely high plate velocities which are inconsistent with plate tectonics. Less conventional hypothesis have been proposed in the literature such as the oscillation of a magnetic field dominated by an equatorial and an axial dipole or True Polar Wander (TPW) episodes, the latter implying large tumbling of the bulk Earth with respect to its spin axis. If one of these two mechanisms occurred, the rapid and large oscillations observed for Laurentia should be recorded in any other rocks of the same age from other continents.
In this study, we tested these hypotheses by bringing new paleomagnetic data on Ediacaran and Cambrian volcanic series from another continent, the West African Craton (WAC). We identified a Hercynian remagnetization and two paleomagnetic components which could be of Ediacaran/Cambrian age. By comparing these results with those from the literature, we constructed an apparent polar wander path for the WAC where we identified a large oscillation from 615 to 565 Ma, comparable to one of those observed for Laurentia. This oscillation is also observed in other continents and is consistent with geological constraints on the relative position of these continents. Therefore, it seems that this oscillation is a global feature and implies velocities compatible with the TPW hypothesis or with the oscillation of an Earth magnetic field dominated by an equatorial and axial dipole. We tested the TPW hypothesis by integrating the paleogeographic reconstructions we propose in this study into simple mantle dynamics models. These results are compatible with such a mechanism even if we cannot exclude that perturbations of the Earth magnetic field could have occurred during the Ediacaran.

Mots-Clés: paleogeography, Ediacaran, Precambrian, true polar wander, plate tectonics

Le bâti historique en Seine-Maritime (Normandie) : un marqueur d'activité néotectonique, dans le contexte de faible activité sismique du bassin de Paris ?

Elisabeth Robert-Barzman*[1], Anne Duperret[2], Sara Vandycke[3], Julie Perrot[4], Jean-Loup Divine

[1] Identités et Différenciations de l'Environnement des Espaces et des Sociétés (IDEES) – Normandie Univ., UNILEHAVRE, CNRS : UMR6266 – 25 rue Philippe Lebon, 76600 Le Havre, France
[2] Lab. Ondes et Milieux Complexes (LOMC) – CNRS : UMR6294, UNILEHAVRE – 53 rue de Prony 76600 Le Havre, France
[3] Univ. Mons (UMONS) – Faculté Polytechnique, Mining Engineering Dpt, 20 place du parc, B 7000 Mons, Belgique
[4] Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) – CNRS : UMR6538, Univ. Bretagne Occidentale (UBO) – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
@ : elisabeth.robert-barzman@univ-lehavre.fr

La Seine-Maritime bénéficie d'un patrimoine historique riche en bâti civil (châteaux) et religieux (abbayes). Ces centres de pouvoir et de peuplement structuraient le territoire et en assuraient le contrôle. A ce titre ils ont marqué les paysages, et subsistent souvent sous forme de vestiges, fréquemment remaniés et donc difficilement datables. Concentrés dans les vallées (comme la Seine), sur des sites de hauteur ou non, ou sur la côte, on voit encore aujourd'hui les vestiges du palais des ducs de Normandie à Fécamp, les châteaux ducaux d'Arques-la-Bataille ou de Dieppe, ou des grandes abbayes de la vallée de la Seine (Saint-Wandrille, Jumièges...). Dans le cadre du projet CROCO-DYL visant à mieux quantifier les dynamiques d'érosion côtières selon diverses échelles de temps, de l'époque immédiate au Pléistocène, une étude archéo-sismo-tectonique a été entreprise sur ce bâti historique. Cette étude prospective vise à coupler l'approche méthodologique utilisée en Histoire et l'approche d'observation qualitative de terrain utilisée en géosciences, pour tenter de dater des événements marquants sur les époques médiévale (Ve-XVe siècle), moderne (XVIe-XVIIIe siècle) et contemporaine (XIXe-XXIe siècle). Le croisement de la localisation des séismes historiques et instrumentaux reportés en Seine-Maritime et du tracé des grands accidents tectoniques marquant le NW du Bassin de Paris a permis de sélectionner quelques édifices à explorer. En particulier, le Château de Tancarville, dont les premières mentions datent du XIIè siècle, présente des éléments de déformation post-construction. Il se présente comme un vaste triangle rectangle assis sur la falaise de craie, bordant l'incision de la vallée de la Seine, non loin d'un séisme historique daté de 1848 (intensité macrosismique de VI) situé à l'ouest, et du passage de la Faille de Fécamp-Lillebonne située à l'est. A partir d'une motte castrale initiale, le site s'est enrichi de différents bâtiments dont les vestiges sont datés entre les XIIe-XIIIe et XVIe siècles, sans oublier le " château neuf " construit en 1709-1830 (XVIIIè siècle). Ce dernier est caractérisé par une fissuration continue montrant un décalage en cisaillement dextre, d'azimut N135°E, ne touchant que les façades E-W du bâtiment neuf et de la tour carrée située à l'angle S-E. Les escaliers extérieurs datant de l'époque du " château neuf " sont par ailleurs affectés par un décalage en cisaillement senestre, d'azimut N20°E. Ces observations tendent à prouver une activité néotectonique en cisaillement extrêmement récente (postérieure à 1718), qui peut être reliée au séisme de 1848 dans l'ouest du bassin de Paris. Des repérages terrain complémentaires nécessitent d'être menés sur d'autres édifices régionaux pour mieux retracer cette activité néo-tectonique et définir si elle est en liaison avec un rejeu récent de la faille de Fécamp-Lillebonne. Le bâti historique de Seine-Maritime se révèle comme un bon marqueur d'activité néo-tectonique dans une région à faible activité sismique.

Mots-Clés: histoire, châteaux, aléa sismo-tectonique, néotectonique, bassin de Paris

Expertise du paramètre de Dean dans la classification des états de plage en milieu microtidal faiblement énergétique

Nicolas Robin*[1], Nicolas Aleman[1], Raphael Certain[1], Jean-Paul Barusseau[1], Edward Anthony[2]

[1] Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens (CEFREM) – CNRS : UMR5110, Univ. Perignan Via Domitia – 52 Avenue Paul Alduy, 66860 Perpignan Cedex 9, France
[2] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., INSU, IRD, CNRS : UMR7330 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France

Le paramètre de Dean (Ω) est régulièrement utilisé régionalement ou localement pour classer l'état des plages et la typologie des barres d'avant-côte. Ce paramètre prédictif repose sur l'utilisation de facteurs hydrodynamiques (hauteur des brisants et période de la houle) et sédimentaires (vitesse de chute) permettant de classer les états entre réflectif, intermédiaire (avec différents sous états suivant la typologie des barres) et dissipatif. Une majorité des études portant sur la caractérisation de ces états par le biais de ce paramètre ont été conduites sur des côtes modérément à très énergétiques et très peu dans les environnements faiblement énergétiques. Or ces côtes répondent pourtant très différemment aux changements des conditions hydrodynamiques. L'objectif de cette étude est de 1) tester la prédiction du paramètre de Dean dans un milieu microtidal peu énergétique mais néanmoins touché par des évènements de tempête très morphogènes ; 2) tester la sensibilité du paramètre de Dean suivant différentes analyses de ses facteurs de contrôle (lieu du prélèvement sédimentaire, moyenne des conditions hydrodynamiques (annuelle, saisonnière...)). Ce travail doit permettre d'améliorer le protocole d'obtention de la valeur de Dean qui est jusqu'à présent très sommaire.
Le golfe du Lion est caractérisé par la présence d'un vaste ensemble d'état de plage le long de 200 km de linéaire côtier qui se prête à ce type d'analyse (Aleman et al., 2015). La description de leur répartition régionale est rendue possible grâce à l'utilisation de données LiDAR. Le calcul du paramètre de Dean repose sur une intense campagne d'échantillonnage sédimentaire (6 points sur un profil transversal à la plage, profils espacés de 1 km) ainsi que des données hydrodynamiques de 4 houlographes au large.
Il apparait que le paramètre de Dean n'est pas adéquat pour prédire toutes les typologies de plage observées dans les environnements microtidaux soumis à une forte variabilité des conditions d'agitation comme en Méditerranée (prédictions correctes allant de 0.7% à 72%). L'importance de la localisation des échantillons sédimentaires (meilleure prédiction pour un échantillon de " l'avant-côte moyenné ") et de la période hydrodynamique (meilleure prédiction pour la " moyenne à l'année ") est mise en avant. Cette étude révèle donc la forte sensibilité du paramètre de Dean suivant le protocole de mesure et nécessite des ajustements pour être efficace dans ce type d'environnement. Cependant, il peut être utilisé comme prédicteur grossier des états de plage généraux (Dissipatif, intermédiaire et réflectif, prédictions correctes allant de 30% à 85% suivant le protocole).

Aleman N., **Robin N.,** Certain R., Anthony E.J. and Barusseau J.P. (2015). **Longshore variability of beach states and bar types in microtidal, storm-influenced low-energy environment (Languedoc-Roussillon, France)**. *Geomorphology (241),* 175-191.

Mots-Clés: paramètre de Dean, classification des plages, barres d'avant côte

Structural, lithological and geodynamic controls on geothermal activity in the Main Menderes geothermal Province (Western Anatolia, Turkey)

Vincent Roche*, Laurent Jolivet[1], Vincent Bouchot, Laurent Beccaletto[2], Laurent Guillou-Frottier[2], Johann Tuduri[2], Kerem Oguz, Bulent Tokay

[1] ISTO – Univ. Orléans – Orléans, France
[2] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 Avenue Claude Guillemin, 45100 Orléans, France

The eastern Mediterranean region and particularly the western part of Turkey, with its active tectonics and volcanism are a promising geothermal area. It is characterized by long wavelength east-west variations of surface heat flow density where heat flow values are around 100 mW.m-2 in the southern part of Marmara region and in most parts of the Aegean regions. In Turkey more than 225 geothermal fields and about 2000 hot and mineral water resources (springs and wells) have been identified. Overall temperatures of hot water resources range from 20 to 287°C. These Turkish geothermal fields are more frequent in regions of recent volcanism (quaternary) that follow regional structural lines associated with recent tectonic activity. However, recent magmatism activity and related volcanism have been very sparse in western Turkey and particularly in the Menderes Massif where unique recent activity occurred in the Kula volcanic field 1.1 Ma ago.
This domain is characterized by 1) extensional crustal deformation which progressively localized during the Aegean slab retreat from late Eocene to Present, enabling the development of a hot backarc domain; the Menderes Massif core complex is a typical feature of this extension that undergone significant N-S extension during the Oligo-Miocene; 2) since the latest Miocene, extension is coupled with the development of the North Anatolian Fault that accommodates the westward escape of the Anatolian block; the recent evolution of the massif is dominated by the N-S opening of several grabens, controlled by high-angle normal faults. Locally, an additional distributed strike-slip tectonics has been recorded.
In order to better characterize structural controls and enhance exploration strategies in this area, it is therefore necessary to evaluate which type of faults and which parts are most favorable for localized geothermal activity. According to recent studies, we show that geothermal activity in the Menderes Massif is not driven by magmatic sources. Since this geothermal Province is characterized by active tectonics, we suggest, on the basis of field observations, that crustal-scale low-angle normal faults convey hot fluids to the surface and represent the primary controls on geothermal systems. Locally, kilometric transfer faults, sometimes characterized by dilational jogs, may also facilitate fluid circulation. At large scale, this approach based on a broad compilation of geothermal and structural observations of many fields, provides a new vision on the existence of large thermal anomaly in this area. This brings us to trace mantle-related processes, such as asthenospheric flow, revealing the deep dynamics that partially control both the emplacement of this thermal anomaly and the crustal kinematics.

Mots-Clés: Menderes Massif, geothermal province, structural control, fault, lithological control, hot mantle anomaly

Paleomagnetic constraints on the tectonics of the Eastern border of the Qiangtang terrane (Tibetan Plateau) during the India-Asia collision

Pierrick Roperch*[1], Guillaume Dupont-Nivet[1,2], Stéphane Guillot[3], Fanny Goussin[3], Anne Replumaz[3], Wentao Huang[4], Zhang Yang, Loris Wacquier[1]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] Universität Potsdam – Allemagne
[3] Institut des sciences de la Terre (ISTerre) – CNRS : UMR5275, IFSTTAR, Univ. Savoie, Univ. Joseph Fourier - Grenoble I, INSU, OSUG, IRD : UR219, PRES Univ. Grenoble – BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9, France
[4] University of Arizona Tucson, AZ 85721, États-Unis

Paleomagnetism should be a useful tool to estimate north-south convergence across the Himalaya and Tibetan Plateau. Unfortunately the large negative inclination anomaly for most of the Cenozoic rocks has been the subject of numerous controversies (non dipolar geomagnetic fields, inclination flattening in sediments or large scale continental deformation of Eurasia). We present new paleomagnetic results from two Cenozoic basins of the Eastern part of the Qiangtang terrane characterized by two short-lived volcanic fields at ~37-38 Ma (Nangqian area) and 49-51 Ma (Xialaxiu area). In the Nangqian basin, sites have been collected in red beds sediments, sills and dikes intruding the red beds and in extrusive volcanic rocks mainly found on top of the sedimentary sequence. A well-defined secondary component of magnetization with normal polarity was recovered in the red beds in the temperature range ~150-600°C. 24 out of 25 sites in magmatic rocks, have a primary magnetization of normal polarity. The remagnetization in the red beds is thus clearly related to the volcanic event. The paleomagnetic data confirm previous field interpretations indicating that volcanic activity occurred at the end of a phase of deformation in the syntectonic Nangqian basin. There is no inclination anomaly in the mean paleomagnetic result (D=18.0°, I=50.1° a95 =7.9°) from 25 sites in volcanic rocks when compared to the Eurasian reference pole. This paleomagnetic result is confirmed by the remagnetization in red beds.
In the Xialaxiu area, we sampled the volcanic field and red beds filling a basin 10 to 20 km farther north. Results from the red beds confirm the result (D=322.0°, I=32.3°, a95=9.5) previously obtained at this location by Cogné et al. (1999). However, the mean direction from 21 sites in volcanic rocks is different (D=11.9°, I=41.6°, a95=8.0) from that in the red beds suggesting different age of magnetization.
In conclusion, the mean inclination in ~50 Ma volcanics at Xialaxiu is similar to that obtained by Dupont-Nivet et al. (2010) for the Lhasa terrane at the same age suggesting about 1100 km ± 500 N-S convergence with stable Eurasia. However, our results from the ~37 Ma Nangqian rocks yield a higher mean inclination implying a paleolatitude similar to expected for Eurasia at this time. This suggests that significant N-S convergence detectable by paleomagnetism did not occur north of the Qiangtang terrane after 37 Ma. Taken at face values, our results rather suggest that most of the ~1000 km convergence occurred north of the Qiangtang terrane before 37 Ma but we cannot exclude that this potential inclination anomaly affected both ~50 Ma Qiangtang and Lhasa terrane results. Finally, despite most regional structures being NW-SE oriented, there is no evidence for consistent clockwise rotations as expected with a model of deformation implying a large component of extrusion or dextral shear along the eastern margin of the Tibetan Plateau.

Mots-Clés: Tibet, tectonics, paleomagnetism

Les bassins sédimentaires permo-triasiques Nord vietnamiens : archives de la collision Indochine-Chine du Sud (orogenèse Indosinienne)

Camille Rossignol*[1,2], Sylvie Bourquin, Erwan Hallot, Marc Poujol, Marie-Pierre Dabard, Françoise Roger, Martini Rossana, Michel Villeneuve

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] Géosciences Tours (GéHCo) – Univ. Tours – France
@ : sylvie.bourquin@univ-rennes1.fr

L'actuelle Asie du Sud Est correspond à une mosaïque de blocs qui se sont accrétés au cours du Mésozoïque. Ainsi, la collision entre les blocs Indochine et Chine du Sud a engendré l'orogénèse Indosinienne. Durant la première moitié du XXè siècle, cet orogène a été défini et documenté à partir d'une discordance, dite Indosinienne, mise en évidence dans le Nord du Vietnam. Les études alors réalisées ont permis d'estimer un âge antérieur au Jurassique inférieur pour cette discordance, qui n'a depuis pas fait l'objet de réévaluation. Outre la discordance Indosinienne, de nombreux débats portent sur l'âge de la collision, la vergence de la subduction océanique qui l'a précédée ou encore l'existence d'un véritable domaine océanique ayant séparé l'Indochine de la Chine du Sud.
Les bassins permo-triasiques du Nord du Vietnam (bassins de Sam Nua et de Song Da), situés de part et d'autre de la suture ophiolitique de Song Ma, constituent, via le flux sédimentaire provenant de l'érosion et du volcanisme des zones adjacentes, des archives essentielles pour documenter l'évolution tectonique du couple Indochine-Chine du Sud. A partir de données sédimentologiques, géochronologiques (datation U-Pb sur zircons) et biostratigraphiques (foraminifères), nous proposons une réévaluation du cadre stratigraphique du Nord du Vietnam. Ces données nous permettent d'envisager un âge postérieur au Trias moyen pour la discordance Indosinienne. A l'aide de données géochimiques et de l'analyse du remplissage sédimentaire et volcanique des bassins, il est possible de documenter un volcanisme d'arc, actif au Trias inférieur. La position de cet arc par rapport aux limites des blocs Indochine et Chine du Sud, marquée par la suture ophiolitique de Song Ma, implique (*i*) une zone de subduction qui plongeait vers le Sud (coordonnées actuelles), sous le bloc Indochine, en marge (*ii*) d'un véritable domaine océanique, et non pas d'une croûte continentale amincie, séparant les deux blocs jusqu'au Trias moyen.
Nos interprétations, issues de l'analyse des bassins sédimentaires permo-triasiques du Nord Vietnam, permettent également de reconstituer l'évolution de l'orogénèse Indosinienne. Celle-ci fait suite à la subduction de la croûte océanique rattachée à une plaque Chine du Sud sous une plaque Indochine au Trias inférieur (et probablement au moins depuis le Permien inférieur). A partir de la fin du Trias moyen, les blocs Indochine et Chine du Sud entrent en collision et forment l'orogène Indosinienne.

Mots-Clés: Indochina, South China, stratigraphy, U-Pb/zircon geochronology, Paleotethys, Indosinian orogeny

Meso-Cenozoic Source-to-Sink of the African margin of the Equatorial Atlantic

Delphine Rouby*[1], Dominique Chardon[1], Damien Huyghe[1], François Guillocheau[2], Cécile Robin[2], Jiing Ye[1], Artiom Loparev[1], Massimo Dall'asta[3]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France
[2] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[3] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau, 64018 Pau Cedex, France
@ : delphine.rouby@get.obs-mip.fr

The objective of the Transform Source to Sink Project (TS2P) is to link the dynamics of the erosion of the West African Craton to the offshore sedimentary basins of the African margin of the Equatorial Atlantic at geological time scales. This margin, alternating transform and oblique segments from Guinea to Nigeria, shows a strong structural variability in the margin width, continental geology and relief, drainage networks and subsidence/accumulation patterns. We analyzed this system combining onshore geology and geomorphology as well as offshore sub-surface data.
For the Cenozoic, mapping and regional correlation of dated lateritic paleo-landscape remnants allows us to reconstruct two physiographic configurations of West Africa. These geometries show that the present-day drainage organization stabilized by at least 29 Myrs ago (probably by 34 Myr) revealing the antiquity of the Senegambia, Niger and Volta catchments toward the Atlantic as well as of the marginal upwarp currently forming a continental divide. The drainage rearrangement that lead to this drainage organization was primarily enhanced by the topographic growth of the Hoggar swell and caused a major stratigraphic turnover along the Equatorial margin of West Africa. Elevation differences between paleo-landscape remnants give access to the spatial and temporal distribution of denudation for 3 time-increments since 45 Myrs. From this, we estimate the volumes of sediments and associated lithologies exported by the West African Craton toward different segments of the margin, taking into account the type of eroded bedrock and the successive drainage reorganizations.
For the Mesozoic, we produced paleogeographic maps at the scale of West Africa spanning the continental domain and offshore basins since 200 Ma. Mapping spatial and temporal distribution of domains either in erosion (sources) or in accumulation (sinks) document the impact of the successive rifting of Central and Equatorial Atlantic on the physiography of the area. We use low temperature thermochronology dating along three transects perpendicular to the margin (Guinea, Ivory Coast and Benin) to determine periods of maximum denudation.
We compare these data to accumulation histories in passive margin basins and discuss their stratigraphic expression according to the type of margin segment they are preserved in.

Geometry of the African margins of the Equatorial Atlantic

Delphine Rouby*[1], Jing Ye[1], Dominique Chardon[1], François Guillocheau[2], Cécile Robin[2], Damien Huyghe[1], Massimo Dall'asta[3]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin 31400 Toulouse, France
[2] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[3] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau, 64018 Pau Cedex, France

The objective of the Transform Source to Sink Project (TS2P) is to link the dynamics of the erosion of the West African Craton to the offshore sedimentary basins of the African margin of the Equatorial Atlantic at geological time scales. This margin, alternating transform and oblique segments from Guinea to Nigeria, shows a strong structural variability in the margin width, continental geology and relief, drainage networks and subsidence/accumulation patterns. We analyzed this system combining onshore geology and geomorphology as well as offshore sub-surface data. Syn-rift architectures (Early Cretaceous) are largely impacted by transform faults that define sub-basins with contrasted width of crustal necking zone (narrower in transform segments than in oblique/normal segments). During the Late Cretaceous post-rift, sedimentary wedges record a transgression along the all margin. Proximal parts of the sedimentary wedge are preserved in basins developing on segments with wide crustal necking zone while they were eroded away in basins developing on narrow segments. As a difference, the Cenozoic wedge is everywhere preserved across the whole width of the margin.

Acquisition par drone et reconstruction de modèles photogrammétriques 3D interprétés sous géomodeleur couplés aux données de terrain. Cas d'études : Golfe de Corinthe et Utah

Romain Rubi*[2,1], Bertrand Coureaud[2], Julien Schmitz[3], Guy Desaubliaux[2], Rémi Dreux, Sébastien Rohais[3], Isabelle Moretti[2], Sylvie Bourquin[1], Mathieu Blanc[2], Rémy Deschamps[3]

[2] ENGIE – 1 Place Samuel de Champlain, 92930 Paris La Defense Cedex, France
[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[3] IFP Energies Nouvelles (IFPEN) – 1-4 Avenue du Bois Préau, 92852 Rueil-Malmaison, France
@ : romain.rubi@univ-rennes1.fr

L'utilisation de modèles photogrammétriques dans l'industrie (surveillance des infrastructures, réseau de pipelines) et l'archéologie (le relevé topographique et la modélisation des sites) s'est fortement développée. En géologie, la méthode a été adaptée pour imager les affleurements, souvent des falaises. L'acquisition par un multicoptère, avec une caméra orientable a permis d'obtenir une modélisation photogrammétrique 3D de haute résolution (quelques centimètres) sur des fronts verticaux préalablement repérés (affleurements, falaises, glissements, failles). La résolution peut varier en fonction des paramètres d'acquisition (distance de prise de vue). La répétition de cette méthode dans le temps permet de mesurer l'évolution de certains processus (érosion, dépôts gravitaires, fronts de carrière).

Le logiciel d'interprétation développé par l'IFPEN (Virtuoso) est capable de gérer des fichiers 3D tuilés incluant plusieurs niveaux de détails (25 Gbits par site) : une résolution plus grande est affichée en cas de zoom sur l'objet. Il permet d'effectuer le pointé des horizons ou des failles, de mesurer des pendages, des angles, des vecteurs ainsi que de construire des logs synthétiques dans des zones difficiles d'accès. L'objectif principal est de restituer la géométrie des corps sédimentaires. Les données sont calibrées par des observations conventionnelles de terrain localisées à des points clefs, elles sont étendues dans l'espace grâce au modèle 3D et l'ensemble s'intègre dans les géomodeleurs classiques.

Nous présenterons deux interprétations de modèle 3D. Dans le Golfe de Corinthe, une zone de 8x3km a été couverte par une acquisition de 6000 photographies aériennes (30 vols), le modèle 3D obtenu permet de contraindre les architectures et les relations des différents objets (delta, chenaux, levées, " sediments waves ", et lobes). Dans les séries permiennes de Canyon Lands Park (Utah), une zone de 1x3km a été modélisée (5000 photos, 18 vols 10km de falaise) dans un environnement mixte constitué de barres de chenaux fluviatiles, de dérives littorales et éoliennes. Le modèle permet d'appréhender la géométrie des barres gréseuses et les passages latéraux de faciès.

L'interprétation des modèles facilite l'intégration des données terrains dans un modèle géologique précis. Ces résultats servent d'analogues à l'échelle du réservoir. La visualisation 3D favorise le partage de ces résultats, et peut servir de support original éducatif.

Mots-Clés: modélisation 3D, drone, analogue terrain, photogrammétrie, Corinthe, Utah

Processus et typologies du bottomset au système turbiditique des Gilbert-deltas (exemple du Golfe de Corinthe, Grèce). Implications stratigraphique et paramètres de forçage

Romain Rubi*[1,2], Sébastien Rohais[3], Sylvie Bourquin[1], Isabelle Moretti[2], Guy Desaubliaux[2]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] ENGIE – 1 Place Samuel de Champlain, 92930 Paris La Defense Cedex, France
[3] IFP Energies Nouvelles (IFPEN) –1 4 Avenue du Bois Préau, 92852 Rueil-Malmaison, France
@ : romain.rubi@univ-rennes1.fr

Une étude sédimentologique, complétée par l'acquisition de modèles 3D photogrammétriques, depuis un Gilbert-delta jusqu'au lobes turbiditiques associés (Golfe de Corinthe, Grèce) a mis en évidence trois typologies de bottomset et la présence de complexes de chenaux/levées turbiditiques.
Les bottomsets sont principalement formés par trois associations de facies : (1) des dépôts finement laminés correspondant principalement à des silts, (2) des turbidites de haute densité (Deep Water Massive Sandstone, DWMS) et (3) une alternance de silts et de conglomérats avec une architecture en "chutes and pools". La première association de facies, les silts fins, montre peu de rides de courant, les flux sont faibles et l'essentiel des dépôts est stocké en amont. La deuxième typologie (DWMS) forme un cône en pied du delta qui rétrograde sur les pentes des foresets. Les facies de DWMS : bancs métriques, riches en sables, faiblement triés et classés sont interprétés dans la littérature comme étant déposés par un écoulement turbulent. L'essentiel des sédiments est stocké en pied de delta, seuls les facies les plus fins sont exportés dans le bassin. La troisième typologie de bottomset, silt-conglomérat, montre de très nombreuses évidences transits (by-pass) et une architecture chenalisante. Un flux important associé à un ressaut hydraulique stationnaire à la rupture de pente est nécessaire à la formation ce cette typologie. Une partie des sédiments avec des granulométries allant des sables à l'argile, est exportée dans le bassin.
Dans la partie aval du système, le pro-delta, l'interprétation du modèle d'affleurement 3D et l'analyse de la cartographie réalisée ont permis de caractériser l'architecture des complexes chenaux-levées turbiditiques. En amont, ils forment des " ceintures " de chenalisation avec des axes d'écoulements rectilignes, puis les écoulements se concentrent pour former des complexes de plus grandes tailles et aggradants. Les chenaux sont comblés par des conglomérats (galets, granules et sables grossiers à moyens) impliquant un export important du delta vers le bassin d'éléments grossiers.
Les modèles existants dans la bibliographie ne permettent pas d'expliquer les observations, notamment l'export des sédiments les plus grossiers. L'étude détaillée des associations de faciès et des éléments architecturaux, nous permet de présenter un nouveau modèle de dépôt générique ainsi qu'un modèle stratigraphique afin de discuter les différents paramètres de forçage.

Mots-Clés: Gilbert-type deltas, bottomsets, turbidites, Corinthe, source-to-sink

Déformations synsédimentaires Miocène Inférieur et Moyen dans des Chaînes Subalpines et dans l'Avant Pays des Alpes occidentales

Jean-Loup Rubino*[1], Olivier Parize[2], Martine Bez[1], Philippe Crumeyrolle[1], Amir Khalifi[3], Xavier du Bernard[1], Emmanuel Masini[1], David Besson[4], Laurent Guy[1], Jean-Louis Lesueur[1]

[1] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau, 64018 Pau Cedex, France
[2] AREVA – Groupe AREVA – Tour AREVA, 1 place Jean Millier, 92084 Paris La Défense Cedex, France
[3] Univ. Claude Bernard Lyon 1 (UCBL) – 43, boulevard du 11 novembre 1918, 69622 Villeurbanne Cedex, France
[4] DREAL Centre, Dpt. Hydrométrie – 5, avenue Buffon, 45064 Orléans Cedex 2, France
@ : philippe.crumeyrolle@total.com

La déformation des Chaines Subalpines est trop souvent réduite à son seul paroxysme Tortonien, et inversement certains auteurs tendent à prolonger l'extension Oligocène au Miocène Inférieur. Hors en de nombreux endroits, on a la possibilité de mettre en évidence qu'il existe dès la base du Miocène de multiples évidences d'une tectonique synsédimentaire compressive. Les plus précoces se manifestent dès l'Aquitanien dans la zone de Digne notamment au Vélodrome, ainsi qu'au front de l'Arc de Castellane dans le Dôme de Chateauredon par des discordances progressives, toutefois dans ces deux secteurs, il est plus que probable que la tectonique salifère vient se superposer au raccourcissement. C'est au front des chaînes subalpines méridionales (Diois-Baronnies) qu'elles sont les plus spectaculaires, on retrouve en effet des onlaps divergents du Burdigalien au Serravallien, visible en sismique comme à l'affleurement, le long de la Montage de la Lance, mais surtout à Nyons ou cette déformation revêt un caractère exceptionnel dans le Burdigalien et le Langhien. Des déformations de même type s'observent dans le Burdigalien vers Malaucène, et aussi dans le pli de Vaison-La-Romaine (Brasseur 1962) scellé par la séquence langhienne.
Vers le Nord, au front du Vercors, la déformation est plus difficile à mettre en évidence, sauf dans le Royans ou les discordances progressives syn-Burdigalien s'observent sur les deux flancs du synclinal. Dans le Vercors et la Chartreuse, elle est maintenant bien documentée : soit par observation directe de discordances progressives burdigaliennes comme dans la vallée du Guiers, ou par une évolution conjointe des pendages, des épaisseurs et des variations de faciès vers les flancs des structures. Ces nouvelles observations confirment celles de Blanc et *al.* 1998 en Savoie (Chambéry et synclinal de Rumilly).
La déformation sysnsédimentaire ne se limite pas aux structures NS ou NW-SE, on la rencontre aussi sur les flancs N et S, des structures E-W héritées de la déformation pyrénéo-provençale qui sont réactivées suite au partitionnement de la déformation. On retrouve ainsi, soit des discordances progressives, soit des séquences scellées avec toplaps dans le Miocène Inférieur, au N du front Ventoux-Lure, (synclinaux de Valbelle et de Montbrun), sur le flanc sud du Lubéron (Lourmarin- Cadenet) et au S des Alpilles (Le Défens, vallon des Auffes).
Pour finir, loin de se limiter au front des massifs subalpins, cette déformation précoce se propage dans l'Avant Pays avec le développement de chevauchements aveugles comme dans le Massif de St Restitut et dans le Bas Dauphiné (Saint-Lattier). On enregistre aussi des mouvements verticaux très loin du front, leur ampleur ($\geq$300m) et leur vitesse (150m/My) suggèrent une combinaison entre la surrection du bourrelet périphérique et de la tectonique salifère comme aux Angles vers Avignon ou le Trias évaporitique est peu profond.

Mots-Clés: Miocène, SE France, tectonique synsédimentaire

Les Surfaces d'aplanissement tertiaires du SE de la France : Des surfaces d'abrasion marine Miocène

Jean-Loup Rubino*[1], Ludovic Mocochain[2], Aurélie Tassy[3], Amandine Dransart-Laborde[4]

[1] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau, 64018 Pau Cedex, France
[2] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – 4, place Jussieu, BP CC129, 75252 Paris Cedex 05, France
[3] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., INSU, IRD, CNRS : UMR7330 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[4] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – Univ. Paris VII - Paris Diderot, INSU, CNRS : UMR7154 – 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05, France
@ : jean-loup.rubino@total.com

Depuis leur mise en évidence locale, Collot 1880, il y a plus d'un siècle, suivit de descriptions plus poussées, Combaluzier 1932, Baulig 1928-1934, qui tous deux ont privilégié une origine continentale, les surfaces d'aplanissement du SE de la France n'ont pas fait l'objet d'une grande attention, alors que dans tous les massifs méridionaux il s'agit de surfaces structurantes du paysage provençal. Les plus développées affectent les Massifs de la Nerthe, de la Fare et de la Sainte Victoire ; elles se poursuivent vers le Nord jusque dans la région d'Uzès-Roquemaure et le plateau des Angles. On en trouve des lambeaux dans le Luberon, la retombée Ouest du Ventoux, mais leur architecture est plus complexe (surface à facettes de Clauzon) en raison du plissement Miocène Moyen-Sup. Ces surfaces peuvent résulter soit d'un aplanissement continental, soit d'un façonnement marin (surface d'abrasion marine). Leur âge de formation est incontestablement tertiaire puisqu'elles affectent les structures pyrénéennes formées à l'Eocène Moyen et sont scellées localement par divers niveaux du Miocène Inf. à Sup. Géomorphologiquement elle se caractérise par une horizontalité assez marquée qui l'ait encore plus après lissage sur les MNT. Cette géométrie est plus en accord avec un façonnement marin, qui est facile à démontrer sur le massif de la Nerthe ou ces ravinements trangressifs d'une planéité remarquable et sans préservation du moindre indice d'émersion sont scellés par des dépôts littoraux tout comme sur la Sainte Victoire pour le Tortonien. En ce qui concerne le Massif de la Fare, les critères altimétriques par rapport aux formations marines adjacentes et la paléogéographie régionale sont aussi robustes. Mais lorsque les surfaces sont dénudées, comme vers Roquemaure ou Uzès, l'origine marine quoique probable reste plus spéculative. Ces surfaces d'aplanissement s'étant formées au niveau marin, si l'on est capable de les dater et d'y rattacher un niveau eustatique ; elles deviennent alors de précieux marqueurs des mouvements verticaux subit par la zone. Ainsi on peut montrer que le plateau de Bibemus au NE d'Aix s'est soulevé de plus 300m depuis 8Ma. Reste la question difficile à trancher de savoir, si elles n'ont pas subit un pré-façonnement subaérien post pyrénéen ; lequel en rabotant les anticlinaux aurait facilité l'action des vagues ou de la marée au moment des transgressions miocènes; en l'état ceci reste difficile à démontrer surtout en l'absence de piémonts aggradants synchrones et préservés. Seules quelques poches karstiques préservées sous les dépôts marins pourraient fournir quelques clés notamment sur la Nerthe et sur la Fare.

Mots-Clés: Miocène, SE France, applanissement

Nouvelle estimation de l'extension des systèmes turbiditiques celtique et armoricain au débouché du paléofleuve Manche dans le golfe de Gascogne

Marjolaine Sabine*[1], Sébastien Zaragosi[1], Jean-François Bourillet[2], Frédérique Eynaud[1], Linda Rossignol[1], Thierry Garlan[3]

[1] Environnements et Paléoenvironnements OCéaniques (EPOC) – CNRS : UMR5805, Univ. Bordeaux I, Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers – 33405 Talence, France
[2] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Dpt. REM – 29280 Plouzané, France
[3] Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) – Ministère de la Défense – 13 rue du Chatellier 29200 Brest, France
@ : mej.sabine@gmail.com, sebastien.zaragosi@u-bordeaux.fr

Le système fluviatile de la Manche représente le plus vaste paléo-fleuve ayant drainé le continent européen au cours des bas niveaux marins pléistocènes (Gibbard, 1988). Ce système se terminait en un vaste delta sur le plateau continental nord Gascogne (Toucanne et al., 2012) et se jetait dans le golfe de Gascogne pour former les systèmes turbiditiques profonds celtique et armoricain. Les études antérieures portant sur ces systèmes turbiditiques n'ont jamais permis d'atteindre leurs parties terminales (Bourillet et al., 2006) et ce uniquement en raison de l'absence de données dans ces zones. Afin de connaitre leurs extensions réelles nous avons compilé des données bathymétriques et sismiques CHIRP issues de valorisations de transits des navires du SHOM et de l'IFREMER ainsi que des données bathymétriques disponibles par le réseau européen EMODNET. Les données collectées lors de la mission SEDIVAL (n. o. Pourquoi Pas ? 2010 ; sondeur multi-faisceau, sismique CHIPR et carottages Calypso) portant sur l'étude du bassin de l'Union, bassin située à l'extrémité du système turbiditique celtique ont également été utilisées.
Nos résultats ont permis de montrer que l'extension de l'ensemble des éventails turbiditiques du golfe de Gascogne va bien au-delà des zones précédemment cartographiées. Ces systèmes recouvrant même la totalité des environnements profonds du golfe. Leurs lobes distaux se rejoignent au nord-ouest de la marge ibérique. A leur extrémité, des incisions précédemment cartographiés à l'ouest du Cap Finisterre (Thêta Gap; Laughton, 1968) semblent correspondre à un réseau de chenaux connectant le golfe de Gascogne à la plaine abyssale ibérique. Il est alors fort probable que les dépôts terminaux du paléo fleuve Manche atteignent la marge portugaise et la plaine abyssale ibérique.

Bourillet, J.F., Zaragosi, S., Mulder, T., 2006. The French Atlantic margin and deep-sea submarine systems. Geo-Mar. Lett. 26, 311–315. doi:10.1007/s00367-006-0042-2

Gibbard, P. L. "The History of the Great Northwest European Rivers During the Past Three Million Years." Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences 318, no. 1191 : 559–602. doi:10.1098/rstb.1988.0024.

Laughton, A.S., 1968. New evidence of erosion on the deep ocean floor. Deep Sea Res. Oceanogr. Abstr. 15, 21–29. doi:10.1016/0011-7471(68)90026-0

Toucanne, Samuel, Sebastien Zaragosi, Jean-François Bourillet, Bernard Dennielou, Stephan J. Jorry, Gwenael Jouet, and Michel Cremer. "External Controls on Turbidite Sedimentation on the Glacially-Influenced Armorican Margin (Bay of Biscay, Western European Margin)." Marine Geology 303–306 (2012): 137–53. doi:10.1016/j.margeo.2012.02.008.

Mots-Clés: Fleuve Manche, système turbiditique celtique, Golfe de Gascogne

Architecture sédimentaire et instabilités gravitaires sur la pente continentale du golfe de Gascogne

Marjolaine Sabine*, Vincent Riboulot[1], Bruno Marsset[2], Sebastien Garziglia, Jacques Giraudeau[3], Josette Duprat[4], Stephanie Howlett[5], Pauline Dupont, Samuel Toucanne[1]

[1] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER - IFREMER – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER - IFREMER – Technopôle Brest Iroise - BP 7029280 Plouzané, France
[2] Ifremer (Ifremer) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – 29280 Plouzané, France
[3] EPOC – UMR CNRS 5805 – France
[4] Univ. Bordeaux – Univ. Bordeaux (Bordeaux, France) – France
[5] IFREMER, Geosciences Marines – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER - IFREMER – Ifremer Pointe du Diable Plouzané, France

Les effondrements gravitaires sous-marins peuvent se révéler être des initiateurs d'ondes de tsunami susceptibles de provoquer des dégâts à la côte, et notamment au niveau des installations nucléaires civiles. Afin de mieux comprendre cet aléa et prévenir d'éventuelles catastrophes, une étude géologique de la pente continentale a été réalisée au large de la côte atlantique française, précisément sur la pente continentale du Golfe de Gascogne.
Dans le cadre du projet TANDEM (Tsunami en Atlantique et maNche : Définition des Effets par Modélisation), durant la mission GITAN (N/O Pourquoi Pas?) réalisée en août 2015, deux interfluves entaillées par des cicatrices de glissement ont été étudiés par des méthodes géoacoustiques, incluant de la sismique haute résolution remorquée en fond de mer (SYSIF, SYstème SIsmique Fond, 220-1050 Hz), et un sondeur multifaisceaux de coque offrant une fauchée réduite, mais de très haute résolution (1800-5200 Hz). Quatre carottes sédimentaires (~20 m) ont été prélevées, en amont et à l'intérieur des cicatrices de glissement étudiées. L'analyse morphosédimentaire et stratigraphique des interfluves suggère (1) que la pente est soumise à des dépôts contouritiques depuis le début du Néogène, (2) que les processus de déstabilisation gravitaires sont polyphasés et anciens (4-8 Ma BP), (3) que des glissements sous-marins de faible ampleur et liés au dernier pic d'activité du Fleuve Manche (18 ka BP) remplissent partiellement les cicatrices de glissement étudiées, et (4) que les conditions sédimentaires et océaniques actuelles ne sont a priori pas favorables aux déstabilisations gravitaires sur la pente continentale du golfe de Gascogne.

Points clés :
Identification d'une sédimentation contouritique néogène-quaternaire sur la pente continentale française
Détermination de la nature polyphasée des glissements au cours de la période de temps observée.
Dernier épisode de glissement dans le golfe de Gascgone lié à la dernière activité du Fleuve Manche, ca 18 ka.

Mots-Clés: pente, instabilité gravitaire, contourite, glissement

Cartographie des effets induits d'un séisme dans la région de Tipaza, Algérie en utilisant le SIG

Ouassila Sadou Epse Hamdidouche*[1]

[1] CGS/DMS (CGS) – Rue Kaddour Rahim bp 252 HDey Alger, Algérie

Les glissements de terrain, les chutes de blocs, la liquéfaction, le tassement des sols, l'apparition de faille en surface et celui des inondations représentent les principaux aléas géologiques en relation (directe ou indirecte) avec les séismes.
La détermination de ces zones passe par une analyse qualitative et quantitative basée sur une reconnaissance des conditions des sols; géologiques, lithologiques, hydrogéologiques, géotechniques topographiques.
L'évaluation subjective du degré des aléas permet d'individualiser des zones homogènes pouvant se comporter d'une manière identique durant les sollicitations sismiques pris séparément puis combinés.

Mots-Clés: aléas géologiques, glissements, liquéfaction, sollicitations sismiques, cartographie

Travaux en cours sur l'imagerie électromagnétique du bassin versant du Strengbach : développements en AMT et CSAMT

Pascal Sailhac*[1,2], Julien Gance, Hugo Larnier, Daniel Viville

[1] Geosciences Paris-Sud (GEOPS) – UMR8148 – Campus de la Faculté des Sciences Paris-Saclay, 91405 Orsay, France
[2] UMR 7516 (IPGS) – CNRS – 5 rue René Descartes, 67084 Strasbourg Cedex, France

Il est classique en hydrogéologie d'imager la conductivité électrique pour sa sensibilité aux eaux et à la structure du milieux poreux, la méthode de prédilection est l'ERT utilisant l'injection des courants continus. L'hydrogéophysique dans CRITEX va au delà en particulier avec l'imagerie électromagnétique aux fréquences audio (AMT) avec source controlée (CSAMT). Nous nous intéressons aux profondeurs de réservoirs de bassins versants pouvant dépasser la centaine de mètres (ne serait-ce qu'en raison de la topographie). L'imagerie dans le cadre de l'AMT qui est une méthode passive, est conditionnée par l'activité magnétique naturelle et limitée par les bruits anthropiques. L'acquisition grâce à CRITEX d'une source artificielle contrôlée T3 permet de compléter le spectre dans les zones de faible activité naturelle, en particulier proche du kHz ("AMT dead band"). Sur le bassin versant du Strengbach (site de l'OHGE, Observatoire HydroGéochimique de l'Environnement), les hautes fréquences $>$ 5kHz correspondent à des profondeurs de pénétration semblables à celles de dispositifs ERT standards, entre 1 et 20 mètres ; aussi pour avoir une sensibilité aux zones de transfert hydrique à l'intérieur des versants, il est nécessaire d'explorer la "dead band". D'une part nous préciserons le contexte d'étude en présentant les premiers résultats d'imagerie électrique obtenus sur le site du Strengbach (ERT avec courant continu, et AMT sans source). D'autre part nous discuterons de nouveaux traitements des signaux permettant d'explorer la "dead band", et des premières mesures réalisées en 2015 à l'aide de la source T3 acquise grâce à CRITEX. Nous introduirons aussi le contexte des perspectives qui s'inscrivent dans le cadre de l'ANR HYDROCRIZSTO qui vient de débuter.

Mots-Clés: résistivité électrique (ERT), électro-magnétique (EM), magnéto-tellurique (MT et AMT), source contrôlée (CSAMT, CSEM)

Interactions entre tectonique et circulations fluides dans un bassin en hyper-extension et lors de son inversion : exemple des séries carbonatées mésozoïques du nord-ouest des Pyrénées (Chaînons Béarnais, France)

Roland Salardon*[1], Cédric Carpentier[1], Nicolas Bellahsen[2], Jacques Pironon[1], Christian France-Lanord[3]

[1] GeoRessources – Univ. Lorraine – CNRS – CREGU – Campus Aiguillettes, rue Jacques Callot, BP 70239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy, France
[2] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – 4, place Jussieu, BP CC129, 75252 Paris Cedex 05, France
[3] Centre de recherches petrographiques et géochimiques (CRPG) – CNRS : UPR2300, INSU – 15 Rue Notre Dame des Pauvres - BP 20, 54501 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex, France
@ : roland.salardon@univ-lorraine.fr

Les interactions entre la fracturation, les circulations fluides et la chimie des fluides dans les marges hyper-extensives sont encore mal connues. Le nord des Pyrénées occidentales constitue un cas d'étude idéal pour la compréhension de ces interactions étant donné qu'un modèle de marge hyper-amincie couplée à une exhumation du manteau durant le Crétacé inférieur a été récemment proposé.

A partir d'une étude de terrain, trois sets de fractures ont été définis (set 1 à 3). Les observations pétrographiques, les analyses Raman et micro-thermométrique sur les inclusions fluides, les analyses ICP-MS et isotopiques ont permis de déterminer les chimies, les températures, les conditions rédox, les compositions des gaz, les signatures isotopiques de l'oxygène et du carbone, et les teneurs en REE des fluides parents des ciments précipités durant chaque épisode.

Le premier set de fracturation (set 1) non orienté et présent uniquement dans les séries du Lias et du Dogger est à relier à la première phase de rifting débutée au Trias.

La précipitation de dolomie baroque et de chlorite est apparue dans les fractures du set 2 à orientation NW-SE, NE-SW, et E-W durant l'hyper-extension. Cette phase correspond au pic thermique avec des T° supérieures à 300°C. L'analyse géochimique suggère des fluides magmatiques ascendants qui ont percolés au travers des évaporites triasiques. Cette phase est associée une bréchification hydraulique dans les formations les plus poreuses.

La phase post hyper-extension est caractérisée par une chute des températures et des salinités, une baisse des contributions magmatiques dans les fluides parents, une fermeture du système diagénétique durant l'enfouissement et une l'apparition de conditions réductrices durant la précipitation du quartz, de la pyrite et de la calcite 2. Néanmoins la persistance de températures supérieures à 200°C suggère la persistance d'un gradient géothermique élevé dans le bassin longtemps après la phase de rifting.

La phase de compression et d'exhumation pyrénéenne associée au 3e set de fracturation a généré une réouverture du système diagénétique. Elle a favorisé la réapparition de conditions oxydantes et l'infiltration de fluides météoriques depuis la surface pendant la précipitation des derniers ciments calcitiques.

Mots-Clés: Aquitaine basin, Pyrenees, fracturing, carbonate diagenesis, hydrothermal fluids, Mesozoic

Effets de la subduction d'une dorsale sur la dynamique d'une plaque continentale : apports de la modélisation analogique

Méline Salze*[1], Benjamin Guillaume[2], Joseph Martinod[3], Jean-Jacques Kermarrec[2], Christian Sue[1]

[1] Chrono-environnement, CNRS : UMR6249 – Univ. Franche-Comté – 16 route de Gray, 25030 Besançon Cedex, France
[2] Géosciences Rennes, CNRS : UMR6118 – Univ. Rennes 1 – Campus de Beaulieu, 263 avenue du Général Leclerc, 35042 Rennes Cedex, France
[3] ISTerre, Univ. Savoie – 73376 Le Bourget du Lac Cedex, France

Une série de modèles analogiques de subduction d'une plaque océanique sous une plaque continentale ont été reproduits à l'échelle du laboratoire, afin de mieux comprendre les relations entre phénomènes profonds se produisant lors de la subduction d'une dorsale, et la réponse associée en surface. Ces modèles ont été réalisés au sein du laboratoire de modélisation analogique de l'Univ. Rennes 1. Dans ces modèles, l'épaisseur de la plaque océanique augmente en direction de la fosse (plaque en forme de biseau), afin de simuler la variation d'épaisseur de la plaque depuis la dorsale jusqu'à la fosse où elle rentre en subduction. L'objectif de ces expériences est d'observer l'effet de la subduction d'une plaque océanique de plus en plus jeune, et finalement de la subduction d'une dorsale, sur la géométrie de la subduction et la dynamique du système. Un exemple de subduction de dorsale peut être observé actuellement dans les Andes Australes, en Patagonie, où la dorsale du Chili plonge sous le continent sud-américain vers 47°S. L'objectif de ce travail est de comprendre l'effet de la subduction de cette dorsale sur la dynamique de la plaque continentale. Plusieurs paramètres (vitesse de convergence, largeur et forme de la plaque plongeante...) ont été testés afin de modéliser leur impact sur la subduction, sur l'évolution du pendage et sur les déformations de la plaque continentale.

Mots-Clés: modèles analogiques, subduction, dorsale, lithosphère, Andes Australes

Dépôts en masse et turbidites comme témoins de l'activité sismique holocène sur la marge Ligure (projet Astarte)

Kevin Samalens*[1,2], Antonio Cattaneo[2], Sébastien Migeon[1]

[1] Géoazur – Univ. Nice Sophia Antipolis, Obs. Cote d'Azur, IRD, CNRS : UMR7329 – 250 rue Albert Einstein, Sophia Antipolis, 06560 Valbonne, France
[2] Géosciences Marines (GM) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Pointe du Diable, 29280 Plouzané, France
@ : antonio.cattaneo@ifremer.fr

La marge nord ligure (SE France-NO Italie) constitue la zone de transition entre les Alpes du Sud et le bassin profond liguro-provençal. Elle est soumise à l'activité récurrente de séismes de faibles à moyennes magnitudes et correspond à la zone la plus sismique de France. Cette sismicité est bien contrainte aujourd'hui et des études montrent la cinématique actuelle particulière de la marge avec une reprise en compression depuis le début du Pliocène, illustrée par la présence d'un jeu de failles inverses en pied de pente. Outre cette sismicité modérée, plusieurs séismes historiques présentant de fortes magnitudes ont été répertoriés, le plus fort et le mieux contraint datant du 23 février 1887. Ce séisme survenu en mer entre Imperia et Menton a déclenché un tsunami et aurait atteint une magnitude de 6,7. Une cicatrice de glissement sous-marin en haut de la pente continentale lui est imputée ainsi qu'un dépôt turbiditique dans le bassin profond. Ce travail a pour but de comprendre le lien entre ces différentes expressions d'activité sismique et les déstabilisations de pente, et d'identifier les dépôts sédimentaires résultant de transport en masse ou de courants de turbidité. Il s'appuie sur un large jeu de données (bathymétrie, carottages, sismiques de différentes résolutions...) acquis lors des campagnes MALISAR et PRISME3. Pour aborder l'analyse paléosismologique de la marge au cours de l'Holocène, deux zones clés ont été identifiées, la zone de Finale (est) et la zone de la Faille Marcel (ouest). Nous avons identifié et échantillonné des dépôts acoustiquement transparents correspondant à des dépôts de transports en masse (MTD), 1) dans trois canyons coalescents et leur collecteur pour la zone de Finale, et 2) en bas de pente pour la zone de la Faille Marcel. Pour la zone de Finale, la datation des MTDs dans les trois canyons suggère des événements synchrones autour de 4600 ans BP. De tels mouvements en masse synchrones sur une section de marge de 30 km illustreraient une déstabilisation de la zone de Finale par un séisme, et son enregistrement par les dépôts sédimentaires. Le long de la marge, les MTDs observés en carottes présentent des degrés différents de déformations (blocs tiltés, plis, débrites) et sont recouverts par une turbidite. Des datations 14C au sommet de ces MTDs montrent des gammes d'âges différentes entre les deux zones, 1) de l'ordre de 4600 ans BP pour les MTDs de la zone de Finale, et 2) de 12100 ans BP et 26600 ans BP pour la zone de la Faille Marcel. Ces différentes gammes d'âges mettent en évidence un fonctionnement irrégulier de la marge d'un point de vue chronologique et géographique, mais permettent d'envisager une récurrence des évènements sismiques.

Neogene basin infilling from cosmogenic nuclides (10Be and 21Ne) in Atacama, Chile

Caroline Sanchez[1,2], Vincent Regard*[1], Sébastien Carretier[3,1], Rodrigo Riquelme[2], Pierre-Henri Blard[4], Eduardo Campos[2], Stéphanie Brichau[1], Marteen Lupker[5], Gérard Hérail[1]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – Obs. Midi-Pyrénées – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[2] Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad Católica del Norte (UCN) – Avenida Angamos 0610, Antofagasta, Chili
[3] Universidad de Chile – v. Libertador Bernardo O'Higgins 1058, Santiago, Chili
[4] Centre de recherches petrographiques et géochimiques (CRPG) – CNRS : UMR7358, INSU, Univ. Lorraine – 15 Rue Notre Dame des Pauvres, BP 20, 54501 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex, France
[5] ERH Zurich - Geological Institute (ETH) – NO G54 Sonnegstrasse 5 8092 Zürich, Suisse
@ : vincent.regard@get.obs-mip.fr

In the hyperarid Atacama Desert, northern Chile, Neogene sediments host copper rich layers (exotic supergene mineralization). Current mines are excavated into relatively thin (First, 21Ne gives lower boundaries for upstream erosion rates or local sedimentation rate. These bounds are between 2 and 10m/Myrs, which is quite important for the area. The ratio between the two cosmogenic nuclides indicate a maximum burial age of 12 Ma (minimal erosion rate of 15m/Ma) and is surprisingly similar from bottom to top, indicating a probable rapid infilling. We finally processed a Monte-Carlo inversion. This inversion helps taking into account the post-deposition muonic production of cosmogenic nuclides. Inversion results is dependent on the muonic production scheme. Interestingly, the similarity in concentrations from bottom to top pleads for quite low production at depth. Our data finally indicates a quick infilling between 12.5 and 10Ma BP accounting for ~100m of deposition (minimum sedimentation rate of 40 m/Ma).

Mots-Clés: cosmogenic dating, sedimentary basin, muons, exotic supergene, Neogene

A new sampling strategy for cosmogenic surface exposure dating of moraines: Amalgamated Boulder Chips (ABCs)

Mehmet Akif Sarıkaya, Ciner Attila*[1], Cengiz Yıldırım

[1] Eurasia Institute of Earth Sciences – Turquie
@ : mehmetakifsarikaya@gmail.com

Moraines are depositional landforms created by glaciers and indicate the extent of the glacial activity. Cosmogenic surface exposure dating has been applied to date numerous moraines worldwide. The geochronological data obtained from these studies have improved our knowledge on the timing of glaciation and allow us to reconstruct the paleoclimate. Due to the geomorphic complications after deposition, such as degradation, exhumation, bedrock erosion, snow cover and toppling of boulders, several (n> 5) large boulder (> 1-2 m) samples should be dated to obtain a reliable age distribution. Generally, the ages on a well-preserved moraine surface show unimodal normal distribution. Frequently, erosion, exhumation and boulder toppling are blamed for the younger outliers. On the other hand, although infrequent, older outliers will indicate inherited nuclide concentration from pre-exposure to cosmic radiation. To obtain the true age of a moraine deposit, one needs to collect several samples that not only greatly increases the budget of the project but also is time consuming. To overcome this problem, we developed a new sampling strategy for dating moraine surfaces by cosmogenic nuclides. We collected rock chips (each _~20 grams) from large boulder (> 1 m) tops located on the crest of moraines. Fourteen to 32 boulders were chosen for sampling every _~20 m. All rock chips were amalgamated to make one sample. To test the suitability of the method we also sampled 3 large boulders (> 1 m), as it is done classically, from the same surface. The age results from the two Late Pleistocene moraines and one rock glacier surface show no difference in terms of boulder exposure ages. Three 36Cl ages from one single lateral moraine in Çimi Valley of Geyikdağ, central Taurus, are 11.3±2.6 ka, 13.0±3.0 ka and 11.3±2.6 ka (all ages have no erosion corrections) and yield a weighted average age of 11.9±1.6 ka, while the amalgamated boulder chips' (ABCs) age is 11.4±2.6 ka. Another well developed terminal moraine (so called Zor Moraine) in the G'uneycik Valley of Geyikdağ, yielded ages as 5.0±1.0 ka, 7.4±1.5 ka and 3.6±0.7 ka (presumed as outlier due to toppling), while the ABCs' age is 6.1±1.3 ka. The rock glacier boulder samples yielded ages of 11.7±2.5 ka, 13.0±2.8 ka and 9.0±2.0 ka, while the rock glacier ABCs' age is 10.2±2.3 ka. These results clearly indicate that the age obtained from ABCs is reliable and can safely replace classical methodology that requires collection of several samples from a moraine surface. The use of ABCs sampling strategy will considerably decrease the time and budget allocated to date a landform.

Mots-Clés: new cosmogenic dating methodology, moraines

Subsidence de la plateforme de la Sonde (Asie du Sud-Est) : contraintes apportées par la modélisation des récifs

Anta-Clarisse Sarr*[1], Anne-Morwenn Pastier[2], Laurent Husson[1], Mary Elliot[3], Camilo Arias Ruiz[3], Kevin Pedoja[4]

[1] ISTerre – Univ. Grenoble Alpes, CNRS : UMR5275 – BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9, France
[2] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[3] Lab. de Planétologie et Géodynamique de Nantes (LPGN) – CNRS : UMR6112, INSU, Univ. Nantes – 2 Rue de la Houssinière - BP 92208, 44322 Nantes Cedex 3, France
[4] Morphodynamique continentale et côtière (M2C) – Normandie Univ – UNICAEN – UNIROUEN – CNRS : UMR 6143 – 14000 Caen, France
@ : anta-clarisse.sarr@univ-grenoble-alpes.fr

En Asie du Sud-Est, la surrection domine la partie centrale (Est Indonésie) alors que les domaines de plateformes continentales, à l'Est et à l'Ouest, semblent être dominés par de la subsidence. Cela se traduit par des morphologies côtières contrastées avec une prédominance de récifs barrières, de terrasses surélevées et d'encoches marines dans les zones d'uplift alors que le contour des plateformes est occupé par de larges plaines alluviales recouvertes de mangroves. Des études récentes sur la plateforme de la Sonde proposent par ailleurs qu'elle subit une subsidence dynamique liée à l'activation de la subduction Sumatra-Java depuis l'Eocene. Cependant, les taux de subsidences estimés sont rares, excepté à la marge de la plateforme et dans les bassins sédimentaires. Afin de contraindre les vitesses de subsidence, un modèle qui reproduit l'évolution de la morphologie récifale au cours du temps a été utilisé. Il tient compte de la croissance récifale, des variations du niveau marin, de l'érosion sous-marine et de la sédimentation subséquente. Une étude paramétrique a été menée afin de tenir compte de l'incertitude sur certains processus (pentes, vitesse verticale, taux de croissance). Les profils topographiques obtenus comparés aux paramètres morphologiques du récif de l'ile de Belitung montrent que l'ile subside probablement à un taux compris entre 0,2 et 0,45 mm/an depuis le pleistocene. Etant donné la faible bathymétrie de la plateforme (- 120 m maximum), cela implique qu'elle était en partie continuellement émergée, même en période de haut niveau marin.

Mots-Clés: subsidence, Sunda shelf, coral, modeling

Contraindre les taux d'incision des vallées depuis le Miocène ancien : nouveautés, potentialités et limites

Amandine Sartégou*[1,2], Régis Braucher[1], Pierre-Henri Blard[3], Didier Bourlès[1], Marc Calvet[2], Bouchaïb Tibari[3], Laurent Zimmermann[3], Pierre Voinchet[2], Jean-Jacques Bahain[2], Patrick Sorriaux, Gabriel Hez, Yanni Gunnell[4], Aster Team[1]

[1] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., IRD, CNRS : UMR7330 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[2] Histoire naturelle de l'Homme préhistorique (HNHP) – CNRS : UMR7194, MNHN, Univ. Perpignan – Institut de Paléontologie Humaine 1, rue René Panhard, 75013 Paris, France
[3] Centre de recherches petrographiques et géochimiques (CRPG) – CNRS : UMR7358, Univ. Lorraine – 15 Rue Notre Dame des Pauvres - BP 20, 54501 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex, France
[4] Environnement Ville Société (EVS) – CNRS : UMR5600, Univ. Lyon – 18 rue Chevreul, 69362 Lyon Cedex 07, France
@ : amandine.sartegou@univ-perp.fr

Le soulèvement tectonique des chaînes de montagnes actives contrôle a priori les rythmes et les taux d'incision des vallées fluviales, lesquels sont à leur tour modulés par les changements climatiques répétés du Quaternaire. Une option pour contraindre les mouvements verticaux à long terme est de quantifier les taux d'incision par le biais de marqueurs géométriques passifs du soulèvement tels que les terrasses alluviales. Cependant, selon les contextes géomorphologiques, il n'est pas toujours possible de contraindre les mouvements verticaux de la lithosphère à partir de tels marqueurs. Dans les massifs calcaires les réseaux karstiques peuvent constituer une alternative : ils offrent en effet l'opportunité de déterminer à partir de la concentration en cosmonucléides produits *in situ* dans les quartz la durée d'enfouissement d'alluvions fluviatiles produits par la partie amont des bassins versants et piégés à la traversée des chaînons calcaires périphériques. En effet, au fur et à mesure de l'encaissement de la vallée, différentes générations de conduits épinoyés horizontaux se mettent en place, les réseaux plus récents se formant en-dessous des générations précédentes. Ces galeries étagées enregistrent les paléoaltitudes des paléoniveaux de base locaux. Dès lors qu'elles piègent des alluvions fluviatiles, les galeries épinoyés sont assimilables à des niveaux de terrasses alluviales étagées que l'on peut dater par diverses méthodes. Cependant, la densité de paléodrains sub-horizontaux sur une tranche altimétrique (relativement à la précision des techniques de datations), le contexte géodynamique, voire paléoclimatique, les réorganisations des réseaux de drainage, peuvent engendrer des histoires de remplissages des réseaux plus complexes qu'escomptées. De ce fait, contraindre justement et précisément l'âge d'un dépôt peut s'avérer infructueux. Les résultats de croisements inter-méthodes (26Al/10Be, 10Be/21Ne et Résonance paramagnétique électronique) sur des alluvions intrakarstiques des vallées de l'Ariège et de la Têt (Pyrénées centrales et orientales) seront présentés. Le couple de nucléides cosmogéniques 26Al – 10Be permet de déterminer des durées d'enfouissement comprises entre 200 ka et 5,5 Ma. L'utilisation du 21Ne permet de repousser cette limite temporelle au delà de 10 Ma. Les résultats présentés ici sont parmi les premières déterminations de durées d'enfouissement antérieures au Miocène récent et permettent de caractériser le creusement des vallées sur le long terme (16 Ma) dans des conditions particulières. Les sédiments prélevés ont également permis de mettre en évidence des histoires de dépôts complexes, notamment par un croisement avec la RPE, sans pour autant les expliciter totalement. Nous discuterons également de la validité de cette application en contexte montagneux.
Remerciements : ces travaux sont intégralement financés par le BRGM dans le cadre du programme du Référentiel géologique de la France – chantier Pyrénées.

Mots-Clés: Pyrénées, nucléides cosmogéniques, karst, incision, orogenèse, évolution relief, régolithe

Évolution morphogénique des Pyrénées orientales vue par les datations cosmogéniques de systèmes karstiques étagés

Amandine Sartégou*[1,2], Régis Braucher[2], Pierre-Henri Blard[3], Didier Bourlès[2], Marc Calvet[1], Patrick Sorriaux, Bouchaïb Tibari[3], Laurent Zimmermann[3], Christophe Bès, Jean-Claude Gayet, Gabriel Hez, Philippe Moreno, Sylvette Ournié, Bernard Ournié, Spéléo-Clubs Arize et Haut-Sabarthez, Yanni Gunnell[4], Audry Bourdet, Valéry Guillou[2], Aster Team[2]

[1] Histoire naturelle de l'Homme préhistorique (HNHP) – CNRS : UMR7194, MNHN, Univ. Perpignan Via Domitia, 52, avenue Paul Alduy, 66 860 Perpignan Cedex 9, France
[2] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., INSU, IRD, CNRS : UMR7330 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[3] Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG) – CNRS : UMR7358, Univ. Lorraine – 15 Rue Notre Dame des Pauvres, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy, France
@ : amandine.sartegou@univ-perp.fr
[4] UMR 5600 - Univ. Lyon 2 – 4Bis Rue de l'Univ., 69007 Lyon, France

Le soulèvement tectonique des chaînes de montagne actives contrôle a priori étroitement les rythmes et les taux d'incision des vallées fluviales, lesquels sont à leur tour modulés par les changements climatiques répétés du Quaternaire. Les Pyrénées ne sont pas considérées comme une chaîne active malgré certaines évidences néotectoniques et la micro-sismicité. Toutefois, des travaux récents (Ford *et al.*, 2015) ont montré que la chaine n'avait probablement jamais atteint un état stationnaire. Nous avons utilisé les réseaux karstiques témoins de l'encaissement de la vallée pour tenter d'éclaircir ce débat. En effet, dans le contexte géomorphologique du massif calcaire considéré, différentes générations de conduits épinoyés horizontaux enregistrant les paléoaltitudes des paléoniveaux de base locaux se mettent en place au cours de son évolution, les réseaux plus récents se formant endessous des générations précédentes (*e.g.* Palmer, 2007 ; Audra *et al.*, 2013). Dès lors qu'elles piègent des alluvions fluviatiles, les galeries épinoyées sont assimilables à des niveaux de terrasses alluviales étagées que l'on peut dater par diverses méthodes. Nous avons donc déterminé les durées d'enfouissement de sédiments détritiques dans 61 cavités des vallées de la Têt, de l'Ariège, de l'Aude et de la Boulzane, *via* les méthodes 26Al /10Be et 10Be/21Ne, en sus d'observations morphologiques (développement des réseaux, analyse des étagements). Ces trois vallées offrent en effet des étagements conséquents et les fleuves qui les parcourent sont connectés à des niveaux de base distincts (façades Atlantique et Méditerranéenne). Les résultats préliminaires sur les trois vallées nous permettent de documenter des incisions continues et polyphasées du Burdigalien (~16 Ma) jusqu'à l'actuel. L'ouverture du Golfe du Lion semble avoir fortement influencé l'évolution de la vallée de la Têt, et les variations eustatiques depuis le Messinien pourraient avoir été un facteur important dans son histoire récente. A hauteur de la vallée de l'Ariège, la chronologie est très complexe à restituer, et l'influence du facteur climatique est loin d'être négligeable du fait des épisodes glaciaires ayant notamment entraîné le ré-ennoiement de certains réseaux. D'autres analyses sont actuellement en cours afin de statuer sur les implications dynamiques des données d'incision récoltées et de contraindre l'évolution de la vallée de l'Aude.

Remerciements : ces travaux sont intégralement financés par le BRGM dans le cadre du programme du RGF – chantier Pyrénées. Nous tenons également à remercier la DREAL et la DRAC Languedoc-Roussillon-Midi-Pyrénées, l'Association TM 71, et les concessionnaires des grottes de Bédeilhac, de Lombrives et de l'Aguzou pour nous avoir offert l'opportunité de visiter et d'échantillonner les cavités protégées de l'Ariège et de l'Aude.

Mots-Clés: Pyrénées, nucléides cosmogéniques, karst, incision, orogenèse, évolution relief, régolithe

Prévision de la turbidité par apprentissage statistique: cas du forage d'alimentation en eau potable d'Yport

Michaël Savary*[1], Anne Johannet[2], Nicolas Massei[1], Jean-Paul Dupont[1], Emmanuel Hauchard[1,3]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ – UNIROUEN – UNICAEN – CNRS : UMR 6143 – 76000 Rouen, France
[2] Lab. de Génie de l'Environnement Industriel (LGEI) – Ecole Nationale Supérieure des Mines d'Alès – 6 avenue de Clavières 30319 Alès, France
[3] Communauté d'agglomération havraise – CODAH – France
@ : michael.savary1@univ-rouen.fr

Près de 25% de la population mondiale est alimentée par de l'eau en provenance d'aquifères karstiques. La compréhension et la protection des aquifères karstiques apparait donc comme essentielle dans le cadre d'une augmentation des besoins en eau potable.

La Normandie (France), utilise principalement l'eau en provenance de l'aquifère de la craie. Cet aquifère présente régionalement une ressource très importante et une karstification fortement développée. Une forte érosion du sol associée à cette karstification, apportant une connexion importante entre la surface et l'eau souterraine, provoque l'augmentation de la turbidité de l'eau souterraine. La modélisation et la prédiction de ces augmentations de turbidité apparait comme un travail difficile du fait des nombreux phénomènes et paramètres régissant la turbidité ainsi que la non-linéarité de la réponse entre les précipitations et la turbidité.

Dans ce contexte, notre travail a pour objectif de créer un model prédictif des arrivées d'eau troubles au niveau de la station de pompage d'Yport, responsable de l'alimentation en eau potable de près de 50% des habitants de l'agglomération Havraise (173 142 habitants). Classifié captage Grenelle dans le cadre de la loi Grenelle de 2009, ce captage fait l'objet d'un suivi afin de limiter la présence de pesticides et de nitrates. Du fait de leur aptitude à modéliser les processus non-linéaires sans nécessiter d'information sur les propriétés physiques du milieu, les modèles de types boîte noire et plus précisément les réseaux de neurones formels semblent bien adaptés.

Le bassin d 'alimentation d'Yport s'étend sur 320 km^2 et sa couverture est principalement occupée par des terrains agricoles et naturels (forêt). Les dolines (ou bétoires), de par leur capacité d'infiltration, concentrent le ruissellement provoqué par la présence d'une croute de battance que forment les loess. L'eau émerge ensuite au niveau de plusieurs sources situées dans la zone tidale avec un débit estimé à 1m3/s. La station de pompage d'Yport est située à 1 km en amont des sources dans le conduit karstique et produit un volume moyen de 3 950 000 m3/an.

Un premier travail de modélisation prenant en compte les précipitations horaires moyennes (moyenne de 6 pluviomètres) sur le bassin d'alimentation a été réalisé. Différentes architectures de modèles ont été testées afin d'effectuer la prédiction 12h en avance du dépassement d'un seuil de 100 NTU. Ce travail a mis en évidence d'une part la réelle capacité des réseaux de neurones à prédire la turbidité via l'utilisation des seules précipitations, et d'autre part, les apports propres à chacune des architectures. Dans un deuxième temps, grâce à l'introduction de précipitations spatialisée et l'optimisation du pas d'échantillonnage, nous discutons les apports et limites de ces améliorations pour effectuer des prévisions de valeurs crête et de dépassement de seuil 24h à l'avance.

Mots-Clés: turbidité, prédiction, réseaux de neurones, Yport, AEP

Impacts of tsunamis on the shallow marine sedimentation in the Bay of Pago Pago (Tutuila Island, American Samoa)

Jean-Luc Schneider*[1], Catherine Chagué-Goff[2], Eric Chaumillon[3], Thierry Corrège[1], Stéphane Bujan[1], John Butscher[4]

[1] Univ. Bordeaux, UMR CNRS 5805, EPOC – CNRS : UMR5805, Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers – Allée Geoffroy St Hilaire, 33615 Pessac Cedex, France
[2] University New South Wales Australia – Kensington 2052, Australie
[3] Littoral Environnement et Societes (LIENSs) – Univ. La Rochelle, CNRS : UMR7266 – 2 rue Olympe de Gouges 17000 La Rochelle, France
[4] IRD – Centre IRD de Nouméa, Nouméa 98848, Nouvelle-Calédonie

Samoa Islands are recurrently affected by tsunamis generated from regional (Tonga-Kermadec subduction zone) or remote sources (teletsunamis). Recently, they have been affected by the 29 September 2009 South Pacific Tsunami that led to numerous destructions and casualties. Tsunami deposits develop mainly onshore on coastal plains and are characterized by sandy deposits emplaced during uprushes that have a limited preservation potential. During the backwash, both marine sediments emplaced onshore and terrestrial material eroded during the event are transported back to the sea. Tutuila Island (American Samoa) has been affected by numerous tsunamis during the last decades and displays morphology of the coastline favorable to backwash sedimentation in narrow bays. The objective of the SAMOA-SPT cruise onboard R/V *Alis* (August-September 2015) was to identify submarine tsunami backwash deposits in shallow water around Tutuila Island and to evaluate the possibility to reconstruct past events.

The most favorable target on Tutuila Island is the Pago Pago bay, which is narrow (0.5-1 km wide) with a length of 5 km for its inner part, protected from major storms, and with a low tide range ($<$ 1m). Swath bathymetry data show a smooth morphology of the bottom of the bay with a low slope ($<$ 2°), except in the innermost part that is bordered by numerous sediment mounds. Backscatter data indicate that the sediment mounds are highly reflective contrasting with the low reflective character of the fine-grained sediments of the main part of the bay. In the innermost part of the bay again, the very low backscatter signal suggests a high water content of the sediment. These sediments, emplaced between the mounds, display a layered echo type on seismic profiles. All these characteristics suggest that the sediments were deposited recently.

Core data show that the background sedimentation in the bay is carbonate dominated (calcite-rich silt) with interbedded thin clastic layers. Preliminary petrographic and geochemical (XRF) data indicate a sediment provenance from the emerged part of Tutuila Island. Particularly, Pb and Zn anomalies of these thin layers could be of anthropic origin. Then, these layers appear to be sedimentary signatures of tsunami backwash deposits. Dating (in progress) will allow the reconstruction of the chronology of past tsunamis that have affected the island. These data are crucial for the tsunami hazard assessment in the Southwest Pacific.

Aknowledgements: We aknowledge the crew of R/V *Alis* and Captain J.-F. Barazer for highly professional work at sea. The SAMOA-SPT project is funded by CNRS-INSU and CNRS-UMR 5805 EPOC.

Mots-Clés: sédimentation événementielle, tsunami, backwash, Tutuila Island, American Samoa

Syn-sedimentary deformations in the Quaternary coversands of the Plateau Landais (Gironde, SW France): co-seismic vs periglacial?

Jean-Luc Schneider*[1], Brigitte van Vliet-Lanoë[2], Luca Sitzia[3], Thibault Cavailhes[1]

[1] Univ. Bordeaux, UMR CNRS 5805, EPOC – CNRS : UMR5805, Observatoire Aquitain des Sciences de l'Univers – Allée Geoffroy St Hilaire, 33615 Pessac Cedex, France
[2] UBO Domaines océaniques – Univ. Bretagne Occidentale [UBO] – Institut Universitaire Européen de la Mer, 29380 Plouzané, France
[3] de la Préhistoire à l'Actuel, Cultures, Environnement, Anthropologie (PACEA) – CNRS : UMR5199 – Bâtiment B18 Univ. Bordeaux Avenue des Facultés 33405 Talence Cedex, France

Syn-sedimentary deformations are recognized in the Quaternary coversands of the Plateau Landais (Gironde, SW France), south of the Garonne River (Schneider *et al.*, 2012). Two examples are presented: Cestas – Pot-aux-Pins (Cestas PaP, OSL, $\approx$ 50 ka, Sitzia *et al.*, 2015) and Larrousey (14C, $\approx$ 40 ka cal. BP, Sitzia *et al.*, 2015).

In Cestas – PaP, soft-sediment deformation structures affect intervals of aeolian sandy deposits and consist of: (1) cm-scale drop-shaped silty liquefaction structures that penetrate the underlying sandy layers that are deformed along the contacts; (2) few microfaults with centimeter offsets; (3) clastic dikes with a fluidified sand infill related to a more important fracturing. Ice lensing traces are postdeformational. Balls are connected to the upperlying layer that sometimes displays basal flame.

In Larrousey, below the edge of an overlying aeolian dune (Younger Dryas, = confining barrier), metric folds consist of antiforms related to diapir-like gravelly sand injections and sediment fracturing, and synforms to liquefaction structures. The top of the deformed layer displays small faults filled by underlying sediments.

In Cestas PaP, the liquefaction structures were interpreted as periglacial deformations because of their regularity (Sitzia *et al.*, 2015), but the presence of clastic dikes and microfaults suggest the effects of a co-seismic acceleration. Usually, silty sediments are easily liquefied, but here silty sediments penetrate the denser underlying sands. However, the fracturing and the filling of the clastic dikes, initially inherited from a periglacial ground (frost desiccation), could occur secondarily by an ascending flow of liquefied sand through fractures. The ascent of this slurry flow could then be arrested by the overlying clayey permeability barrier. The overpressure is subsequently compensated by the descending flow of the silty balls. In Larrousey, all the evidence suggests a co-seismic origin of the structures and periglacial deformation must be rejected. Their location beneath the side of an overlying dune suggests a co-seismic spreading of the dune that has induced the underlying deformation.

The evidences suggest a co-seismic origin of the sediment deformation. SW France is an area of present-day moderate seismicity. A stronger seismicity can be evoked during interglacial periods of the Pleistocene and the Younger Dryas as a consequence of ice de-loading of the Pyrénées and subsequent lithospheric glacio-isostatic rebounds and reactivations of extension faults of the northern edge of the Parentis basin located south of the studied area.

Schneider, J.L., Van Vliet-Lanoë, B., Sitzia, L. (2012). Déformations co-sismiques à Cestas-Pot-aux-Pins et Larrousey. In: *Quaternaire continental d'Aquitaine.* AFEQ-ASF, 140-152.

Sitzia, L. *et al.* (2015). The Quaternary coversands of Southwest France. *Quatern. Sci. Rev.* 124, 84-105.

Mots-Clés: séismites, déformation co-sismique, Gironde, Quaternaire, France

La nature du panneau plongeant ibérique : apport des massifs métamorphiques pyrénéens

Clotilde Schnell*, Loïc Labrousse[1], Sébastien Chevrot[2], Yann Capdeville[3]

[1] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – 4, place Jussieu, BP CC129, 75252 Paris Cedex 05, France
[2] Institut de recherche en astrophysique et planétologie (IRAP) – CNRS : UMR5277, Obs. Midi-Pyrénées, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III – 14, avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[3] Lab. de Planétologie et Géodynamique de Nantes – CNRS : UMR6112 – Univ. Nantes – Nantes, France

Les données récemment acquises dans le cadre du programme PYROPE (Chevrot et al., 2014) montrent un panneau plongeant ibérique sous la plaque Eurasie. Le toit de ce panneau est bien imagé jusqu'à des profondeurs de 70-80 km. La base du même panneau se perd à des profondeurs bien moindres ($\sim$ 50 km), impliquant des contrastes évoluant différemment en base et au sommet du panneau. Cette portion de croûte a donc vu ses propriétés changer de la base au sommet et sans doute au fur et à mesure qu'elle s'enfonçait dans les conditions de pression (et de température ?) du faciès des éclogites. Si ce panneau plongeant est constitué de croûte post-varisque inférieure à médiane de la plaque Ibérie, alors ses propriétés sismiques doivent se rapporter à celles des portions de socle exhumées dans la chaîne elle-même. La présente étude vise à étudier les propriétés des lithologies possiblement représentatives de ce panneau plongeant à partir des affleurements de socle des Pyrénées. Les portions granulitiques des massifs de l'Ursuya et du Saint-Barthélémy sont parmi les séries de plus haut grade affleurant dans les Pyrénées, elles constituent donc les meilleurs analogues locaux de la croûte médiane à inférieure possiblement impliquée dans le panneau plongeant imagé. Les propriétés actuelles des roches sont déterminées par EBSD : la forte proportion de biotite et pyroxène et l'intense déformation des gneiss contrôlent leur anisotropie sismique. Ces valeurs constituent le pôle " croûte varisque préservée" de notre étude. La modélisation des paragenèses attendues pour ces chimies dans les conditions pression-température actuelles du panneau plongeant permettent de calculer la gamme de vitesses et d'anisotropies sismiques pour le pôle "croûte entièrement rééquilibrée" de notre étude.
Le transfert d'échelle des données pétrophysiques ponctuelles à l'échelle de la croûte est contrôlé par le levé de sections lithostratigraphiques d'échelle kilométrique dans les deux massifs concernés. La comparaison des données synthétiques aux données naturelles permet *in fine* de discuter de la nature du panneau plongeant et de la représentativité des massifs à l'affleurement pour la croûte profonde ibérique.

Mots-Clés: Pyrénées, pétrophysique, subduction, croûte inférieure

Seismic structure of the Maranhão-Barreirinhas-Cearà margin, NW Brazil, from the MAGIC wide-angle seismic experiment

Philippe Schnurle*[1], Flora Gallais[1], Alexandra Afilhado[2,3], Maryline Moulin[1], Nuno Dias[2,3], José Soares[4], Afonso Loureiro[2], Reinhardt Fuck[4], José Cupertino[5], Adriano Viana[5], Luís Matias[2], Mikaël Evain[1], Daniel Aslanian[1]

[1] Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Géosciences Marines (GM) – Technopôle Brest-Iroise, CS 10070, 29280 Plouzané Cedex, France
[2] Instituto Dom Luiz (IDL) – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, Portugal
[3] Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL) – Rua Conselheiro Emídio Navarro, 1 1959-007 Lisboa, Portugal
[4] Universidade de Brasilia (UnB) – Brésil
[5] PETROBRAS – Brésil

The structure of the North-East equatorial Brazilian margin was investigated during the MAGIC experiment conducted in Equatorial Atlantic Ocean bounded to the North by the São Paulo Double Fracture Zone and to the South by the Romanche Fracture Zone. Its main objective is to understand the processes which lead to the thinning and finally to the breakup of the continental crust in a specific context of a pull-apart system with two strike-slip borders.
The survey consists of 5 deep seismic profiles totaling 1900 km of reflection and wide angle acquisition with 143 OBS deployments. Three of the profiles were extended onshore using land stations at a total of 50 points. The experiment was devised to obtain the 2D structure along the profiles from forward modeling.
The analysis of the seismic dataset reveals from SW to NE 5 distinct domains oriented NW-SE that shows the evolution from unthinned continental crust to thin oceanic crust:
a) The unthinned continental crust thickness increases from 32 km in the Borborema-Ceará to 40 km in the Barreirinhas-Parnaíba province and the Ilha da Santana Platform;
b) The necking zone, where crustal thickness thins to about 10 km, is about 30 km wide at Borborema-Ceará, 50 km at Ilha da Santana, but considerably wider ($>$ 125 km) at the Barreirinhas margin at the corner of the pull-apart system, with two steps first in the upper crust then in middle/lower crust;
c) An intermediate domain, composed of the southern Basin II presenting 5-7 km thick sedimentary sequence and the shallower Northern basin III, extending into the São Paulo Double Fracture Zone and presenting 2.5-4.5 km thick marine sediments underlain by 2-3 km volcano-sedimentary to volcanic layers. The basement exhibits on all profiles a 5 km- thickness (with velocity ranging from 6.2 to 6.6 km/s). Bellow, a 2-3 km thick layer with very high velocity (7.4-7.6 km/s) and marked by reflections at the top and base is observed at Basin II. This layer joins the fourth continental layer imaged (only) beneath the Parnaíba-Barreirinhas province, and is interpreted as exhumed lower continental crust;
d) a 60 km-wide domain, bounded to the SW by a NW-SE volcanic line, that consists in a 5 km thick crust presenting 2 layers characterized by high acoustic velocity and interpreted as proto-oceanic crust and overlain by 5.5 km of sedimentary deposits;
e) a 5 km thick oceanic crust consisting of 2 layers and overlain by 5.5 km of sediment, spanning between the two main fracture zones.

Mots-Clés: marges passives, Brésil, Océan Atlantique Équatorial

Influence de la tectonique, des lithologies et de l'histoire géologique du massif armoricain sur la géomorphologie de son trait de côte et les aléas littoraux associés : Exemple de 2000 km de côtes bretonnes de la Manche

Jean-Michel Schroëtter*[1]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – DR Bretagne – 2, rue de Jouannet, 35700 Rennes, France

La géomorphologie du trait de côte (TdCma) du Massif armoricain, par sa complexité, n'avait jusqu'à présent pas fait l'objet d'une cartographie détaillée permettant un bilan précis de sa lithologie et de l'influence de son histoire géologique en relation avec l'érosion côtière.
Entre 2011 et 2013, le support cartographique du trait de côte (HistoLitt V2.0 ; SHOM-IGN) a pu être enrichi :
(1) de la donnée des cartes géologiques au 1/50 000 corrigée par des observations de terrain ;
(2) d'investigations de terrain pour en préciser la géomorphologie, les linéaires en érosion et altérés ;
(3) du levé des mouvements gravitaires, sous-cavages et cavités en fonction des discontinuités tectoniques.
Cette cartographie " géolo-morphologie côtière " précise au 1/10 000 a ainsi permis de dresser un bilan précis des enjeux côtiers. Ainsi, sur un total de 2072,5 km de TdCma, 25,8 % (534,8 km) de côtes aménagées, 23,46 % (486,19 km) de côtes d'accumulation (basses et meubles) et 50,74 % (1051,5 km) de côtes rocheuses ont été mises en évidence. Parmi les côtes naturelles (d'accumulation et rocheuses), 11,14 % (230,93 km) étaient en érosion, avec pour répartition 7,40 % (77,84 km) pour les côtes rocheuses et 31,49 % (153,06 km) pour les côtes meubles.
Pour les côtes rôcheuses, la définition d'indicateurs de " prédisposition à l'érosion " pour chaque lithologie, tels que : (1) les rapports de linéaires sains et en érosions, (2) les rapports de linéaires sains et altérés ou encore (3) les densités de mouvements gravitaires et (4) les densités de cavités, au kilomètre linaire,, a permis une classification de de " prédisposition à l'érosion " sur une échelle de 1 à 5. Cette classification souligne que i) les granitoïdes, les roches métamorphiques (gneiss, micaschistes), les volcanites et méta-volcanites acides ont une prédisposition faible de 1, ii) les roches métamorphiques basiques, grés armoricain et volcano-sédimentaires, de 2, iii) les roches sédimentaires (schisto-gréseuses) et les roches plutoniques à volcaniques basiques de 3, iv) les roches de faille et filoniennes, de 4, avec enfin v) la prédisposition à l'érosion la plus élevée, de 5, pour les dépôts de pente (de type head).
Cette analyse des lithologies et de la morphologie du TdCma, en relation avec les mouvements gravitaires relevés en fonction des discontinuités tectoniques, décrit une géométrie fractale du TdCma et qui confrontés à l'inventaire des submersions marines, montre qu'elles se localisent principalement dans des bassins tectoniques cénozoïques.

Mots-Clés: littoral, érosion, géomorphologie, aléa, Bretagne, Manche

Evolution des peuplements de foraminifères et environnement sédimentaire au cours du Lias supérieur-Dogger basal dans les Monts des Ksour (Atlas Saharien occidental, Algérie)

Abbes Sebane*[1], Abdia Touahria Sebane[1]

[1] Lab. Géodynamique des Bassins et Bilan sédimentaire (GéoBaBisé) – Univ. Oran 2 Mohamed Ben Ahmed, Algérie
@ : touahria_abdia@yahoo.fr

Après l'épisode de baisse relative du niveau marin enregistré pendant le Domérien supérieur, l'évolution quantitative des foraminifères, montre un approfondissement progressif du milieu qui est contrôlé par la dynamique tectono-sédimentaire locale. Elle s'organise selon une écoséquence qui enregistre la remontée générale du niveau de la mer au début du Toarcien, mais aussi un confinement progressif des eaux profondes. Au début de la zone à Polymorphum, des espèces déroulées et de petite taille (Nodosariidés) indiquent l'ouverture du sillon atlasique. Au milieu de cette dernière, ces formes sont associées aux Polymorphinidés et Cératobuliminidés qui témoignent d'un milieu profond, isolé et souvent confiné. L'évolution de l'écoséquence se termine, à la base de la zone à Levisoni, par un important changement paléoenvironnemental, marqué par un enrichissement en matière organique. Il s'agit d'un épisode sans foraminifères (fin de la zone à Polymorphum-début de la zone à Levisoni) qui correspond à un régime d'ombilic favorisant l'hypoxie contemporaine responsable de la crise majeure du Toarcien. A la fin du Toarcien inférieur (zone à Levisoni) et pendant le Toarcien moyen (zones à Bifrons-Gradata), l'évolution de l'écoséquence est inversée en réponse au comblement des zones profondes ; elle évolue dans un environnement plus ouvert et plus oxygéné permettant le développement et la diversification de la vie benthique. Pendant le Toarcien supérieur, s'installe un milieu de pente distale. Les Nodosariidés sont très abondants et sont associés à des Spirillinidés et Cératobuliminidés dont les proportions sont relativement faibles.
A partir de l'Aalénien, le milieu s'approfondit de nouveau. Les foraminifères sont représentés par des assemblages variés de Nodosariidés et de Cératobuliminidés.
La période bajocienne reste soumise aux mêmes conditions de sédimentation. Elle est marquée par un renouvellement de la microfaune. L'évolution sédimentaire indique une séquence d'approfondissement qui est en accord avec celle des foraminifères comme en témoigne l'apparition des Epistominidés et les premières *Globuligerina*, typiques des milieux pélagiques. Ces dernières formes montrent un test à paroi mince, interprété généralement comme un caractère d'eau profonde.

Mots-Clés: Foraminifères, environnement sédimentaire, Lias supérieur, Dogger basal, Monts des Ksour

Optimiser le ratio eau/liant pour recycler des cendres volantes papetières et du laitier moulu (co-produit industriel) pour la fabrication de mortiers de construction

Sahar Seifi*[1], Daniel Levacher[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
@ : daniel.levacher@unicaen.fr

Les cendres volantes papetières (CVP) sont les résidues qui proviennent de la combustion des boues de papier générées par l'industrie du papier. La composition est variable et dépend aux conditions de fabrication de papier et aussi le cycle de traitement pendant la combustion. Elles sont riches en des éléments Ca, Si, Al, Mg et K. Elles sont considérées comme des déchets et la méthode classique pour les éliminer est la mise en décharge, mais actuellement trouver un site d'enfouissement disponible est devenu plus en plus difficile et couteux. D'autre coté concernant des nouvelles réglementations environnementales et l'économie circulaire, un processus de conception adapté pour créer les nouveaux matériaux est nécessaire. En conséquence valorisation des CVP comme un constituant principal d'un matériau est une nouvelle façon de les réutiliser et de les remettre dans le cycle naturel.
Il existe plusieurs voies de valorisation mais le grand intérêt est dans le domaine des travaux publics et ils sont les grands consommateurs de ces matériaux pour fabriquer les mortiers, bloques et en générale les produits à la base de ciment. CVP avec une granulométrie très fine et forte réactivité avec l'humidité peut utiliser comme adjuvants dans les industries du béton et du ciment.
Cette étude a pour objectif de remplacer partiellement ou totalement des matériaux classiques par des déchets dans l'industrie de construction comme fabrication des mortiers à base de CVP et laitier moulu. Laitier granulé de haute fourneau (GGBS) également est un by-Product à valoriser. Il est un matériau secondaire issu de la fabrication de la fonte. Le minerai de fer et le fondant sont portés à haute température dans un haut-fourneau. Le laitier moulu, obtenu par séchage et broyage ultérieur du laitier granulé et il est constitué des oxydes majeurs CaO, SiO2, Al2O3 et MgO. L'idée est d'optimiser le ratio E/L(eau/liant) et formuler un liant hydraulique à base de CVP. La formulation de liant est : 70% CVP +15% ciment +15% laitier moulu. Objective est de diminuer le teneur en eau dans le mélange et augmenter la quantité de CVP et GGBS par rapport de pourcentage de ciment (réduire les émissions de CO_2). Une fois que le ratio est fixé, d'après les résultats d'essais d'affaissement au cône d'Abrams, temps de prise et de consistance avec l'appareil de Vicat. Des échantillons de 4*4*16 cm auront préparé pour déterminer les résistances mécaniques à la compression après 2 jours, 7 jours et 28 jours.

Mots-Clés: cendre volante papetière, laitier moulu, mortier, valorisation

Albien du Bassin de Paris : Géométries sédimentaires, interprétation séquentielle et évolution paléogéographique

Magali Sévenier*[1], Eric Lasseur[1], Philippe Landrein[2], François Guillocheau[3]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – France
[2] Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) – Parc de la Croix Blanche, rue Jean Monnet, 92298 Chatenay Malabry, France
[3] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205, 35042 Rennes Cedex, France

La période apto-albienne est marquée par une réorganisation cinématique majeure qui correspond notamment (1) à l'ouverture du golfe de Gascogne, (2) à la réactivation des failles de la Manche (contexte extensif) et (3) à la fermeture de la Paléo Téthys (contexte compressif).
Dans le bassin de Paris, l'Albien se dépose au-dessus d'une surface d'érosion majeure, d'âge Aptien supérieur s'enregistrant par une troncature des dépôts sur les bordures NE et SW. L'Albien correspond à une reprise de sédimentation terrigène dans des environnements marins et marginolittoraux.
Cette étude a pour principal objectif d'identifier les géométries et les faciès sédimentaires qui constituent ces dépôts sableux. Elle s'appuie principalement sur l'interprétation de données de subsurface (370 diagraphies) en appliquant les principes de la stratigraphie séquentielle. Elle est complétée par la description des forages disponibles. La rareté des données de calage a nécessité la définition d'un modèle d'électrofaciès des dépôts côtiers et deltaïques de l'Albien.
Les résultats sont restitués sous forme de transects, de cartes d'isopaques et de cartes paléogéographiques :
(1) 3 cycles du 3ème ordre ont été identifiés (Sables Verts, Sables des Drillons et Sables de Frécambault). Ces cycles sont eux-mêmes divisés en cycles d'ordre supérieur (4ème ordre). Les cartes de paléogéographies et les cartes d'isopaques ont été construites pour chaque cycle de 4ème ordre.
(2) Au-dessus de la discontinuité Aptien supérieur, la paléogéographie et la distribution des épaisseurs évoluent avec à l'Albien inférieur moyen une subsidence centrée entre la faille du Bray et de la Seine, puis progressivement les zones les plus profondes et les plus subsidentes migrent à l'Est de la faille Bray-Vittel.
(4) Les Sables Verts correspondent à une période de transgression progressive en trois cycles successifs en contexte de delta dominé marée. Des environnements de type baie sont aussi identifiés. Cet transgression vient combler la paléotopographie résultante de la déformation apto-albienne.
(5) Les Sables de Drillons sont marqués à leur base par le dépôt d'un prisme de bas niveau aux alentours de la limite Albien inférieur-moyen. Ce prisme semble dû à une chute eustatique mais s'effectue durant une période de déformation grande longueur d'onde du bassin. Après ce prisme de bas niveau la transgression réennoie une large partie du bassin.
(6) Enfin les sables de Frécambault montrent la dynamique transgressive la plus prononcée et s'accompagne d' une réorientation de la paléogéographie. Ces dépôts sont typiquement dominé houle.
(7) Les failles majeures influencent fortement la paléogéographie au début de l'Albien. Puis un léger contrôle sur la paléogéographie des failles de Bray et de Saint-Martin-de-Bossenay reste visible jusqu'à l'Albien moyen.
Cette étude permet pour la première fois d'identifier les géométries, les différents faciès sédimentaires de l'Albien du bassin de Paris et de discuter des paramètres qui contrôlent la sédimentation.

Mots-Clés: stratigraphie séquentielle, Albien, bassin de Paris

Mobility of trace metals between contaminated urban sediments and surface waters: an experimental study from 2 urban rivers in Chennai (India)

Nikita Shumskikh*[1], Viet Van Ngo[1], S. Saravanan[1,2], Cécile Grosbois[1], N. Ambujam[2], Marc Desmet[1]

[1] GéoHydrosystèmes Continentaux (GéHCO) – Univ. François Rabelais : EA 6293 – Parc de Grandmont, 37200 Tours Cedex, France
[2] Centre for Water Research (CWR) – Anna University Chennai Tamil Nadu, Inde
@ : mykyta.shumskykh@univ-tours.fr

Intensification of agriculture, industrial activities plus increasing of urban areas are the 3 main factors that cause sediments contamination, accumulating various trace elements (TE i.e. heavy metals and metalloids). The importance of this problem for aquatic organisms is in the high risk of remobilization and bioaccumulation of such contaminants under specific physicochemical conditions of sediment-water system. Understanding the geochemical behavior of contaminants in sediments can also serve as a basis for selection the proper remediation method.
The main goal of this research project is to evaluate mobility of TE, mostly Cd, Cu, Pb and Zn commonly found in urban systems. Sediments from Cooum and Adyar rivers (Chennai, the 4th largest city of India) were used as a case study. The criteria of 4 selected samples were based on their location in the studied basins, their contamination levels, sedimentary matrix composition and grain size variations (Saravanan *et al*, 2015). A time-dependent leaching protocol was established over 48 h with a solid-solution ratio 1/10, using distilled water at natural pH (7-8) to simulate a monsoon event. Each leaching step (1h, 2h, 6h, 12h, 24h and 48h samples) was analyzed independently. Electrical conductivity and pH were measured at each step before 0.45 mm fraction analyses. To see the potential impact of urbanization, we selected one sample upstream and one in the city on each river. During the leaching experiment, the in-city sample always releases more TE than the upstream sediments, according to a difference in TE levels and sedimentary matrices composition.
Silver and mercury were the most enriched TE in the in-city sediments and considered as urban tracers of the Indian metropolis. Concentrated up to 30 mg/kg for Ag and 6.6 mg/kg for Hg in sediments, they were not released under these leaching conditions towards the surface waters. Some differences in the geochemical behavior of released trace metals have been noticed. Cu, Cd and Zn seem to be more mobile then other TE. The high desorption rate of Cu and Cd can be explained by the increase in the leachates of soluble organic matter concentration which can play role as a reactive surface for these metals (Apul *et al.*, 2010; Chatain *et al.*, 2013; Dijkstra *et al.*, 2004).
In general, the percentage of released TE is very low, representing only a few percent of the total amounts in sediments. However, concentrations of some TE in the aqueous fraction can reach WHO guidelines limits (i.e. average measured Cd concentration after 48h of leaching is 0,0035 mg/L in comparison to the WHO acceptable ecotoxicological limit of 0,003 mg/L; UNEP GEMS Report, 2007). Pb, Cu and Zn concentrations are under WHO limits.
To explain such heterogeneity in trace metals mobility, additional characterization of in-situ TE-bearing phases and selective chemical extraction will be performed.

Mots-Clés: trace element, mobility, leaching, urban sediments, heavy metals, Chennai

The Lake Albert Rift (Uganda, East African Rift System): sediment budget, deformation, basin and relief evolution since 17 Ma

Brendan Simon*[1], François Guillocheau[1], Cécile Robin[1], Olivier Dauteuil[1], Thierry Nalpas[1], Philippe Lays[2], Philippe Bourges[3], Martine Bez[3], Massimo Dall'asta[3]

[1] Géosciences Rennes (GR) – INSU, CNRS : UMR6118 – Univ. Rennes 1 - Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex, France
[2] TOTAL E&P UGANDA – 6th Floor Course View Towers, Plot 21, Yusuf Lule Road, Kampala, Ouganda
[3] TOTAL - Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau, 64018 Pau Cedex, France
@ : brendan.simon@univ-rennes1.fr

This study is based on a coupled basin infilling study and a landforms analysis of the Lake Albert Rift located at the northern part of the western branch of the East African Rift.
The basin infilling study is based on both subsurface data and outcrops analysis. The objective was to (1) actualize age model, (2) to reconstruct the 3D architecture of the rift using sequence stratigraphy correlations and seismic data interpretation, (3) to characterize the deformation and its changes through times and (4) to quantify the accommodation for several time intervals. The infilling essentially consists of isopach fault-bounded units composed of lacustrine deposits wherein were characterized two major unconformities dated at 6.2 Ma (Uppermost Miocene) and 2.7 Ma (Pliocene-Pleistocene boundary), coeval with major subsidence and climatic changes.
The landforms analysis is based on the characterization and relative dating of Ugandan landforms which consist of stepped planation surfaces and incised valleys. We here proposed a seven-steps reconstruction of the deformation-erosion-sedimentation relationships of the Lake Albert Basin and its catchments:
- 55-45 Ma: formation of laterites corresponding to the African Surface during the very humid period of the Lower-Middle Eocene;
- 45-22: stripping of the African Surface in response of the beginning of the East-African Dome uplift and formation of a pediplain which associated base level is the Atlantic Ocean;
- 17-2.5 Ma: Initiation of the Lake Albert Basin around 17 Ma and creation of local base levels (Lake Albert, Edward and George) on which three pediplains tend to adapt;
- 18-16 Ma to 6.2 Ma: "Flexural" stage (subsidence rate: 150-200 m/Ma; sedimentation rate 1.3 km^3/Ma between 17 and 12 Ma and 0.6 km^3/Ma from 12 to 6 Ma) – depocenters location (southern part of Lake Albert Basin) poorly controlled by fault;
- 6.2 Ma to 2.5 Ma: Rift stage 1 (subsidence rate: $>$ 500m/Ma up to 600-800 m/Ma; sedimentation rate: 2.4 km^3/Ma) – Rifting climax;
- 2.5-0.4 Ma: uplift of the Ruwenzori Mountains and shifting from an alluvial system to a network of bedrock river incision – Rift Stage 2 (subsidence rate: 450 to 250 m/Ma; sedimentation rate: 1.5 km^3/Ma);
- 0.4-0 Ma: long wavelength downwarping of the Tanzanian Craton, initiation of the Lake Victoria trough, drainage network inversion and uplift of the present-day Ugandan escarpment (normal faulting motion of the border faults) with formation of perched valleys associated to the Lower Pleistocene (2.5-0.4 Ma) rivers network.
The sediment budget is successful with, between 17 and 2.5 Ma, an excess of 16 % of upstream eroded material compared to the sediment volume deposited that can be explained by the chemical erosion prevailing at this period in Central Africa. The significant (60%) opposite difference between 2.7 and 0 Ma may be the consequence of a high sediment supply resulting from the erosion of the uplifted Ruwenzori Mountains.

Mots-Clés: Lake Albert, East African Rift System, tectono sedimentary evolution, planation surfaces, sediment budget

Caractérisation des échanges nappe/rivière sur un petit bassin-versant d'ordre 1 : apport des méthodes de mesures distribuées de température par fibre optique

Nataline Simon*[1], Olivier Bour[1], Mickael Faucheux[2], Nicolas Lavenant[1], Hugo Le Lay[2], Ophélie Fovet[2], Laurent Longuevergne[1], Zahra Thomas[2]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[2] Sol Agro et hydrosystème Spatialisation (SAS) – Institut national de la recherche agronomique (INRA) : UR1069, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes – France
@ : nataline.simon2@gmail.com

La caractérisation des échanges nappe / rivière est devenue un enjeu majeur en terme de compréhension et d'appréhension des ressources en eau, au vu des impacts qualitatifs et quantitatifs qu'ils peuvent avoir sur cette ressource. Toutefois, les méthodes qui permettent de décrire ces échanges reposent souvent sur des mesures locales. Dans cette étude, nous avons réalisé des mesures distribuées de température par fibre optique dans les sédiments d'un petit cours d'eau d'ordre 1 afin de quantifier les flux et suivre la dynamique des échanges hydrologiques. L'objectif est de localiser les zones d'échanges et de quantifier les flux à partir de l'évolution spatiale et temporelle de la température le long du cours d'eau. Pour cela, la réponse thermique dans les sédiments à un forçage de température externe, lié aux variations de température atmosphérique, est analysée afin de déterminer les mécanismes de transfert thermique au sein de sédiments, et d'identifier d'éventuels phénomènes advectifs liés aux échanges nappe-rivière. Le suivi a été réalisé sur Six mois le long de 700 mètres de cours d'eau. Aux endroits où il n'a pas été possible d'enfouir la fibre dans les sédiments du cours d'eau, la température mesurée reflète les variations de températures atmosphériques en raison de la faible lame d'eau dans le cours d'eau. Sur les parties du cours d'eau ou il a été possible d'enfouir la fibre optique, des zones d'anomalies thermiques, correspondant à l'exfiltration d'eau souterraine ont été observées. Sur ces zones d'exfiltrations, des changements de comportement dans la réponse thermique ont également été observés au cours du temps. Ainsi les flux mesurés à certains points semblent fortement corrélés à la dynamique hydrologique du cours d'eau. Toutefois, la méthode appliquée pour quantifier les flux est peu précise, notamment lorsque les flux deviennent trop importants. D'autres méthodes, dites actives et basées sur l'injection contrôlée d'une quantité de chaleur dans les sédiments, ont été appliquées afin d'améliorer les résultats et de développer de nouvelles méthodes de mesure des échanges nappe-rivière.

Mots-Clés: échanges nappe, rivière, fibre optique, température

Cortèges moléculaires liés aux activités pastorales: Tentative de calibration quantitative dans les sédiments de la tourbière Orry de Théo (Observatoire Homme Milieu Haut Vicdessos, Pyrénées ariégeoises, France)

Anaëlle Simonneau*[1], Didier Galop[2], Romain Cerubini[1], Claude Le Milbeau[1], Jérémy Jacob[1], Christian Di Giovanni[1], Florence Mazier[2]

[1] ISTO – Univ. Orléans – CNRS : UMR 7327 – BRGM – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie 45071 Orléans Cedex 2, France
[2] GEODE, Géographie de l'Environnement – CNRS : UMR 5602 – Univ. Jean-Jaurès – Toulouse, France

Les milieux de montagne sont sensibles au changement climatique, et sont d'ailleurs largement étudiés afin de comprendre les fluctuations du climat sur des échelles de temps variables. Ils constituent également des espaces où se mettent en place des activités humaines diverses, qu'il est parfois difficile de qualifier et de quantifier. Dans les Pyrénées, les zones de montagne correspondent depuis plusieurs millénaires à des espaces d'estive. Or, des études récentes suggèrent que le pastoralisme pourrait accélérer les taux d'érosion des versants pâturés, en particulier dans les zones de hautes montagnes. Cependant, aucune étude à ce jour n'a encore permis de strictement corréler pastoralisme et érosion. Répondre à ces questions constitue pourtant un enjeu socio-économique important pour les gestionnaires locaux.
Dans ce contexte, le projet MOLECULE (pastoralisMe & erosiOn: expLoration des biomarquEurs moléCulaires comme traceUrs des interactions Hommes-miLiEu, Labex DRIIHM), a pour ambition (1) d'identifier des biomarqueurs moléculaires préservés dans les archives naturelles tourbeuses et témoignant des productions fécales, et (2) d'utiliser ces marqueurs pour quantifier les pressions pastorales modernes et anciennes. Des données pastorales textuelles sur le nombre et le type de cheptels ayant fréquenté la tourbière étudiée depuis le début du XXe siècle sont confrontées avec les concentrations en stanols et acides biliaires, supposées proportionnelles au nombre d'individus producteurs.
21 échantillons datés entre AD1915 et AD2009 ont été prélevés sur la carotte de la tourbière pyrénéenne Orry de Théo, localisée dans l'OHM Haut Vicdessos. Aucun acide biliaire, communément utilisé pour différencier les types de cheptels, n'a été détecté, mais l'analyse d'échantillons frais composites de matières fécales de vache et de moutons en proportions variables nous a cependant permis d'identifier le rapport ethyl-Coprostanol (eCp) sur Coprostanol (Cp) comme étant pertinent pour distinguer les ovins des bovins. Les productions fécales annuelles des cheptels ovins et bovins n'étant pas équivalentes, un nouvel indice, le bouse-eq, a été défini et permet de convertir un individu en son équivalent en production fécale annuelle. A partir de cette calibration, le ratio eCp/Cp est converti en " équivalent fécal " et donc en proportion ovins/bovins pour chaque échantillon analysé. Appliqué aux échantillons sédimentaires, et comparé par validation croisée aux données textuelles, ce ratio permet bien de quantifier les pressions pastorales, notamment en ce qui concerne la fréquentation bovine. A terme, ces résultats pourront être utilisés dans une perspective paléoenvironnementale afin de proposer des reconstitutions quantitatives de la fréquentation pastorale sur un site donné, et donc de reconstituer les trajectoires socio-écologiques adoptées par les sociétés au cours du temps.

Mots-Clés: géochimie organique, développement analytique, biomarqueurs moléculaires, pastoralisme

Reconstitution des flux érosifs pyrénéens au cours du Néoglaciaire : de la variabilité météorologique locale au forçage climatique global

Anaëlle Simonneau*[1], Didier Galop[2], Emmanuel Chapron[2], Hervé Guyard[3], Kazuyo Tachikawa[4], Florence Mazier[5], Edouard Bard[4]

[1] ISTO, CNRS : UMR 7327, Univ. Orléans, BRGM – Campus Géosciences, 1A rue de la Férollerie, 45071 Orléans Cedex 2, France
[2] Géographie de l'environnement (GEODE) – CNRS : UMR 5602, Univ. Toulouse le Mirail - Toulouse II – 5 Allée Antonio Machado 31058 Toulouse Cedex 1, France
[3] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – Univ. la Réunion, Univ. Paris VII - Paris Diderot, INSU, CNRS : UMR 7154 – 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05, France
[4] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., INSU, IRD, CNRS : UMR7330 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[5] GEODE, Géographie de l'Environnement – CNRS : UMR5602 – Univ. Jean-Jaurès Toulouse – France

La préservation des espaces de montagne contre les aléas érosifs est un sujet central, au regard des changements dans les régimes de précipitations futurs attendus dans un contexte de dérèglement climatique global. Les sédiments lacustres sont reconnus comme étant d'excellents enregistreurs des facteurs de forçage naturel et anthropique. Cela étant, si notre discussion se veut pertinente, il s'agit pour nous de distinguer ce qui relève du signal météorologique local, de la signature climatique globale affectant les écosystèmes. Dans le cadre de l'OHM Haut Vicdessos (Ariège, France), 5 systèmes bassins versants-réceptacle lacustre, localisés dans un rayon de 20 km, ont été choisis en fonction de leurs altitudes, de la géomorphologie et de la géologie de leurs versants, afin (1) de proposer des reconstitutions diachroniques des flux érosifs au cours du Néoglaciaire, (2) de distinguer les évènements météorologiques extrêmes locaux, des fluctuations climatiques globales, et (3) de discuter de l'influence des vents d'ouest et de l'oscillation Nord Atlantique (NAO) sur les crises érosives identifiées.
Pour chaque système, les modèles âges-profondeurs indépendants sont basés sur des datations AMS et radionucléides (137Cs, 210Pb et 241Am), et les propriétés minérales des sédiments appréciées en confrontant granulométrie, radiographies X, susceptibilité magnétique, microfluorescence X (XRF) et ICPMS laser. Les passées détritiques se caractérisent soit par des granulométries grossières, soit par des pics de titane, potassium ou rubidium, en fonction du contexte géologique. Au cours du Néoglaciaire, 13 crises érosives ont été identifiées et datées en 4715, 4455, 3875, 2620, 1670, 1380, 1035, 845 (AD1105), 620 (AD1330), 430 (AD1520), 215 (AD1735) et 105 (AD1845) cal BP, et en AD1955 et AD1985 (1). Synchrones à l'échelle des 5 systèmes, ces phases de détériorations climatiques semblent traduire des épisodes régionaux d'intenses précipitations ou de fontes nivales. Au-delà des fluctuations météorologiques locales, les analyses en ondelettes réalisées sur les signaux XRF démontrent l'évidence d'un facteur de contrôle climatique sur les flux détritiques reconstitués. Des fréquences de 500, 350, 208, 150 et 100 ans, correspondant aux cycles de Suess et Gleissberg, ont ainsi été identifiées par analyse spectrale, confirmant un contrôle important de l'activité solaire dans la récurrence des crises hydrologiques pyrénéennes au cours des 5000 dernières années. Les phases humides semblent plus intenses avant 5000 cal BP, entre 4500 et 4000 cal BP et après 2000 cal BP, mais réduites entre 4000 et 2000 cal BP. Ces mêmes tendances ont été documentées dans les Alpes (2), suggérant que le climat Pyrénéen soit soumis, tout comme le climat alpin, à l'influence des vents d'ouest et de la NAO.

(1) Simonneau et al., 2013, The Holocene, 23:1767-1777.
(2) Wirth et al., 2013, Quaternary Science Review, 80 :112-128.

Mots-Clés: néoglaciaire, archive lacustre, crises érosives, cycles solaires, Pyrénées

Apport des données acoustiques à la connaissance d'un gisement archéologique : exemple du site de La Mondrée à Fermanville (Manche)

Laure Simplet*[1], Dominique Cliquet[2], Emeric Gautier[1], Delphine Pierre[3], Arnaud Gaillot[3], Jean-Pierre Mazé[3]

[1] Lab. de Géodynamique et Enregistrements Sédimentaires (REM/GM/LGS) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – ZI pointe du Diable CS 10070 29280 Plouzané, France
[2] Direction Régionale des Affaires Culturelles Normandie (DRAC) – 13 Bis, rue Saint-Ouen, 14052 Caen, Cedex 4, France
[3] Service de cartographie, traitement de données et instrumentation (REM/GM/CTDI) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – ZI pointe du Diable CS 10070 29280 Plouzané, France

Le gisement de la Mondrée à Biéroc est actuellement le seul habitat submergé du Paléolithique moyen connu en Europe, par environ - 20 mètres, présentant un état de conservation remarquable, ce qui confère à ce site une valeur toute particulière et une renommée internationale.
La configuration des lieux (barre rocheuse et écueils) a nécessité l'utilisation de la vedette Haliotis de l'Ifremer particulièrement bien adaptée à ce type d'investigation de par sa dimension modeste, son faible tirant d'eau et ses outils de mesure fixés sous la coque, lui conférant ainsi une grande manoeuvrabilité.
Ce site, situé à l'Est du cap Lévi, au pied des roches de Biéroc, a déjà fait l'objet d'investigations (par plongeurs, carottages) mais qui se sont avérées insuffisantes pour bien caractériser le gisement, notamment :
- son intégration au sein du territoire parcouru par les chasseurs-cueilleurs néandertaliens (morphologie et modelé de la vallée, nature et épaisseur des sédiments de remplissage de la vallée, implantation par rapport au cours d'eau).
- la morphologie des niveaux d'habitat au sens strict, en pied de falaise et de l'éboulis au plan spatial.
La campagne "Biéroc-La Mondrée", réalisée en août 2014 dans le cadre du projet collectif de recherche " les premiers hommes en Normandie " sous l'égide de l'UMR 6566 " Centre de recherche en archéologie, archéoscience, histoire " de Rennes et en collaboration avec le laboratoire "Environnements Sédimentaires" de l'Ifremer, a ainsi permis d'acquérir 72 profils (bathymétrie, imagerie et sondeur de sédiments) offrant une couverture exhaustive de la zone d'étude et 20 prélèvements à la mini benne Ponar.
Les données devraient permettre de :
- dresser une cartographie de l'anse de la Mondrée et des éléments structurants de l'habitat paléolithique : la barre granitique de Biéroc et les éboulis observés en plongée.
- déterminer la puissance des sédiments qui constituent le remplissage de l'exutoire de l'ancienne vallée des Moulins et tenter de reconstituer des paléo-paysages.
- préparer une campagne de prélèvements de carottes qui devraient permettre d'échantillonner et dater des niveaux témoins de l'occupation successive du site.

Mots-Clés: archéologie, outils acoustiques, Manche, Biéroc, La Mondrée

CRYOBS-CLIM: the CRYosphere, an OBServatory of the CLIMate

Delphine Six*[1], Florence Naaim-Bouvet[2], Philippe Schoeneich[3]

[1] Lab. de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement – CNRS : UMR5183 – Univ. Grenoble Alpes – Grenoble, France
[2] Erosion Torrentielle Neige et Avalanches – IRSTEA – Univ. Grenoble Alpes – Grenoble, France
[3] Lab. PACTE, CNRS : UMR 5194 – Univ. Grenoble Alpes – Grenoble, France
@ : delphine.six@univ-grenoble-alpes.fr

The SOERE CRYOBS-Clim aims at gathering monitoring strategies and observations performed on **mountain glaciers**, **polar ice-sheets, seasonal snow cover** and **mountain permafrost** in different regions (European Alps, tropical Andes, Himalayas, Antarctica, Svalbard).
The monitoring and research topics consist in documenting and studying:
i) Ice, water, and vapor mass fluxes (precipitation, snow transport, melt ...) mainly at the interface with the atmosphere.
ii) Radiative and turbulent energy fluxes between the atmosphere and the surface, and the thermodynamic variables of the boundary layer.
iii) The internal state of subsurface systems (temperature, conductivity, density, liquid water content, etc.) and the resulting continental water mass storage (water resource, sea-level).
iv) Ice dynamics and related consequences on ice flow to the oceans and risks associated to glacial destabilization.
It addresses major societal issues such as water resources, ice-related hazards, atmospheric processes, avalanches, sea level rise, global climate change, ...
The observation strategy is based on *in-situ* (automated and manual) and remote (photogrammetry, LiDAR, satellite) monitoring of snow and ice related variables, which are conducted at different spatial scales (from tens of square meters to tens of square kilometers) and different time scales (from hourly to decadal) depending on the observation purpose. Many variables of interest are challenging to measure, requiring the developments of innovative technology.
Modeling activities of SOERE CRYOBS-CLIM members address regional climate modeling, glaciological, hydrological, permafrost distribution and snowpack modeling, and their interactions
Even if SOERE CRYOBS-CLIM was newly approved, it is based on three existing entities (SNO GLACIOCLIM, CENACLAM and PermaFRANCE) that have been producing exceptional datasets of cryospheric components over large time periods. Research using data from CRYOBS-CLIM is very active : 23 PhD have been defended and 130 international articles have been published over the past five years.
An overview of data, new technologies and examples of significant results obtained in the framework of CRYOBS-CLIM will be given in the presentation.

Mots-Clés: mountain glaciers, polar ice, sheets, snow cover, snow, drifting snow, mountain permafrost

Composition and morphological mapping at hiererchical length-scales by X-ray Imaging (Nanoscopium, Synchrotron Soleil)

Andrea Somogyi*[1], Kadda Medjoubi, Antoine Bergamaschi, Maria Sancho-Tomas

[1] Synchrotron SOLEIL – CNRS : UMRUR1 – L'Orme des Merisiers Saint-Aubin - BP 48 91192 GIF-sur-Yvette Cedex, France
@ : somogyi@synchrotron-soleil.fr

The Nanoscopium 155 m long beamline of Synchrotron Soleil is dedicated to scanning hard X-ray nanoprobe techniques in the 5-20 keV energy range. Nanoscopium offers hierarchical length-scale X-ray Fluorescence imaging providing information about the main composition and trace element content of the samples for elements having Z> 14 (Si). Fast sample scanning provides the possibility of obtaining overview maps of up to milimeter-sized sample areas in some minutes with micrometer spatial resolution. Then high, ~200 nanometer spatial resolution maps can be obtained from sample regions chosen from the overview elemental distribution maps.
Multi-technique scanning imaging and tomography including X-ray fluorescence spectrometry, spectro-microscopy (X-ray absorption spectrometry), and transmission contrasts is being implemented at the beamline in order to provide simultaneous information about the elemental distribution, speciation and sample morphology. A dedicated freeware developed for the treatment of such scanning multi-technique data-sets provides easy to use data exploitation for the user community.
The first 2D imaging and 3D tomography experiments were performed on a representative 80 micron thick, polished thin section of an Archeaen rock sample (3 Ga Farrel Quartzite). They revealed sevaral deca-micrometers sized, hollow globular morphological formations, enveloped by highly scattering walls. The globule walls are likely composed either of small, less than 200 nanometer, nano-crystals and/or of organic material. Micrometer sized As grains can be found mostly within the globule walls, while tiny Fe containing micro-grains are localized within the globules. The As speciation measured within some As-rich micrometer sized formations showed the presence of As(V) valence state.

Somogyi A., Medjoubi K., Baranton G., Le Roux V., Ribbens M., Polack F., Philippot P. & Samama J.P. (2015), *Journal of Synchrotron Radiation* 22, 1118–29

Medjoubi K., Leclercq N., Langlois F., Buteau A., Lé S., Poirier S., Mercère P., Sforna M.C., Kewish C.M., Somogyi A. (2013) *Journal of Synchrotron Radiation* 20, 293–299

Bergamaschi A., Medjoubi K., Messaoudib C., Marco S., Somogyi A. (2016), *Journal of Synchrotron Radiation*, 23, 783-794

Mots-Clés: paleogeology, Archeaen rock, scanning X-ray imaging, hierarchical length, scale, elemental composition, morphology

Comportement mécanique des amphibolites à l'interface de subduction

Mathieu Soret*[1], Philippe Agard[1], Benoît Dubacq[1], Benoît Ildefonse[2], Philippe Yamato[3], Cécile Prigent[4]

[1] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI – CNRS : UMR 7193 – Paris VI – 4, place Jussieu, BP CC129, 75252 Paris Cedex 05, France
[2] Géosciences Montpellier (GM) – CNRS : UMR 5243, Univ. Montpellier II – Place E. Bataillon, CC 60, 34095 Montpellier Cedex 5, France
[3] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR 6118 – Campus de Beaulieu - CS 74205 - 35042 Rennes Cedex - France
[4] Institut des sciences de la Terre (ISTerre) – INSU, Univ. Joseph Fourier - Grenoble I, CNRS : UMR 5275 – BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9, France
@ : philippe.agard@upmc.fr

Les semelles métamorphiques sont situées à la base des grandes ophiolites obductées. Elles sont principalement composées d'amphibolites (métabasaltes à amphiboles ± grenat, clinopyroxène, plagioclase) fortement cisaillées et dont les conditions maximum de métamorphisme sont estimées à 800±100°C et 1.0±0.2 GPa. Leur formation a lieu au cours des 2 Ma suivant l'initiation des zones de subduction. Ces amphibolites sont interprétées comme des portions de lithosphère océanique subduite, portions qui sont métamorphisées, dis-je, à haute température par transfert de chaleur depuis le coin de manteau sus-jacent qui formera la base de l'ophiolite obductée. Leur importante déformation au pic de métamorphisme est interprétée comme synchrone à leur accrétion au manteau de la plaque supérieure. Les semelles métamorphiques sont donc des témoins directs de la dynamique précoce des zones de subduction océanique. Leur pétrologie et leur déformation fournissent des contraintes majeures, et rares, sur l'évolution de la structure thermique et sur le comportement mécanique de l'interface de subduction naissante. Cette étude présente des données structurales à plusieurs échelles, couplant des analyses de terrain aux analyses EBSD sur des échantillons à amphibole ± plagioclase ± clinopyroxene ± grenat de la semelle métamorphique. Les grains d'amphibole et de plagioclase sont caractérisés par une forte orientation préférentielle parallèle à la foliation et à la linéation. Cette fabrique est accompagnée par une forte orientation cristallographique préférentielle des amphiboles marquée par un axe [001] marquant la linéation et la normale au plan (001) perpendiculaire à la foliation. Les plagioclases montrent une orientation cristallographique préférentielle faible voire nulle. Cette fabrique est similaire à celle observée dans les amphibolites cisaillées de base de croûte continentale. Les clinopyroxènes et les grenats présentent des degrés d'orientation intermédiaires. Ces deux phases forment des boudins dont l'axe long est orienté parallèlement à la foliation. Les porphyroclastes de clinopyroxène présentent une extinction ondulante et le développement de sous-grains à leur périphérie. Les clinopyroxènes et les grenats agissent donc comme phases " dures ", augmentant la résistance de la roche à la déformation. À l'initiation de la subduction, la partie supérieure de la plaque plongeante est affectée par l'augmentation progressive du degré de métamorphisme. Ceci entraîne une forte déshydratation et la cristallisation de phases " faibles " (quartz, amphibole, plagioclase) et " fortes " (clinopyroxene, grenat). La rhéologie de l'interface de la subduction en est fortement affectée. Les unités de la semelle métamorphique (avec des minéralogies et des conditions P-T-t différentes) accrétées aux péridotites de la plaque supérieure témoignent de changements rhéologiques majeures à l'interface de la subduction au cours de l'histoire précoce des zones de subduction.

Mots-Clés: amphibolite, déformation, semelle métamorphique, Oman, subduction, rhéologie

La semelle métamorphique d'Oman : témoin de la dynamique précoce des zones de subduction

Mathieu Soret*[1], Philippe Agard[1], Benoît Dubacq[1], Philippe Yamato[2]

[1] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR 7193 – 4, place Jussieu, BP CC129, 75252 Paris Cedex 05, France
[2] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR 6118 – Campus de Beaulieu, CS 74205, 35042 Rennes Cedex - France
@ : philippe.agard@upmc.fr

Les semelles métamorphiques sont des unités d'origine océanique situées à la base des grandes ophiolites obductées. Ces unités, d'une épaisseur maximale de 500 m environ, sont caractérisées par un gradient métamorphique inverse, dans laquelle les conditions de pression (P) et de température (T) de cristallisation augmentent vers le contact avec l'ophiolite sus-jacente depuis 500±100°C et 0.5±0.2 GPa jusqu'à 800±100°C et 1.0±0.2 GPa. Contrairement aux péridotites des ophiolites, les assemblages minéralogiques des semelles métamorphiques se prêtent bien à la radiochronologie (méta-pélites et plagiogranites), et les âges obtenus suggèrent que la formation puis l'accrétion des semelles métamorphiques a lieu au cours des 2 Ma suivant l'initiation d'une zone de subduction intra-océanique. Les semelles métamorphiques fournissent donc des contraintes majeures sur la dynamique précoce des zones de subduction océaniques (structure thermique, rhéologie effective le long de l'interface de subduction naissante), leur déformation et métamorphisme haute température étant en général expliqués par le transfert de chaleur depuis le manteau de la plaque supérieure vers l'unité en cours d'accrétion. Cette étude s'attache à préciser la structure et les conditions P-T de formation de la semelle métamorphique d'Oman, afin de contraindre les processus d'accrétion des semelles métamorphiques et l'exhumation des massifs ophiolitiques, ainsi que la dynamique de l'interface de subduction. De nombreux auteurs évoquent l'existence, au travers de la semelle, d'un gradient thermique continu très fort (~400°C/100m), symptomatique d'un métamorphisme de contact, sans toutefois rendre compte du gradient inverse de pression. Au terme d'une étude pétrologique et structurale détaillée, nous proposons un modèle dans lequel la semelle métamorphique résulte d'épisodes multiples d'accrétion d'unités homogènes en température (donc sans gradient apparent) au cours des premières étapes de subduction intra-océanique. Ceci implique qu'à chaque étape d'accrétion, l'interface de subduction s'est éloignée de la future ophiolite obductée. Nous proposons que ces sauts résultent de changements majeurs dans la distribution de la déformation, du fait 1) des variations des propriétés mécaniques des roches à l'interface de subduction lors de son équilibration thermique et 2) de l'augmentation au cours du temps de la proportion de roches sédimentaires entrant en subduction. Ce nouveau modèle rend compte d'une grande complexité thermique et mécanique lors de la dynamique précoce de l'interface de subduction, pas suffisamment examinée dans les études numériques actuelles.

Mots-Clés: subduction, ophiolite, semelle métamorphique, Oman, amphibolite

Evolution multidécennale de la morphologie d'un estuaire convergent macrotidal et fortement turbide

Aldo Sottolichio*[1], Vincent Hanquiez[1], Joselyn Arriagada Gonzalez[1], Isabel Jalón Rojas[1]

[1] Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS : UMR5805, Univ. Bordeaux – Avenue des Facultés, 33405 Talence, France
@ : aldo.sottolichio@u-bordeaux.fr

Plusieurs estuaires européens ont vu leur morphologie transformée durant la deuxième moitié du XX siècle, en grande partie à cause des travaux d'approfondissement et d'endiguement d'origine anthropique (Winterwerp, 2013, De Jonge et al., 2014). Dans quelques systèmes estuariens, l'existence de données a permis des analyses poussées de ces évolutions (Vandenbruwaene et al., 2013), tandis que dans d'autres, l'état de connaissances est plus limité. Pour ces derniers, il est encore difficile de discriminer les effets du changement climatique des activités humains directes. Parmi ces systèmes, l'estuaire de la Gironde, sur lequel il y a encore peu de certitudes sur les évolutions de la morphologie et de la marée au cours du XX siècle. Récemment, une investigation sur l'onde de marée a été initiée dans la Garonne tidale, où il est établi que l'extraction des granulats pendant les années 60 a modifié notablement la profondeur moyenne du chenal (Jalon Rojas et al., 2016). Dans le même temps, des études ont prouvé le déplacement progressif du bouchon vaseux vers l'amont depuis 40 ans, surtout à cause de la réduction des débits fluviaux en saison estivale. Dans la zone centrale de l'estuaire, qui représente 80% de l'aire totale, l'évolution morphologique et les processus sédimentaires associés demeurent mal connus.
Dans cette étude nous documentons l'évolution de la Gironde pour la première fois, sur la base de cartes bathymétriques et d'enregistrements marégraphiques du Port de Bordeaux. Six cartes, allant de 1953 aux années 2000, mettent en évidence les zones d'érosion et d'accrétion. Le dépôcentre identifié s'est déplacé progressivement vers l'amont, de façon cohérente avec la diminution des débits fluviaux. En même temps, peu de changements sont observés dans la morphologie globale de l'estuaire. Seuls des variations de section sont perceptibles, pouvant atteindre 40% dans certaines zones. La période 1962-1970 est caractérisée par une érosion en amont et de l'accrétion en aval, tandis que la période 1980-1994 est caractérisée par une inversion de cette tendance, avec un basculement autour d'un axe situé à 45 km de l'embouchure environ, où aucune variation significative n'est observée sur l'ensemble de la période d'étude.
Des enregistrements de marée des années 1953, 1962, 1970 et 1994 ont été numérisés et analysés conjointement à des enregistrements plus récents. Les interactions de la marée avec la morphologie sont analysées sur cette même période. Les résultats montrent que la réponse du marnage aux variations morphologiques est peu importante, avec une légère amplification de la marée (de l'ordre de quelques dm) dans la portion comprise en l'embouchure et Bordeaux. En revanche, des variations d'asymétrie de la marée (durée de flot/durée de jusant) semblent plus significatives et pourraient expliquer les contrastes de tendance observés autour de l'axe de basculement du km 45.

Mots-Clés: estuaire mcrotidal, évolution morphologique, marée, bouchon vaseux, amplification du marnage

Apport des données alti-bathymétriques (Litto3D et bathymétrie SMF) dans l'étude des vestiges archéologiques inter- et sub-tidaux : premiers résultats et perspectives en Finistère

Pierre Stéphan*[1], Marine Paul, Axel Ehrhold[2], Nicolas Le Dantec[3,4], Marcaurelio Franzetti[3], Henri Gandois, Yvan Pailler, Agnès Baltzer[5], Gwenael Jouet[2]

[1] Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géomer) – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), CNRS : UMR6554 – Place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané, France
[2] Lab. Géodynamique et Enregistrement Sédimentaire (GM-LGS) – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Pointe du Diable, 29280 Plouzané, France
[3] Domaines Océaniques – Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), CNRS : UMR6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
[4] Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) – 134 rue de Beauvais, 60280 Margny Lès Compiègne, France
[5] Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géolittomer) – Univ. Nantes, CNRS : UMR6554 – Faculté des Lettres, 44312 Nantes Cedex 3, France

Les rivages français de la Manche et de l'Atlantique comptent un nombre très important de barrages en pierre de type " pêcheries " destinés à capturer les poissons lors du jusant. Ces engins de pêches fixes ont été utilisés depuis le Mésolithique et jusqu'au Moyen-âge en Europe. Sur les seules côtes de Bretagne, plus de 700 vestiges archéologiques de ce type ont été inventoriés à partir de prises de vue aériennes de l'IGN et de quelques prospections pédestres localisées. Toutefois, un travail récent mené dans l'archipel de Molène a montré que cet inventaire sous-estimait le nombre réel de structures, certaines d'entre elles n'ayant pu être détectées en raison d'une forte couverture algale ou d'une profondeur importante. Contrairement aux pêcheries en bois de Basse-Normandie, ces barrages ne livrent pas d'éléments ligneux qui permettent une attribution chronologique par le biais de méthodes de datation conventionnelles. Pour contourner ce problème, Daire et Langouët (2011) ont proposé une approche permettant de déduire l'âge de chaque vestige en les positionnant par rapport aux anciens niveaux marins relatifs. Cette tentative s'est néanmoins heurtée à deux principaux verrous méthodologiques : (i) l'absence de données fiables sur les niveaux marins holocènes dans la région, (ii) un positionnement altitudinal approximatif des structures sur l'estran. Toutefois, des recherches ont été menées ces dernières années afin d'affiner les courbes de remontée du niveau marin relatif pour les 8000 dernières années dans l'ouest de la Bretagne. En outre, plusieurs sources de données alti-bathymétriques peuvent désormais être mobilisées afin de détecter plus aisément les barrages en pierre et de les documenter de façon précise. Parmi elles, les données issues du programme Litto3D sont disponibles sur l'ensemble des côtes du Finistère. Cette étude a donc cherché à répondre à trois objectifs : (i) proposer un inventaire réactualisé des barrages de pêcheries du Finistère en testant, à partir des données Litto3D, diverses approches de détection semis automatiques ; (ii) affiner localement l'étude de ce type de vestiges par des campagnes de mesures bathymétriques au SMF ; (iii) proposer un cadre chronologique pour l'édification de ces structures. Notre inventaire recense plus d'une centaine de structures archéologiques inédites le long du littoral finistérien. L'utilisation conjointe de plusieurs traitements numériques appliqués aux Modèles Numériques de Terrain (insolation, pente, rugosité, local relief model) apparaît comme le moyen le plus approprié pour la détection de ces vestiges. Deux campagnes de mesures bathymétriques au SMF réalisées dans l'archipel de Molène en 2014 et aux alentours de l'île de Batz en 2016 renseignent sur les stratégies d'implantation de ces barrages. Enfin, l'attribution chronologique des vestiges met en évidence (i) l'ancienneté de certaines structures, remontant au tout début du Néolithique ancien, et (ii) leur disparition probable à la fin de l'âge du Bronze.

Mots-Clés: barrages en pierre, pêcheries, géoarchéologie, bathymétrie, niveau marin

Apports du radar terrestre et du laser-scanner 3D à la connaissance des souterrains médiévaux : exemple du site de Mourjou (Cantal)

Frédéric Surmely*[1]

[1] Lab. de Géographie physique et environnementale (GEOLAB) – Univ. Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, CNRS : UMR6042, Univ. Limoges, Institut Sciences de l'Homme et de la Société – Maison des Sciences de l'Homme – 4, rue Ledru 63057 Clermont Ferrand Cedex 1, France

2 galeries souterraines très proches l'une de l'autre ont été reconnues sur le site de la Maison de la Châtaigne, sur la commune de Mourjou (Cantal), dont une seule est encore accessible aujourd'hui. Le radar terrestre a permis la détection d'autres couloirs, qui constituaient certainement d'autres branches d'un vaste réseau ramifié. Le radar terrestre a également fourni la profondeur d'enfouissement de ces galeries souterraines, qui est très faible à certains endroits et donné des indications sur leur état de préservation. Ces données ont été croisées avec le relevé de précision millimétrique réalisé à l'aide d'un laser/scanner 3D.

Mots-Clés: souterrain, radar terrestre, laser scanner, Moyen-Âge, relevés

Hot springs in Eastern Pyrenees : how brittle and ductile faults act as drains for upward flows ?

Audrey Taillefer*[1], Guillaume Martin, Roger Soliva[1], Elizabeth Legoff[2], Laurent Guillou-Frottier[2]

[1] Géosciences Montpellier (GM) – Univ. Montpellier II – Place E. Bataillon - CC 60, 34095 Montpellier Cedex 5, France
[2] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – France
@ : audrey.taillefer@gmail.com, soliva@gm.univ-montp2.fr

In Eastern Pyrénées, hot spring with temperature ranging between 23°C and 72°C align along the major Têt fault. This kind of hydrothermal activity, without a heat source such as volcanic or plutonic activity, is poorly studied. Fast upward ascents of hydrothermal fluids from a possible hot reservoir at depth to the spring at the surface characterize these systems. Faults are zones of heterogeneity of permeability acting as drains or barriers for hydrothermal fluids, depending on fracturing in the damage zone, the core zone composition, and the current in situ stress, related to the tectonic activity. We use this case to understand relations between faults and hydrothermal circulations. Cartography and field study shows that hot springs always emerge in crystalline rocks, especially at the contact between gneiss and metapelites, and mostly in the Têt fault footwall. Hot springs are locate near two types of faults: 1) Near the Têt brittle fault, at the intersection with other subsidiary faults, in the highly fractured damage zone. The core zone is composed of fine matrix rich cataclastic faults rocks. 2) In ductile faults, where we observe intersections between dissolution caves along the mylonitic foliation, and the regional fracturing parallel to principal faults. Numerical models coupling the Darcy law with heat transfer equation in a porous media shows that fluids with temperatures corresponding to our study area emerge in the permeable damage zone in the footwall of the fault. The permeability of the different constituents of the area (fault core, fault damage zone, bed rock) is the major factor controlling temperatures. So, faults control upward circulations of hydrothermal fluids by further processes: 1) The juxtaposition between impermeable metapelites and cataclasite with fractured permeable gneiss force fluids to stay in the Têt footwall. 2) The connexion of the Têt fault with other subsidiary faults induces damage zones, and thus fractures intersections, forming very efficient drains. 3) Ductile faults are anisotropic drains, with a good permeability parallel to the mylonitic foliation. This last point has practically never been identified. A better comprehension of these hydrothermal systems has important implications for geothermal exploration and permeability of basement aquifer.

Mots-Clés: hot spring, fault, Pyrenees, hydrothermal

Caractérisation d'un système de dépôt contouritique sur le Plateau marginal de Demerara à partir de la cartographie des écho-faciès Chirp

Cédric Tallobre*[1], Lies Loncke[1], Mirjam Randla[1,2], Tania Marsset[3], Laurence Droz[4], Maria-Angela Bassetti, Germain Bayon[2], Equipe scientifique IGUANES

[1] Centre de Formation et de Fecherche sur l'Environnement Marin (CEFREM) – CNRS : UMR 5110, Univ. Perpignan – 52 Av Paul Alduy, 66860 Perpignan Cedex, France
[2] Tartu Observatory, Observatooriumi – 1, Tõravere, 61602 Tartumaa, Estonie
[3] Geosciences Marines – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Technopôle Brest Iroise, ZI de la Pointe du Diable, CS 10070, 29280 Plouzané, France
[4] Lab. Domaines Oceaniques (LDO) – CNRS : UMR 6538 – Univ. Bretagne Occidentale (UBO) – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France

Le plateau de Demerara forme une indentation bathymétrique le long de la Guyane française et du Surinam. Il est décrit comme un plateau marginal (PM) issu d'une structuration en mode transformant (200-1500 m), le plateau marginal Intermédiaire (PMI, 1500-2500 m) séparé du PM> par une cicatrice d'arrachement, le plateau marginal Inférieur (PM< , 2500-3200 m) marqué par une 2nde rupture de pente, et la pente continentale (3200-4000 m). Pour comprendre les processus sédimentaires affectant cette marge singulière, des données géophysiques (bathymétrie multi-faisceaux, le sondeur de sédiment en mode chirp 1,8-5,3 kHz, la sismique haute résolution) et des carottes sédimentaires (Loncke et al., in press) ont été collectées durant la campagne IGUANES.
Dans le cadre de cette étude, la démarche est la suivante : (1) identifier et cartographier les écho-faciès (EF) à partir des données chirp sur des critères de pénétration et d'organisation interne du sédiment ; (2) calibrer ces EF par les carottes sédimentaires afin d'interpréter les enregistrements en terme de processus sédimentaires ; (3) réaliser de cartes isopaques entre le fond marin et l'horizon le plus profond atteint par les carottes.
Les EF sont répartis en fonction du domaine du PM. (1) Le PM> est caractérisé par des EF continus-uniformes et une importante épaisseur sédimentaire due à la sédimentation hémipélagique. (2) Le PMI se divise en 2 unités a et b : (a) le long de la cicatrice d'arrachement, les EF transparents traduisent la présence de MTDs (Mass Transport Deposits) peu ou pas recouverts par la sédimentation indiquant une zone en érosion ou en non dépôt : cette unité correspond à un chenal contouritique. (b) Les EF sont continus, montrent des " longitudinal waves " (Tallobre et al., 2016) et l'épaisseur sédimentaire est importante ; l'unité b correspond au drift de la contourite. (3) Le PM< est caractérisé par la présence de MTDs et d'une faible épaisseur sédimentaire et du non dépôt ; il pourrait s'agir d'un 2nd chenal contouritique ou d'une zone distale de non dépôt. (4) Le long de la pente continentale, la sédimentation est nulle comme illustré sur les cartes isopaques. La pente est marquée par des EF avec des hyperboles de diffraction.
Les transferts sédimentaires récents sur le plateau de Demerara sont dominés par des processus contouritiques. De par ses caractéristiques bathymétriques, ce PM forme un obstacle à la circulation océanique. Son éloignement des sources terrigènes continentales en fait un excellent chantier pour l'étude des contourites. Les travaux futurs consisteront à appréhender l'évolution de ces processus et des conditions océanographiques au cours du temps.

Mots-Clés: chirp, Demerara, contourite, plateau marginal

Glauconie, granulométrie, matière organique, outils d'étude des dépôts contouritiques et de l'évolution des courants sur le Plateau de Demerara (Guyane française, Surinam)

Cédric Tallobre*[1], Maria-Angela Bassetti, Pierre Giresse[1], Roselyne Buscail[1], Germain Bayon[2], Camille Ferrer[1], Alina Tudryn, Bruno Charriere[1], Christophe Menniti[1]

[1] Centre de Formation et de Fecherche sur l'Environnement Marin (CEFREM) – CNRS : UMR 5110, Univ. Perpignan – 52 Av Paul Alduy, 66860 Perpignan Cedex, France
[2] Geosciences Marines – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – Technopôle Brest Iroise, ZI de la Pointe du Diable, CS 10070, 29280 Plouzané, France

Le plateau de Demerara forme un promontoire bathymétrique le long de la Guyane française et du Surinam. Il est décrit comme un plateau marginal issu d'une structuration en mode transformant (Mercier de Lépinay, 2016). Ce relief est composé d'un plateau continental suivi d'un second plateau plus profond, compris entre 200 et 3200 m, dont la partie distale est limitée par la pente continentale. Dans le but d'identifier les processus sédimentaires affectant cette marge particulière, la campagne IGUANES a collecté des données géophysiques (bathymétrie multi-faisceaux, sondeur de sédiment enmode chirp, sismique haute résolution), et des carottes sédimentaires (Loncke et al., in press).
Grâce à ces nouvelles données, le rôle des courants de contour associé à la présence d'un système de dépôt contouritique a été mis en évidence sur le plateau marginal de Demerara (Tallobre et al., 2016). Les contourites de ce plateau sont de type « muddy »dominées par des dépôts fins (24% d'argiles et 70% silts calcaires) et pauvres en sable (6%, sables biogéniques essentiellement riches en foraminifères). Leurs particularités résident dans le fait que certains niveaux plus sableux sont riches en grains de glauconie (qui peut représenter jusqu'à 13% du sédiment total et 90% de la fraction sableuse). La formation de la glauconie est favorisée par le vannage causé par les courants qui induit un faible taux de sédimentation. Les particules grossières telles que les tests de foraminifères restent à l'interface eau/sédiment. Ces tests sont le site de transformations et de néoformations minéralogiques dans la boue contenue dans les tests. Ces changements minéralogiques se réalisent au détriment de minéraux argileux comme les kaolinites et les smectites et permettent la formation d'interstratifiés glauconite/smectite et de glauconites (Giresse, 2008). En se basant sur nos observations et les travaux antérieurs de Giresse (2008), l'étude de la glauconie pourrait alors être un nouvel outil dans la compréhension des processus à l'origine du dépôt des corps contouritiques.
Dans cette étude, deux carottes ont été analysés afin de comparer les environnements de dépôt entre le chenal contouritique, la zone de fort vannage, et le drift associé qui constitue la zone de dépôt. L'étude et l'analyse des grains de glauconie sont couplées aux analyses de la distribution du 'sortable silt', et de la matière organique (Corg et Nt) et de son état de préservation. L'ensemble des paramètres peuvent ainsi être des indicateurs du vannage et donc de la vélocité du courant de fond. En couplant ces paramètres à l'étude des isotopes stables d18O et d13C, aux analyses paléomagnétiques et aux données du chirp, il est alors possible de replacer les variations de vannage et de vélocité du courant en fonction du temps. Cette approche permet ainsi d'évaluer les conditions océanographiques au large de la Guyane française et leur évolution au cours du temps.

Mots-Clés: Demerara, contourite, plateau marginal

Evolution stratigraphique et diagénétique de la plateforme Provençale Urgonienne

Anthony Tendil*[1], Cyprien Lanteaume[1], Philippe Leonide[1], Camille Frau[2], François Fournier[1], Jean Borgomano[1], Gérard Massonnat[3], Jean-Paul Rolando[3]

[1] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., CNRS : UMR7330 – 3 Place Victor Hugo, 13331 Marseille Cedex 3, France
[2] Institut für Geowissenschaften - Ruprecht–Karls–Universität – Im Neuenheimer Feld 234, 69120 Heidelberg, Allemagne
[3] TOTAL S.A. – Centre Scientifique et Technique Jean Féger, Avenue Larribau, 64018 Pau, France

Étudiée depuis le milieu du 19° siècle, la plateforme carbonatée Urgonienne des Monts-de-Vaucluse est réputée comme analogue de réservoirs du Moyen-Orient. La diversité des faciès associée à l'histoire diagénétique (e. g. développement de microporosité) offre la possibilité de réaliser des comparaisons entre différents réservoirs de même type connu sur l'ensemble de la marge Téthysienne.
La progradation généralisée de la plateforme en direction du bassin Vocontien depuis le Valanginien jusqu'à l'Aptien inf. a été entrecoupée par plusieurs ruptures de la production carbonatée, correspondant à des périodes d'approfondissement (drownings associés à des changements trophiques) ou à des intervalles où la plateforme a émergé. Ces phases de rupture de la production carbonatée sont bien enregistrées sur la plateforme et servent de base à un découpage séquentiel robuste.
La compréhension de l'architecture de la plateforme a été affinée grâce à l'actualisation de coupes en partie distale associée à la réalisation de coupes inédites dans le bassin Vocontien, lesquelles permettent d'étendre de façon significative le schéma stratigraphique proposé par Léonide *et al.,* 2012. Ainsi, un transect plateforme-bassin d'une longueur de 80 km a été proposé.
Les corrélations stratigraphiques réalisées permettent de mettre en évidence le rôle fondamental de l'accommodation dans le contrôle de l'architecture stratigraphique, à la fois spatialement et temporellement. L'enregistrement d'épaisseurs conséquentes de faciès de plateforme interne (i.e. Rudistes) est une manifestation de cette accommodation, accentuée par des phénomènes de subsidence différentielle et de structuration tectonique.
Un modèle d'évolution diagénétique est mis en perspective avec ce schéma stratigraphique. Une attention particulière est portée sur la caractérisation diagénétique et géochimique (δ13C & δ18O) de la surface d'émersion qui se retrouve au sommet du système à rudistes.

Mots-Clés: réservoir carbonaté, Urgonien, Barrémien, Aptien, architecture stratigraphique, accommodation, diagenèse

The Agly Massif: its thermochronological characteristics and significance in the early phase of the Pyrenean Orogeny

Sébastien Ternois*[1], Vincent Bernard, Raphaël Pik[1], Mary Ford[1], Bouchaïb Tibari[1]

[1] Centre de recherches pétrographiques et géochimiques (CRPG) – CNRS : UMR7358, Univ. Lorraine – 15 Rue Notre Dame des Pauvres, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy, France

Quantifying syn-orogenic denudation is a key tool for understanding orogen development. The last decade has seen important developments and improvements in low-T (LT) thermochronology, all the more crucial in (U-Th)/He dating used to quantify both exhumation and mass flux in orogenic systems. In this study we provide zircon single grain (U-Th)/He (ZHe) ages from a traverse across the Agly Massif, the easternmost Palaeozoic massif of the external Northern Pyrenean Zone (NPZ). The Pyrenean orogeny was generated from end Santonian (84 Ma) to Oligocene-Miocene due to convergence of the Iberian and European plates. Foreland basin history indicates that convergence took place in two phases, Campanian to Maastrichian and Eocene, separated by a quiet Paleocene phase. Can these be recognised in the NPZ? The t-T history of NPZ basement massifs is of particular interest since preliminary LT thermochronology results (Vacherat et al. 2016) indicate that central massifs (Trois-Seigneurs, Arize) record a faster and earlier cooling history (60-50 Ma) than western massifs (50-15 Ma). What about exhumation of eastern massifs and its significance for early orogenic evolution? Such lateral variations have implications for the distribution and timing of shortening along the range, in particular the location of early orogenic wedge growth. The Variscan Agly Massif consists of four fault blocks separated by reverse faults. Eight bedrock samples were collected along a NW-SE traverse (Belesta-Caramany gneisses, Saint-Arnac granite) and analysed for ZHe dating. The oldest ($>$ 70 Ma) and youngest ($<$ 50 Ma) ages obtained are associated with eU below 1700 ppm and above 2500 ppm, respectively. This does suggest a correlation between ZHe ages and eU, related to the variation of the ZHe closure temperature from 220°C to $<$ 140°C (Guenthner et al. 2013). These data record a rapid exhumation history of the Agly Massif from ~200°C, between *ca.* 75 Ma and *ca.* 60 Ma, which we correlate with the early Pyrenean orogenic phase. The ZHe thermochronometre record little exhumation over the last 50 Ma, indicating that the massif remained within the upper 5km of the crust. This is inconsistent with younger AFT and ZFT ages from Yelland (1991). These results are integrated into a tectonic reconstruction of the eastern Pyrenees from an early Cretaceous extensional template to present day.

References

Guenthner, W. R., P. W. Reiners, R. A. Ketcham, L. Nasdala, and G. Giester, 2013, Helium diffusion in natural zircon: Radiation damage, anisotropy, and the interpretation of zircon (U-Th)/He thermochronology: American Journal of Science, v. 313, no. 3, p. 145–198.

Vacherat, A. et al., 2016, Rift-to-collision transition recorded by tectonothermal evolution of the northern Pyrenees: Tectonics, v. 35, no. 4, p. 907–933.

Yelland, A. J., 1991, Fission track thermotectonics of the Iberian-Eurasian plate collection., Ph.D.: Birkbeck (University of London).

Mots-Clés: Agly Massif, Eastern Pyrenees, syn-orogenic exhumation, zircon (U-Th)/He thermochronology

Evaluation des procédures de naturalisation pour la reconstitution des débits sur le bassin versant de la Seine

Morgane Terrier*[1], Charles Perrin[1]

[1] Hydrosystèmes et bioprocédés (UR HBAN) – Irstea – 1 rue Pierre-Gilles de Gennes, 92761 Antony Cedex, France
@ : morgane.terrier@irstea.fr

Les séries de données observées recueillies au fil du temps comportent à la fois la trace des variations climatiques naturelles et des altérations hydrologiques dues aux activités humaines. En effet, en modifiant son environnement (modification des sols, urbanisation, etc.) et en exploitant ces ressources (consommation d'eau, production hydroélectrique, etc.), l'homme modifie le cycle hydrologique et donc dénature les débits des cours d'eau. Or l'accès au débit naturel est nécessaire dans de nombreux domaines tels que l'optimisation de la ressource en eau ou le contrôle réglementaire des usages.
Pour estimer ce que seraient les débits sans influence humaine, on utilise des méthodes de naturalisation de débits. Ces méthodes permettent en effet de passer d'un débit observé influencé par les activités humaines à un débit estimé naturel, c'est-à-dire hors influences connues. De nombreux travaux appliquant des méthodes de naturalisation ont été menés depuis plus d'une vingtaine d'années. Cependant, ces méthodes ont dans la plupart des cas été développées pour des applications spécifiques, sans réelle estimation des incertitudes associées. L'objet de nos travaux est d'essayer d'établir ces incertitudes, par une approche multi-méthodes. Un inventaire des procédures de naturalisation existantes a été établi, avec l'objectif d'identifier leurs domaines d'applicabilité, forces et faiblesses afin de mieux orienter leurs utilisations. La difficulté de cette évaluation vient du fait qu'en cas d'influence, nous n'avons accès qu'au débit influencé observé et jamais au débit naturel in fine. On ne peut donc évaluer qu'indirectement ces différentes méthodes dans leur capacité à produire des débits naturalisés fiables.
La communication présentera les principaux résultats de travaux visant à comparer différentes méthodes de reconstitution des débits sur le bassin versant de la Seine. Les principaux points de cette étude sont :
(1) L'analyse et la classification des différentes procédures de naturalisations existantes nous a permis d'identifier quatre classes de nature mathématique : les méthodes des bassins appariés, les méthodes de bilans sur ouvrages, les méthodes hydrologique de reconstitution et d'extension de série de débit, et les méthodes de régionalisation.
(2) La mise en place d'une base de données hydrométéorologiques et sur les influences, permettant de caractériser les influences liées à la construction des lacs-réservoirs. L'existence de chroniques de données avant influence permet d'avoir un état de référence non influencé.
(3) Diverses procédures d'évaluation sont développées et l'évaluation des différentes méthodes de naturalisation sera faite au regard d'un ensemble de critères de qualité attendus.

Mots-Clés: naturalisation, influence anthropique, modélisation, hydrologie, bassin de la Seine

Evolution de la sédimentation en Baie du Mont Saint Michel au cours des derniers siècles

Bernadette Tessier*[1], Clément Poirier[1], Simon Tranquart[1], Dominique Mouazé[1], Pierre Weill[1], Alissia Rieux[1], Jérôme Fournier[2], Laurent Dézileau[3]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[2] Biologie des Organismes et Ecosystèmes Aquatiques (BOREA) – MNHN, Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, IRD, CNRS : UMR 7208 – Station de Biologie Marine, Place de la Croix BP 225, 29182 Concarneau Cedex, France
[3] Géosciences Montpellier (GM) – CNRS : UMR5243, Univ. Montpellier II – Place E. Bataillon, CC 60, 34095 Montpellier Cedex 5, France
@ : bernadette.tessier@unicaen.fr

La sédimentation en baie du Mont Saint Michel se caractérise par la mixité des apports, presque exclusivement d'origine marine, carbonatés et silicoclastiques. La question du comblement de cet environnement hypertidal et de l'évolution de son trait de côte, représenté dans le fond de baie (sud et ouest) par des barrières coquillières, se pose à l'horizon des décennies à venir. Comment ce comblement va t-il être affecté par le changement climatique global marqué entre autres par l'accélération de la remontée du niveau marin et par des modifications potentielles de faunes (habitats, espèces..etc) auxquelles peut également contribuer le développement d'activités humaines comme la conchyliculture ?
Les travaux présentés ici (projet Sédibaie, DDTM35 / Région Basse Normandie) ont pour objectif de quantifier le taux de sédimentation dans le fond de baie du Mont-Saint-Michel depuis les derniers siècles, et cela afin d'appréhender les tendances à venir. Pour ce faire des carottages courts (moy. 75 cm) ont été réalisés selon 5 radiales côte-large réparties de St Benoit des Ondes (près de Cancale) à La Chapelle Ste Anne (à l'Ouest du Mt St Michel). Les carottes ont fait l'objet d'analyses variées (faciès, granulométrie, teneur en carbonate, XRF, Scopix, datations 14C...). Un échantillonnage de surface a également été réalisé afin de caractériser les assemblages faunistiques actuels (malacofaune, microfaune, vivant, mort). Parallèlement, des travaux spécifiques sont menés sur les barrières coquillières (stratigraphie THR, évolution contenu faunistique, processus d'édification..).
Les enregistrements étudiés sur les carottes couvrent la sédimentation du dernier millénaire au moins. Ils mettent en évidence le passage entre un environnement de dépôt dominé par l'action des marées, à un environnement de plus haute énergie, sans doute dominé par l'action des houles (tempêtes?). Ce changement majeur, visible sur quasiment toutes les carottes à une profondeur variant entre 30 et 50 cm, s'opère peu après 1000 ans cal. BP. (à confirmer). Il est attribué à un changement climatique d'échelle au moins régionale (Atlantique nord). La complexite de l'enregistrement sédimentaire au-dessus du passage tidal/houle met en évidence une variabilité de faciès sédimentaires à haute fréquence, probablement liée à une fluctuation du climat de houle (NAO, Petit Age Glaciaire), ainsi que dans la partie supérieure à des changements d'apports bioclastiques relatifs au développement des installations conchylicoles.

Mots-Clés: sédimentation, baie du Mont Saint Michel, changement global, production carbonate

Evolution de flèches sableuses depuis le Petit Age glaciaire. Forçage climatique et contrôle tidal

Bernadette Tessier*[1], Clément Poirier[1], Mikkel Fruergaard[2], Eric Chaumillon[3], Dominique Mouazé[1], Pierre Weill[1], Xavier Bertin[3]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143 – 14000 Caen, France
[2] Geological Survey of Denmark and Greenland Department of Stratigraphy – Oster Voldgade 10, DK-1350 Copenhagen, Danemark
[3] LIttoral ENvironnement et Sociétés (LIENSs) – CNRS : UMR7266, Univ. La Rochelle – rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle, France
@ : bernadette.tessier@unicaen.fr

Dans le contexte actuel du changement climatique et de l'accélération de la remontée du niveau marin, le fonctionnement futur des barrières littorales est une question critique. Dans ce cadre, l'objectif du projet BLiNiS (programme Liteau, Ministère Environnement) était de définir comment des flèches sableuses ont évolué depuis le Petit Age Glaciaire (PAG). Trois types de reconstitutions ont été réalisées afin d'étudier l'évolution des flèches en imbriquant échelle événementielle (tempêtes) et contexte climatique global (évolution pluri-séculaire), tout en considérant le contexte historique (sociétal) : 1) une reconstitution stratigraphique (radar géologique, carottages, datations, cartes anciennes) ; 2) une reconstitution des facteurs hydrodynamiques (houles, marées) ; 3) une reconstitution historique basée sur l'étude d'archives afin d'analyser les témoignages des populations lors d'événements majeurs et reconstruire sur cette base une échelle de vulnérabilité (dégâts). Afin d'appréhender le rôle des marées par rapport à celui du climat de houles, l'étude a été menée sur deux flèches soumises à des houles modérées mais à des marnages contrastés : la flèche d'Arçay (sud Vendée) avec une marnage maximum de 6 m, et la flèche de St Germain/Ay (ouest Cotentin) avec un marnage max de 13 m. Les résultats de la reconstitution stratigraphique sont présentés ici. La comparaison des cartes anciennes montre que l'apparition des deux flèches est synchrone, entre le milieu et la fin du XVIIe siècle, soit pendant le PAG, chronologie confirmée par les datations 14C, au moins pour le site d'Arçay. Après, l'évolution est très distincte. La construction de la flèche d'Arçay est progressive, s'opérant par accrétion régulière parallèlement au trait de côte, et se poursuit encore aujourd'hui. Celle de St Germain est très rapide, la flèche ayant acquis sa morphologie actuelle dès le milieu du XVIIIe siècle. Les données géoradar et de carottages reflètent ces évolutions contrastées, avec un mode de construction principalement longshore en Vendée, et un mode de construction dominant en aggradation en Normandie. Tandis que la construction des deux flèches (foreshore) est attribuée à la dynamique de houles (climat), la différence en termes de fonctionnement et d'évolution générale est mise en relation avec la différence des apports sédimentaires entre les deux sites : très importants sur la côte ouest du Cotentin en raison du marnage hypertidal permettant le développement de vastes replats de marée, pourvoyeurs de sédiment, en particulier sous l'action des forts vents du PAG ; plus réduits en Vendée en lien avec un marnage plus faible. En contrôlant la quantité d'apports disponibles pour la construction du haut de plage, le contexte tidal local apparaît donc comme un facteur majeur d'évolution des barrières littorales.

Mots-Clés: évolution littorale, barrière, PAG, sédiment, climat, marnage

Lithium extraction from brines: an integrated method combining thermodynamic modelling and experiments

Anne-Laure Thadée*[1,2]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin 45060 Orléans Cedex 2, France
[2] Lab. de Thermique Energétique et procédés (LATEP) – Univ. Pau Pays de l'Adour : EA1932 – BP 1155, 64013 Pau, France

Lithium demand and supply are rising since the development of rechargeable batteries industry. Its extraction is costly (both in terms of energy and resources, including water and chemicals) and can be optimized. A methodology to achieve this goal is to combine experiments and thermodynamic modelling so as to dimension relevant experiments, to perform them, and to interpret experimental results. The robust semi-empirical Pitzer equations [1] can be used for modelling. A reliable set of specific interaction parameters is available to describe the chemical behavior of complex aqueous systems containing Li, in a large range of compositions. The aim of this study is to enforce experiment of brines evaporation and to compare experimental results to theoretical calculations in order to check and, if necessary, improve our set of interaction parameters [2-4]. Calculations are conducted using the PhreeScale software [5] while experiments are done inside a climatic chamber to simulate evaporation under controlled temperature and humidity conditions.
Using analysis grade salts and purified water, a brine was synthesized and subjected to different evaporation steps of processing (see figure below), leading to the successive precipitation of brucite (Mg(OH)2), halite (NaCl), sylvite (KCl) and finally zabuyelite (Li2CO3). Crystals were identified by XRD (brucite, halite and sylvite) and TEM (halite, sylvite and zabuyelite). Solution composition was also analyzed by liquid chromatography so that the saturation index of minerals can be calculated and compared to the minerals actually formed during the experiment. In the basic Li-Na-K-Mg-Cl-CO3-OH-H2O chemical system, numerical results are in good accordance with experiments, at 25°C and atmospheric partial pressure of CO_2. Next step is to extend the methods to more complex brines, introducing sulfate and calcium in the chemical system.

References

[1] K.S. Pitzer, *Activity coefficients in electrolyte solutions*, 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, 1991

[2] Lach A., André L., Lassin A., Azaroual M., Serin J.-P. and Cézac P. (2015) *J. Sol. Chem.* 44, 1424-1451.

[3] Lassin A., Christov C., André L. and Azaroual M. (2015) *Amer. J. Sci.* 315, 204-256.

[4] Christov C., Velikova S. and Ivanova K. (2000) *J. Chem. Thermod.* 32, 1505-1512.

[5] Lach A., Boulahya F., André L., Lassin A., Azaroual M., Serin J.-P. and Cézac P. (2016) *Comput. Geosci.* 92 (2016) 58–69

Mots-Clés: lithium extraction, Pitzer equations, PhreeScale software, interaction parameters

Sédimentologie, stratigraphie et chronologie du remplissage d'un bassin de décantation du réseau d'assainissement de l'agglomération d'Orléans

Alexandre Thibault*, Jérémy Jacob[1], Anaëlle Simonneau, Claude Le Milbeau, Christian Di Giovanni, Pierre Sabatier, Jean-Louis Reyss, Luigi Ardito, Cédric Morio

[1] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR 7327, INSU, BRGM – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie, 45071 Orléans Cedex 2, France

Les débats sur l'Anthropocène orientent les géologues, et en particulier les paléoenvironnementalistes vers de nouveaux territoires et fenêtres temporelles. L'un des socio-écosystèmes les plus emblématiques de l'Anthropocène est sans nul doute la ville qui se singularise par une part prédominante des activités humaines sur la dynamique des matières, avec des teneurs élémentaires et rapports isotopiques inédits en milieu naturel, qui ont conduit Norra (2009) à proposer le terme d'Astysphère. Nous proposons que les accumulations sédimentaires dans les réseaux d'assainissement constituent des archives intégrées et multi-thématiques de l'histoire récente de la ville. En effet, les réseaux d'assainissement peuvent être assimilés à des réseaux de drainage qui collectent les matières consommées et produites du bassin versant.

La chambre à sable d'Orléans est un bassin de décantation situé en amont des stations d'épuration, d'environ 17 m de profondeur. Elle draine la majeure partie du nord de l'agglomération orléanaise, à travers un réseau unitaire (eaux pluviales et eaux usées). Les sédiments accumulés depuis 1942 n'avaient jamais été curés jusqu'à 2015. Afin de comprendre la dynamique d'accumulation des sédiments dans la chambre à sable, nous avons d'abord prélevé deux carottes sédimentaires de 70 (A) et 250 cm (B) avant curage puis une carotte de 150 cm (C) prélevée près d'un an après les opérations de curage.

Le sédiment est organisé en strates constituées d'alternances de sables grossiers, de lamines à grains plus fins, et de passées très organiques. Les contacts francs entre les différents faciès laissent supposer une mise en place de type événementielle, en accord avec la dynamique sédimentaire attendue dans ce type de réseau. Nous formulons l'hypothèse que les alternances entre faciès organique et faciès grossier correspondent à un rythme saisonnier.

La présence de 7Be dans l'échantillon le plus superficiel de la carotte A confirme le caractère hyper-récent des dépôts superficiels. Dans la carotte C, seuls les échantillons du faciès minéral affichent des teneurs significatives en 7Be ce qui indique que leur dépôt correspond à la période automne-hiver, le faciès organique s'étant déposé durant la fin du printemps et l'été. Ceci confirme nos hypothèses sur l'origine saisonnière des alternances organiques/grossières. Les 30 datations 14C obtenues sur les carottes A et B par la méthode du postbomb se distribuent de manière logique avec la profondeur, les plus anciennes à 2m50 correspondant au début des années 80.

Au total, ces résultats nous permettent de confirmer que les sédiments déposés dans la chambre à sable suivent une logique temporelle, rendant possible des reconstructions paléoenvironnementales en contexte fortement anthropisé, sur des gammes de temps et résolutions rarement atteintes dans des bassins naturels.

Mots-Clés: sédiments, assainissement, datation, ville, stratigraphie, modèle d'âge

Two dimensional mapping of iron and phosphate release in marine sediments at submillimetre scale

Aubin Thibault de Chanvalon*[1], Edouard Metzger[1], Aurelia Mouret[1], Patrick Launeau[1], Emmanuelle Geslin[1], Filip Meysman[2]

[1] Lab. de Planétologie et Géodynamique (LPG) – CNRS : UMR6112, INSU, Univ. Nantes, OSUNA, Univ. Angers – 2 Rue de la Houssinière, BP 92208, 44322 Nantes Cedex, France
[2] Vrije Universiteit Brussel (VUB) – Pleinlaan 2, 1050 Brussel, Belgique

Sediment diagenesis generates chemical fluxes through the sediment-water interface which can strongly impact the water column. The reductive dissolution of iron (hydr)oxides in the Loire estuary sediment is an important diagenetic process in the first 20 cm depth, and forms a possible source of dissolved phosphate and trace metals to the river. Here we propose a new numerical model technique to estimate the production rates of ferrous iron and other solutes from two-dimensional (2D) concentration distributions. Based on the Savitzky Golay filter approach, this model approach suitably "denoises" the measured concentration data and allows to calculate the first order derivative (providing the flux) and the second order derivative (providing the production rate) in a numeral robust way. The new approach was applied to test one-dimensional depth profiles and compared to the widely used "profile" software[1]. Subsequently, we applied the new technique to estimate the production rates from a 2D pore water data set obtained by a combined DET-gel/colorimetry technique[2]. Two mains sources of heterogeneity are described: the bioirrigation of sediment by macrofauna and the patchiness of labile organic carbon. By coupling dissolved iron with dissolved phosphate data set, followed by inverse production rate modeling, we are able, for the first time, to study the impact of this heterogeneity on iron cycle and its consequences on phosphorus mobilization.

[1] Peter Berg, Nils Risgaard-Petersen, et Søren Rysgaard, " Interpretation of measured concentration profiles in sediment pore water ", *Limnology and Oceanography* 43, no 7 (1998): 1500-1510, doi:10.4319/lo.1998.43.7.1500.

[2] Florian Cesbron et al., " Simultaneous 2D Imaging of Dissolved Iron and Reactive Phosphorus in Sediment Porewaters by Thin-Film and Hyperspectral Methods ", *Environmental Science & Technology* 48, no 5 (4 mars 2014): 2816-2826, doi:10.1021/es404724r.

Mots-Clés: DET, Savitzky Golay filter, bioirrigation, heterogeneity

Dynamique des contaminants associés aux particules en suspension par temps de pluie dans un réseau d'eau pluviale de l'agglomération orléanaise

Thomas Thiebault*[1], Fabrice Muller[1], Cécile Grosbois[2], Claude Lemilbeau[1], Mohammed Al-Juhaishi[1], Mikael Motelica-Heino[1]

[1] Institut des Sciences de la Terre d'Orléans (ISTO) – Univ. Orléans, CNRS : UMR 7327, INSU, BRGM – Campus Géosciences 1A, rue de la Férollerie, 45071 Orléans Cedex 2, France
[2] GéoHydrosystèmes Continentaux (GéHCO) – Univ. François Rabelais : EA 6293 – Parc de Grandmont, 37200 Tours Cedex, France

Les ruissellements urbains par temps de pluie (RUTP) présentent la particularité, en cas de réseau séparatif, d'être directement rejeté dans le milieu naturel, sans passage préalable par une unité de traitement autre qu'un séparateur. Ainsi, les contaminants (HAPs, métaux et métalloïdes, solvants industriels, autres polluants émergents, etc.) présents dans la fraction dissoute ou sorbés sur les matières en suspension (MES) rejoignent très rapidement les hydrosystèmes fluviaux.
Les trois objectifs majeurs de cette étude sont (i) d'identifier les contaminants présents ainsi que leurs niveaux de concentrations (ainsi qu'un calcul de bilan massique) lors des épisodes pluvieux (ii) de caractériser à l'échelle d'un réseau particulier (l'Égoutier, Orléans) les sources potentielles pour chacun de ces contaminants ainsi que (iii) de caractériser la nature minéralogique et organique de leurs principales phases porteuses.
Pour ce faire, deux échelles temporelles sont utilisées : tout d'abord une approche temps court, lors de différents prélèvements d'un échantillon composite de MES à l'échelle d'un événement climatique particulier (e.g. un épisode de pluie) ; puis, une approche temps long, en réalisant des carottes sédimentaires (~20 cm) dans trois séparateurs (curages tous les 4 ans). Chacun de ces trois séparateurs reçoit des eaux d'origine très diverses qui permettra d'identifier des traceurs géochimiques spécifiques d'un type d'activités. En effet, le premier reçoit les eaux pluviales d'un lotissement, le second d'une zone industrielle, et le dernier d'une route très passante.
Les analyses se concentreront sur les cortèges organiques et inorganiques associés aux MES ainsi que sur la caractérisation minéralogique et macroscopique des MES (MEB, DRX, FTIR, Raman). Le suivi de polluants bien connus en zone urbaine sera particulièrement soutenu par le zinc, le cuivre ou le platine (HR-ICP-MS) ou encore différents composés organiques comme les HAPs notamment (GC-MS). Les résultats préliminaires montrent que les MES transportent une quantité significative de ces contaminants et ont permis de valider la méthodologie à la fois les sites d'échantillonnage et la fréquence de suivi
Cette thématique est également au cœur des préoccupations des gestionnaires des réseaux urbains, du fait de la méconnaissance de l'impact des RUTP sur les grands systèmes hydrologiques. C'est pourquoi ce travail doit également être considéré comme un outil d'aide à la décision pour les gestionnaires.

Mots-Clés: traceurs géochimiques, activité anthropique, archives urbaines, dynamique des contaminants

Contribution of Heliborne Electro-Magnetic survey for landslide recognition and modelling: application to La Martinique (West Indies, France)

Yannick Thiery*
indexThiery, Yannick[1], Pierre-Alexandre Reninger[1], Rosalie Vandromme[1], Aude Nachbaur[1]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060 Orleans Cedex 02, France
@ : y.thiery@brgm.fr

Landslide hazard and risk assessment in French West Indies is a big challenge, because of several factors contributing to high sensitivity of slopes to landslide (complex weathered volcanic grounds, hurricane seasons, heavy land pressure [1]).The initial step is to assess the spatial probability (and sometimes temporal) of failure (i.e. Landslide Susceptibility Assessment) for a given area. LSA can be evaluated by several approaches especially Physically Based Methods. PBM are used to calculate a slope stability factor taking into account geotechnical, hydrological and hydrogeological parameters.
However, in many cases the parametrization of these models is difficult because of a lack of information (i.e. soil depths, precipitations chronicles...) or because of ground data acquisition complexity. Thus, HEM (Heliborne Electro-Magnetic Survey) can be an alternative to obtain specific information quickly and over large areas. Since 2000, the HEM method is increasingly used for environmental studies: geomorphological and hydrogeological studies [2, 3, 4; 5]. In 2010, The French Geological Survey conducted an HEM survey over La Martinique. Resistivity contrasts has been imaged up to depths of 250-300 meters with a horizontal resolution around 30 m and a vertical resolution between 3 and 8 m [6]. Even if the resistivity has not a straightforward relationship with soil mechanical properties it provides relevant information on both the thickness and the extension of formations.
The aim of this study is to design and assess a methodology which will be used for modeling and mapping of landslide hazard on areas with such HEM coverage. The study is split in two steps: in the first step a qualitative analysis of the contribution of HEM data for hazard mapping is performed by comparison and correlation with field data and drilling in order to identify potential landslide prone areas; in the second step HEM results are integrated in a physically based model (i.e. ALICE®) to assess and to map the landslide susceptibility of slopes for selected areas. A phase of exchanges between field observations, drilling and results, allows calibrating and validating the model. The contributions and weaknesses of the method are also discussed, as well as proposals to improve the latters.

References:
[1] Audru J.C et al. (2010) Eng Geol 114: 364-381.
[2] Jørgensen F. et al. (2003) Jour of Appl Geoph 53: 199-213
[3] Supper R. et al. (2013) Nat Haz and Earth Syst Sci 1: 2281-2318
[4] Viezzoli A. et al. (2010) Geoph Res Lett 37: L01402
[5] d'Ozouville N. et al. (2008) Earth and Plan Sci Lett 269: 517-521
[6] Vittecoq B. et al. (2013) Jour of Hydr 509: 519-538

Mots-Clés: landslide, Heliborne Electro, magnetic survey, physically based model, hazard analysis

The Neogene evolution of the Corsica Basin (Northern Tyrrhenian Sea) revealed by the seismic markers of the Messinian Salinity Crisis in an intermediate-depth basin

Isabelle Thinon*[1], Pol Guennoc[1], Olivier Serrano[1], Agnès Maillard[2], Eric Lasseur[1], Jean-Pierre Réhault[3]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin - BP36009, 45060 Orléans Cedex, France
[2] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III – CNRS : UMR 5563 – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[3] Univ. Bretagne Occidentale (UBO) – Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), Institut d'écologie et environnement, INSU, CNRS : UMR 6538 – Technopôle Brest-Iroise, pl. Copernic, 29280 Plouzané, France
@ : i.thinon@brgm.fr

The Messinian Salinity Crisis (MSC), which widely affected the whole Mediterranean basin, induced rapid and spectacular palaeoenvironmental changes. It led to a major erosion of the onshore areas and the upper parts of the continental shelves and slopes, as well as important evaporitic deposits in the offshore deep basins. The Corsica Basin belongs to the so-called "intermediate-depth basin" type because of its location between the coastal plain–shelf area of East Corsica and deeper marine basins in the northern Tyrrhenian Sea. The MSC event took place in the Corsica Basin during a period of active regional tectonics, contemporaneous with the opening of the Tyrrhenian Sea, as well as during the development of the Corsica Basin and the Elba-Pianosa Ridge. Based on the interpretation of high-resolution seismic reflection profiles and a new *1:250,000* scale synthetic geological map, we establish that the MSC is recorded in the Corsica Basin through the occurrence of two sedimentary formations bounded by three remarkable surfaces. These seismic markers suggest local and temporal variations in relative water level and associated depositional environments that differ between the north and south of the Corsica Basin. During the MSC, the northern sector (Golo Basin) was emerged, whereas the southern sector (Orbo Basin) was often flooded or submerged. In the Orbo Basin, the deposits record both an episode of intra-MSC climate change and regional tectonic events. During the MSC, the Corsica Basin was a perched lake, isolated from the deeper Tyrrhenian basins. The connection with the Tyrrhenian basins was re-established during the final stages of the MSC. Initiated by retrogressive erosion during a relative lowstand, an extensive network of incised valleys was established in the Orbo basin, allowing the drainage of the Corsica Basin southwards into the deeper Tyrrhenian basins just before the sudden Pliocene reflooding. These depositional and erosional markers record the regional tectonic context which was permanently active throughout the MSC. The Orbo basin was strongly subsident along its western rim, while its eastern rim was uplifted. In turn, the Golo basin subsided from middle Pliocene times onwards, while the northern, eastern and southern edges of the Corsica Basin were deformed and uplifted.

Mots-Clés: Corsica basin, Northern Tyrrhenian Sea, Messinian Salinity Crisis, Neogene, intermediate depth basin

Caractérisation des déformations sismogéniques en Provence par une approche pluri-disciplinaire : apport de la géomorphologie quantitative et de la paléosismologie

Franck Thomas*[1], Magali Rizza[1], Vincent Godard[1], Olivier Bellier[1], Jérémy Billant[1], Philippe Dussouillez[1], Jules Fleury[1], Fabrice Hollender[2], Esmaeil Shabanian[3], Lucilla Benedetti[1], Vincent Ollivier[4], Valéry Guillou[1]

[1] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., IRD, CNRS : UMR 7330 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[2] Centre de recherche du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) – Centre de Cadarache, 13108 St Paul-lez-Durance Cedex, France
[3] Institute for Advanced Studies in Basic Science – Gava Zang, Zanjan, Iran
[4] Lab. méditerranéen de préhistoire Europe-Afrique (LAMPEA) – CNRS : UMR7269, Aix Marseille Univ. – 5 rue du château de l'Horloge, BP 647, 13094 Aix-en-Provence Cedex 2, France

La Provence, située au Sud-Est de la France, subit actuellement une déformation tectonique très lente. La région a toutefois connu des séismes majeurs, comme le séisme de Lambesc de 1909, d'une magnitude estimée à 6 et qui a causé la mort de 46 personnes. Ces types d'événements ont des temps de récurrence longs et l'érosion rapide dans la région efface leurs traces en surface, rendant leur étude complexe. Pour tenter de pallier à cette contrainte, une approche pluri-disciplinaire a été mise en œuvre afin d'améliorer la compréhension des processus de déformation tectonique dans le contexte Provençal. Trois zones en Provence ont été sélectionnées pour des campagnes LiDAR aéroporté, afin d'y générer des MNT haute résolution dans le but de cartographier les formations Quaternaires. Ces images permettent une observation détaillée de la morphologie actuelle, constituant ainsi un outil précieux pour déceler des indices de déformations tectoniques récentes. Une campagne de profils de résistivité électrique a été menée en parallèle dans le but d'ouvrir une tranchée de paléosismologie à Vinon-sur-Verdon, au niveau du contact anormal de Maragrate visible sur le MNT LiDAR. Cette tranchée a permis de mettre en évidence un contact anormal par faille entre des séries Miocène et Pliocène, surmonté et scellé par de nombreux chenaux et sédiments Quaternaire récents. Par ailleurs, l'influence du soulèvement tectonique sur la dénudation de la topographie durant le Plio-Quaternaire n'est pas encore bien comprise en Provence, dont la géologie est dominée par une importante série sédimentaire Mesozoïque carbonatée. Une réactivation tectonique a eu lieu au cours de l'orogenèse Alpine (Miocène), ce qui a fortement contribué au rajeunissement du relief. Afin d'en savoir plus sur cette problématique, 41 échantillons ont été collectés dans le massif du Luberon, ainsi que 22 supplémentaires sur plusieurs autres massifs carbonatés Provençaux afin de mesurer la concentration en isotopes cosmogéniques 36Cl. Ceci nous permet de déduire des taux de dénudation nous aidant à comprendre l'évolution long-terme du relief. Sur le Petit Luberon, des échantillons de substrat rocheux et de régolithe ont été prélevés sur la surface sommitale, ainsi que des sédiments fluviaux actifs sur les flancs du massif. Nous observons un fort contraste entre ces bassins versants qui se dénudent à 100-200 mm/ka et la surface sommitale à 30-40 mm/ka. Ces résultats suggèrent une évolution transitoire à l'échelle du massif. Ainsi, ce travail va permettre une meilleure compréhension des processus tectoniques et érosifs dans une région caractérisée par des déformations tectoniques lentes et des précipitations modérées.

Mots-Clés: paléosismicité, géomorphologie, tectonique, isotopes cosmogéniques, LiDAR

E-ReColNat : plateforme informatique du Réseau des Collections Naturalistes

Jérôme Thomas*[1]

[1] Biogéosciences – Univ. Bourgogne, CNRS : UMR 6282 – 6 Bvd Gabriel, 21000 Dijon, France
@ : jerome.thomas@u-bourgogne.fr

Le programme e-ReColNat est coordonné par un consortium regroupant le Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (MNHN), les universités de Bourgogne, de Clermont-Ferrand et de Montpellier, l'Institut National de Recherche en Agronomie (INRA), l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), le Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM), l'association Tela Botanica, la société Agoralogie, le point nodal GBIF-France (Global Biodiversity Information Facility) et le Centre National pour la Recherche Scientifique (CNRS). Il est lauréat des Programmes d'Investissements d'Avenir (PIA) pour les Infrastructures en biotechnologie et santé.
Nous estimons à plus de 100 millions le nombre de spécimens conservés dans les différentes collections naturalistes françaises (muséums, musées et universités), il est important de mettre en place un Réseau des Collections Naturalistes (ReColNat) afin de coordonner les inventaires et offrir une réponse globale pour la valorisation internationale de ces collections. Ce réseau vient d'être labellisé Infrastructure de Recherche (IR) par le Ministère de l'Education Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche.
Ce programme hérite des expériences acquises antérieurement (par exemple la documentation participative des spécimens botaniques, l'informatisation et la numérisation des référentiels paléontologiques). E-ReColNat est la couche informatique de ReColNat et aura pour vocation d'extraire et mettre à disposition ces données naturalistes par 1) une numérisation massive et une documentation par la science participative (web 2.0), 2) l'informatisation et la numérisation des spécimens de référence en paléontologie et zoologie et 3) le moissonnage des données.
Le laboratoire Biogéosciences de l'université de Bourgogne coordonne nationalement la vérification et l'informatisation des données, la photographie et le traitement des photos des spécimens types et figurés repérés dans les établissements détenteurs. Le versement massif de données permettra à des établissements de transférer l'intégralité de leurs inventaires paléontologiques et non uniquement les types et figurés.
Ces informations seront accessibles sur un seul et même portail national (www.recolnat.org). Ce système permettra de centraliser les données issues des différents partenaires en utilisant des standards internationaux de données naturalistes (Darwin Core) afin de favoriser la qualité, le partage et la stabilité des données. Le portail héberge des outils consultatifs ainsi que des outils participatifs. Ces outils participatifs de type Herbonautes pourront compléter les inventaires en permettant aux experts naturalistes de documenter les spécimens. Les établissements détenteurs pourront moissonnés ces nouvelles données afin de compléter leurs inventaires. Actuellement, axé sur les collections paléontologiques, botaniques et zoologiques, ReColNat devrait prochainement s'étendre aux autres collections géologiques.

Mots-Clés: collection, valorisation, patrimoine, infrastructure de recherche

Le paléochenier de Sainte-Agathe: premiers résultats géoarchéologiques d'un site précolombien de la Guyane française

Dominique Todisco*[1], Matthieu Hildebrand[2]

[1] Identités et Différenciations des Espaces, de l'Environnement et des Sociétés (IDEES) – Univ. Rouen, CNRS : UMR6266 – Rue Lavoisier, 76821 Mont Saint Aignan, France
[2] Institut national de recherches archéologiques préventives (INRAP) – Centre archéologique de Guyane 842 résidence St Antoine Chemin St Antoine 97300 Cayenne, Guyane française
@ : dominique.todisco@univ-rouen.fr

Le site précolombien de Sainte-Agathe (Tonate-Macouria) occupe la basse plaine côtière holocène de la Guyane française. Une fouille réalisée en 2009-2010 par l'INRAP a permis de mettre en évidence les vestiges d'une zone d'habitat, bien que très fortement perturbée par les activités anthropiques récentes. L'analyse du mobilier archéologique, associé à un panel de plusieurs datations 14C, a révélé une occupation qui débuta au début du XVe siècle de notre ère et perdura sans doute jusqu'à l'orée de la colonisation européenne. Les vestiges archéologiques, majoritairement du matériel céramique, ont été retrouvés en surface/subsurface d'un paléochenier. Les cheniers sont typiques des côtes des Guyanes où ils ont été formés sous des conditions côtières caractérisées par une progradation d'ensemble. Ils témoignent des transformations morpho-sédimentaires importantes que subissent les rivages guyanais sous l'influence notamment du système de dispersion des rejets fins amazoniens dans l'Atlantique équatorial. Lors de la fouille, plusieurs tranchées ont été ouvertes à la pelle mécanique permettant de documenter la sequence stratigraphique du paléochenier de Sainte-Agathe. Le regroupement des observations réalisées sur l'ensemble des coupes a permis de conceptualiser l'évolution longitudinale des faciès pédo-sédimentaires rencontrés en prenant en compte les traits rédoxiques/réductiques, les variations texturales/structurales inter-unités, la différenciation backslope/foreslope, et la profondeur de l'argile marine située à la base du paléochenier. Les milieux dépositionnels correspondants aux conditions de sédimentation ont été déduits des faciès sédimentaires: paléobanc de vase, phase de transition banc/interbanc, et phase interbanc/chenier. Trois dates OSL obtenues sur les sables du chenier et deux dates 14C, effectuées sur de la matière organique (localisée à la base chenier), situeraient la construction du chenier après 4400/4000 BP, entre circa 3600-2400 BP. Ces dates permettent de questionner la nature des forçages paléoclimatiques qui auraient pu influencer la construction du chenier: augmentation des épisodes ENSO, diminution des précipitations dans le bassin amazonien, migration de la ZCIT, modification de l'intensité et de l'orientation des alizés. Par ailleurs, l'altitude des dépôts observés lors de la fouille, entre 2m00 et 3m50, permet également de questionner la nature et l'efficience des forçages eustatique et tectonique durant l'Holocène supérieur, par comparaison avec les données obtenues dans la plaine côtière holocène du Surinam.

Mots-Clés: géoarchéologie, chenier, stratigraphie, précolombien, Guyane française

Retraitement sismique d'anciens profils pétroliers pour imager les structures profondes de la Manche et de la bordure septentrionale du bassin de Paris : projet GEONORMER

Muhammad Toqeer[1,2], Laure Capar*[2], Fabien Paquet[2], Isabelle Thinon[2], Adnand Bitri[2]

[1] Department of Earth Sciences Quaid-I-Azam university – Islamabad, 45320, Pakistan
[2] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 45060 Orléans, France
@ : l.capar@brgm.fr

Dans le cadre de la reconnaissance géologique du sous-sol des domaines immergés français, le BRGM a retraité en 2012 d'anciennes données sismiques pétrolières des années 70 et 80 (Projet GEONORMER). Ces données recouvrent le domaine offshore de la Baie de Seine au bassin de Dieppe-Hampshire, bordure septentrionale du Bassin de Paris. Le Projet GEONORMER s'intègre dans un ensemble de différents projets scientifiques régionaux focalisés sur la géologie de la Manche et de la bordure septentrionale du bassin de Paris: 1) connaissance géologique du substratum de la Baie de Seine en collaboration avec l'Univ. Caen –M2C- UMR6143 [Thèse de M. Benabdellouahed (2011)[1] et carte géologique à 1/250 000 de la France – feuille Baie de Seine-Pays de Caux (Paquet et al., RST 2016)] ; 2) connaissance géologique du bassin Dieppe-Hampshire en collaboration avec l'université de Lille1-LOG-UMR8187 [Thèse de M. Jollivet-Castellot (2015-2018)[2]]. Au cours de ces différents projets, de nombreuses acquisitions de sismique réflexion Très Haute Résolution imagent les 100 à 200 premiers mètres du sous-sol *[Campagnes Baie de Seine, 2007, 2008 et CAROBSEINE, 2009 (Univ. Caen-BRGM); campagnes MERCAUX 2013, 2015 (BRGM et coll.,), campagne TREMOR, 2014 (Univ. Lille1 et Coll.)]*. Au-delà, la structure plus profonde de ce domaine offshore est mal connue. Dans le cadre du projet GEONORMER, plus de 3000 kilomètres de profils sismiques des campagnes 79MOE / 79MOW et 80NCE ont été traitées via une séquence de traitement pour ces données sismiques marines anciennes, construite à partir des outils *open source Seismic Unix*©. L'analyse des données sismiques a montré un niveau de bruit important d'origine diverses, une atténuation rapide en profondeur des multiples et des réflexions. Afin d'obtenir une image sismique interprétable en profondeur, la majeure partie des bruits a été atténuée via une discrimination basée sur les vitesses et l'application d'un filtre dans le domaine F-K. Les multiples issus du fond de l'eau, peu profond, et les " peg leg " ont été fortement atténués par l'application d'un filtre radon dans le domaine Tau-P. L'image finale obtenue est une migration pré-stack en temps, permettant de s'affranchir des conflits de vitesse de propagation des ondes et de mieux imager les structures complexes, jusqu'à 2,5 secondes temps double. Les résultats obtenus montrent la présence de discordances majeures, de structures synclinales et des structures de progradation du bassin.

[1] Thèse de M. Benabdellouahed (2007-2010) - Univ. Caen / BRGM (dir. : B. Tessier, O. Dugué (Univ. Caen- M2C), P. Guennoc, I. Thinon (BRGM))
[2] Thèse de M. Jollivet-Castellot (2015-2018) - Univ. Lille 1 / BRGM (dir. : V. Gaullier (Univ. Lille1 - LOG), F. Paquet (BRGM))

Mots-Clés: Manche, Baie de Seine, bassin de Dieppe Hampshire, traitement sismique, GEONORMER, 79MOE, 79MOW, 80NCE

Nouvelle découverte de Rhabdodon (Dinosauria, Ornithopoda) provenant du Campanien supérieur de Provence : vers une meilleure connaissance de la variabilité ontogénétique, sexuelle et spécifique

Thierry Tortosa*[1], Yves Dutour[2]

[1] Réserve Naturelle de Sainte-Victoire (RNSV) – Conseil Départemental des Bouches-du-Rhône, Direction de l'Environnement – 52 avenue Saint Just, 13256 Marseille, France
[2] Museum d'Histoire Naturelle d'Aix-en-Provence (MHNA) – Ville d'Aix-enProvence – Parc Saint-Mitre, 166 Avenue Jean Monnet, 13090 Aix-en-Provence, France
@ : thierry.tortosa@cg13.fr

Dans cette étude, nous présentons la découverte d'au moins quatre squelettes partiellement conservés du dinosaure ornithopode *Rhabdodon*, provenant des argiles rouges Campanien supérieur (faciès Rognacien inférieur). Ces restes appartenant à des individus sub-adultes ou adultes, de petites tailles, ont été mis au jour par l'équipe de la Réserve Naturelle de Sainte-Victoire, en collaboration avec le Museum d'Histoire Naturelle d'Aix-en-Provence, sur le site historique de Grands-Creux (territoire de la réserve naturelle). Il s'agit du second secteur fossilifère de ce secteur, après celui de Roques-Hautes (distant de quelques centaines de mètres), un autre gisement mondialement connu pour avoir livré les premiers restes du théropode dromaeosauridé *Variraptor mechinorum* (Le Loeuff et Buffetaut, 1998).
Cette découverte a livré des éléments squelettiques inédits de l'anatomie de *Rhabdodon*. Elle inclue des séries de vertèbres (depuis les cervicales jusqu'au caudales moyennes), des membres antérieurs (bras complet et main partielle), éléments pelviens en connexion et des membres postérieurs articulés (avec un pied partiel). L'une des observations les plus remarquables est la nette différence morphologique visible entre plusieurs ossements de taille identique, provenant de même région anatomiques (éléments pelviens et des membres postérieurs) et provenant du même horizon fossilifère. Ces découvertes apportent ainsi de nouvelles informations sur le dimorphisme sexuel présent chez ce taxon.
D'après les caractéristiques du bassin et des membres postérieurs, les spécimens de Grands-Creux semblent être morphologiquement plus proches de spécimen isolés découverts sur le célèbre site de Fox-Amphoux (Var). Malheureusement, ce matériel ne peut toujours pas être directement attribué à l'espèce *Rhabdodon priscus* (dont l'holotype provient du Tunnel de la Nerthe, près de Marseille) à cause de l'absence d'éléments osseux en communs entre ces différentes localités de Grands-Creux, Fox-Amphoux et de La Nerthe. Ces nouvelles données permettent néanmoins de réinterpréter des découvertes plus anciennes effectuée à Vitrolles-Couperignes, Bouches-du-Rhône (Pincemaille-Quillevéré, 2002; et travaux non publiés).
Ces découvertes confirment l'existence d'une combinaison complexe de caractéristiques anatomiques observées sur les différents spécimens de Provence. Elles permettent d'établir la base de la reconnaissance des différents types de dimorphismes (interspécifique, ontogénétique et maintenant sexuel) afin de mieux définir le genre *Rhabdodon* et, ainsi, d'améliorer nos connaissances sur la paléobiodiversité européenne durant le Crétacé terminal.

Mots-Clés: Dinosauria, Rhabdodon, Campanien supérieur, Provence, dimorphisme

Une carte expérimentale des températures des granitoïdes armoricains établie par géothermométrie Ti-Zr-REE

L. Tripot, Denis Thiéblemont*[1]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – B.P. 6009, 45060 Orléans, France

Différents travaux portant sur la solubilité des phases accessoires dans les magmas granitiques fournissent des méthodes indépendantes de calcul des températures de mise en place des granitoïdes d'après leurs teneurs en Zr (Watson et Harrison, 1983), terres rares (Monthel, 1993) ou Ti (Hayden et Watson, 2007).
Ces méthodes ont été testées sur les roches plutoniques du massif armoricain pour lesquelles une base de données de près de 2500 analyses géochimiques a été constituée au BRGM.
Des températures ont ainsi été calculées sur près d'une centaine de massifs, par au moins une méthode (Ti), le plus fréquemment deux (Ti-Zr) et plus rarement trois (Ti-Zr-REE), selon le nombre d'éléments dosés.
Cette démarche met en évidence une excellente cohérence entre les températures obtenues d'après Ti et Zr dans un intervalle de SiO2 compris en 65 et 73%. En-deçà ces méthodes ne sont pas utilisables du fait d'une probable sous-saturation des magmas en minéraux accessoires et au-delà, la méthode Ti peut être limitée par une incertitude trop élevée (ex. $\pm$ 0,05%) sur le dosage de TiO2.
A partir des résultats une carte des températures de mise en place des granitoïdes armoricains a été établie qui couvre à la fois le magmatisme cadomien (Trégor, Mancellia) et le magmatisme varisque (cambrien à carbonifère). Cette carte peut être traitée par tranches d'âges, révélant des évolutions temporelles au sein d'un domaine donné (ex. domaine sud-armoricain) ou des contrastes entre domaines à une époque donnée.
Un résultat important est la mise en évidence d'une gamme de températures de près de 250°C ($\sim$ 900-650°C) pour des roches se situant dans un intervalle réduit de teneurs en SiO2 ($\sim$ 65-75%), et l'existence de températures souvent élevées ($>$ 800°C) pour des granitoïdes d'origine clairement crustale (granodiorites et leucogranites peralumineux) mis en place aux derniers stades d'évolution des orogènes cadomiens (magmatisme mancellien) et varisques (leucogranites sud-bretons).

Références

Hayden L.A., Watson E.B., 2007. Rutile saturation in hydrous melts and its bearing on Ti-thermometry of quartz and zircon. *Earth Planet. Sci. Lett.,* 258, pp. 561-568.

Montel J.M., 1993. A model for monazite/melt equilibirum and application to the generation of granitic magmas. *Chemical Geology,* 110, pp. 127-146.

Watson E.B., Harrison T.M., 1983. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crustal magma types. *Earth Planet. Sci. Lett.,* 64, pp. 295-304.

Mots-Clés: granite, leucogranite, Massif Armoricain, thermométrie

Minéralogie des Argiles de Saïda (en Algérie occidentale)

Abdia Touahria Sebane*[1], Nathalie Fagel[2], François Fontaine[2], Abbes Sebane[1], Fatiha Douas Bengoudira[1], Khaldia Ziouit[1]

[1] Lab. Géodynamique des Bassins et Bilan sédimentaire (GéoBaBisé) – Univ. Oran 2 Mohamed Ben Ahmed, Algérie
[2] UR Argile, Géochimie et Environnements sédimentaires (AGEs) – Dpt. de Géologie B.18, Sart-Tilman, Univ. Liège, Liége, B-4000, Belgique
@ : touahria_abdia@yahoo.fr

La zone d'étude est située dans la région de Saïda, aux environs de la localité de " Hammam Rabbi " en Algérie occidentale. La coupe étudiée montre la succession de bancs calcaires et gréseux appartenant au membre inférieur de la formation des " Argiles de Saïda " daté du Callovien inférieur à moyen (1).
Les ammonites collectées dans les niveaux condensés de calcaires ont permis de reconnaître les zones à Gracilis et à Coronatum. La zone à Athléta est reconnue par corrélation avec la coupe de référence levée au Djebel Ben-Kmer (2).
Le cortège minéralogique des échantillons a été identifié par diffraction des rayons X sur poudre totale et sur agrégats orientés pour la fraction $<$ 2 microns. Les échantillons se composent de calcite, de dolomite, de quartz, de kaolinite, de l'illite, de chlorite et de minéraux interstratifiés : illite-vermiculite. La proportion des minéraux argileux évolue à travers la série étudiée, avec une prédominance de kaolinite à la base et d'illite au sommet. On note l'absence totale de la smectite. L'abondance relative des argiles par rapport aux minéraux détritiques grossiers suggère une inondation maximale avec la fraction des carbonates plus calcitique et moins dolomitique.
Les résultats minéralogiques des minéraux argileux et non argileux obtenus à partir de la technique de semi-quantification permettent de comprendre les conditions de sédimentation des " Argiles de Saïda ". L'évolution minéralogique semble en accord avec les changements tectono-sédimentaires qui ont affecté le sillon tlemcenien. (3).

Références

(1) MANGOLD C. & A. TOUAHRIA (1975) - La sédimentation du Bajocien à l'Oxfordien sur le bord NW du " seuil " de l'AïnSoltane (NE de Saïda, Algérie). *3èmeRéun. An. Sci. Terre* Montpellier, *Soc. Geol.. France*, p. 245.

(2) TOUAHRIA A. (1979) - Stratigraphie de Callovien des environs de Saïda (Algérie occidentale) Les *Reineckeiidae* (Ammonitina, *Perisphinctaceae*). *Thèse 3ème cycle. Univ. Lyon.*

(3) ELMI S. (1978) – Polarité tectono-sédimentaire pendant l'effritement des marges septentrionales du bâti africain au cours su Mésozoïque (Maghreb). Ann. Soc. Géol. Nord, XVII : 315-323, 3 fig.

Mots-Clés: argiles de Saïda, ammonites, minéralogie, tectonique, sédimentaire

Miocene Carbonate pipes from the Hikurangi active margin (New Zealand, North Island): From early initiation to migration pathway

Renaud Toullec*[1], Julien Bailleul[1], Pierre Malié[1], Frank Chanier[2], Geoffroy Mahieux[3], Sébastien Potel[1]

[1] Equipe B2R (Bassins, Réservoirs, Ressources) – Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – 19 rue Pierre Waguet - BP 30313 - 60026 Beauvais Cedex, France
[2] Lab. d'Océanologie et de Géosciences (LOG), UMR 8187 – Univ. Lille I – Bâtiment SN5, Cité Scientifique, Avenue Paul Langevin, 59655 Villeneuve D'Ascq Cedex, France
[3] Equipe B2R (Bassins, Réservoirs, Ressources) – Univ. Picardie Jules Verne – 33 rue St Leu, 80039 Amiens Cedex, France
@ : renaud.toullec@lasalle-beauvais.fr

The present study deals with the analysis of tubular carbonate concretions outcropping in 2 areas in the New-Zealand Hikurangi active margin: the *Akitio syncline* (Pongaroa area) and the coastal cliffs of *Cape Turnagain*. The aim of this work is to propose a comparison between carbonate pipes from two former basins having evolved from lower/middle Miocene (Akitio) and upper Miocene (Cape Turnagain) and finally to enlighten the role of pipes involved in fluids circulation. In both cases the host rock is composed of very fine grained muddy carbonate containing a lot of fromboïdal pyrites, quartz, feldspar and very few and poorly diversified fauna indicating stressed paleoenvironmental depositionnal settings. Concerning the tubes themselves, they differ on a morphological point of view: schematically, they are large and cylindrical in Cape Turnagain whereas they are smaller and rugose in the Akitio syncline. Diagenesis sequences of the tubes are also clearly different in these two areas : In the Akitio syncline, the biggest tubes are characterized by a lot of late cross-cutting fractured stages, filled by softly deformed monomict muddy breccia, maybe linked to high pressure hydrolic fracturing. In the case of Cape Turnagain, diagenesis sequence is highlighted by complex cementations and dissolution stages without large muddy injections. Isotope analysis was carried on both host rock and infilling part of the tubes on plugs directly drilled in the field. These analysis were done one 80 samples for d18O/d13C stable isotopes and on 9 samples for 87Sr/86Sr. All these data are supported by systematic cathodoluminescence analysis to check possible diagenetic alteration. To get the most accurate marine values of past sea water, microsampling was also conducted on bivalve shells of the host rock part. Samples from infilling part of the pipes were carefully micro-drilled using micromill device on very poor clay content phases to reflect the best as possible the signature of carbonate minerals. Classically the Early Neogene is the best period to give an accurate age using 87Sr/86Sr as chemostratigraphic tool. Bivalve samples from host-rock formations give ages in Akitio Basin around 21-23 Myears close to past datations supported by paleontological data. On the other hand, a big shift toward far older ages than expected is observed in Cape Turnagain formations which could be due to fluid contaminations. Strontium and oxygen/carbon data from the latest muddy infilling of the tubes are significantly different from the host rock values giving clues for the hypothesis of 2 major stages to explain tubes formation : The first stage took place in an eogenetic environment with the building of tube framework in a reducing environment, whereas the late infilling of the tubes, whose fluids were very different from the Miocene marine waters, used the pre-existing plumbing system as pathways for per-ascensum fluid circulations.

Mots-Clés: New Zealand, Hikurangi, Akitio, Cape Turnagain, carbonate pipes, diagenesis, isotopes

Géochronologie U/Pb, Géochimie et Isotopes Sr-Nd des granitoïdes de la Vallée Tifnoute (Promontoire Ouzellagh-Sirwa; Anti Atlas; Maroc) : un événement post-collisionnel dans un contexte métacratonique

Abdeslam Toummite*[1], Jean-Paul Liegeois, Dominique Gasquet, Olivier Bruguier, El Hassan Beraaouz, Moha Ikenne

[1] Géophysique, Géoressources et Patrimoine (ER-GGP). Dpt. de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques, Univ. Moulay Ismaïl – BP 509, Boutalamine, Errachidia, Maroc
@ : atoummite@gmail.com

Dans la vallée Tifnoute, trois unités plutoniques ont été définies: l'intrusion d'Askaoun, l'intrusion d'Imourkhssen et les petites intrusions d'Ougougane. Ces intrusions sont constituées de diorites quartziques, granodiorites et granites. Ces roches contiennent d'abondantes enclaves magmatiques mafiques (MME). La datation ponctuelle de zircons par la méthode U-Pb par ablation laser / ICP-MS a donné un âge de 558 $\pm$ 2 Ma et de 558 $\pm$ 3 Ma (2 échantillons différents) pour la granodiorite d'Askaoun et de 561 $\pm$ 3 Ma pour le granite d'Imourkhssen (Ediacarien terminal). Ces intrusions granitiques sont subcontemporaines des roches volcaniques et volcano-détritiques du Groupe d'Ouarzazate (580-545 Ma), marquant la fin de la période transtentionnelle post-collisionnelle de l'Anti-Atlas évoluant vers la période extensionnelle de la transition Ediacarien – Cambrien marquée par l'apparition de laves alcalines et tholéiitiques et exprimant le début de la période intraplaque et anorogénique. Géochimiquement, les granitoïdes de la vallée Tifnoute appartiennent à une série alcali-calcique (calco-alcaline fortement potassique) avec des anomalies négatives en Nb-Ta et dépourvue de caractères alcalins. Leurs ϵNd(560Ma) sont positifs (+1 à +3,5) avec des âges modèles Nd-TDM jeunes entre 800 et 1200 Ma, couplés à des faibles rapport initiaux des isotopes du Sr (Sri: 0,7031 à 0,7061). Ces valeurs indiquent une source principalement juvénile correspondant soit à un manteau lithosphérique panafricain métasomatisé partiellement mélangé à la vieille croûte sous-jacente éburnéenne du craton ouest-africain. La présence de marqueurs pré-panafricains bien préservés (le socle éburnéen c. 2 Ga, les sédiments légèrement métamorphisés de la marge passive de 800 Ma, les séquences ophiolitiques allochtones de 750 - 700 Ma), permet de conclure à l'absence d'épaississement lithosphérique et crustal et de marge active panafricaine au cours du Panafricain dans l'Anti-Atlas. Après une période transpressive initiale, l'Ediacarien dans sa phase terminale (580-545 Ma) est marqué par d'importants mouvements verticaux, transtensifs puis extensifs, synchrones avec la mise en place du Groupe d'Ouarzazate d'épaisseur très variable (0 – 2000 m) et des granitoïdes de la vallée de Tifnoute. Nous proposons donc un model géodynamique où les granitoïdes de la vallée Tifnoute ainsi que le groupe d'Ouarzazate ont été générés au cours de l'évolution post-collisionnelle metacratonique de la limite nord du craton Ouest Africain. La convergence initialement transpressive avec la marge active péri-gondwanienne a induit une fracturation de cette bordure cratonique sans épaississement permettant la montée de magmas particulièrement en grands volumes lors de la phase transtensive fini-édiacarienne. Les granitoïdes de la vallée Tifnoute montrent une source du manteau lithosphérique métasomatisé avec une contribution légère d'une composante crustale sous-jacent du craton ouest africain (2 Ga).

Mots-Clés: Anti-Atlas, pan-Africain, granitoïdes, post-collisionel, métacraton, vallé Tifnoute, Promontoire d'Ouzellagh, Sirwa, Anti-Atlas

Etude structurale et pétrographique de la minéralisation de fluorine de Ras Elhamda, Boutonnière de l'Ougnat, Anti Atlas oriental, Maroc

Abdeslam Toummite*[1], Abdelhafid Essalhi, Mourad Essalhi

[1] Géophysique, Géoressources et Patrimoine (ER-GGP). Dpt. de Géologie, Faculté des Sciences et Techniques, Univ. Moulay Ismaïl – BP 509, Boutalamine, Errachidia, Maroc
@ : atoummite@gmail.com

Le gisement de fluorine de Ras Elhamda, en exploitation depuis 2001 par la Société Nouvelle Union des Métaux Maroc (SNUMM), se situe sur la route reliant Tinjdad à Jorf en bordure orientale de la boutonnière précambrienne de l'Ougnat (Anti-Atlas oriental, Maroc). Géologiquement, la structure du gisement correspond à un graben orienté NW-SE à cœur occupé par des pélites du Cambrien moyen (Schistes à Paradoxides). La minéralisation se présente en remplissage de deux failles normales du graben ayant des pendages opposés :
Faille sud, de direction NW–SE et de pendage fort vers le NE : cette structure de jeu normal, sépare les terrains du Néoprotérozoïque des formations pélitiques du Cambrien moyen ;
Faille nord, de direction WNW–ESE et de pendage moyen vers le sud : cette structure de jeu normal affecte la formation magmatique du Cambrien moyen.
Il faut noter que la topographie reflète parfaitement la structure en graben suite à l'érosion des schistes à Paradoxides de rhéologie tendre qui occupent le centre du relief. Les terrains volcaniques (Néoprotérozoïque supérieur) et grès de Tabanit (Cambrien moyen) de rhéologie plus compétente occupent les parties surélevées du graben.
Grâce aux travaux d'exploration menés sur le gisement (sondages carottés et travaux miniers (tranchées, puits et galeries), nous avons pu accéder à la minéralisation à différents niveaux puis à son échantillonnage. La minéralisation observée est de type filonien, elle se présente sous deux principales formes : bréchique et massive.
La forme bréchique : elle montre des éléments de l'encaissant de taille variable allant de l'échelle microscopique à l'échelle pluridécimétrique. Les éléments de la brèche sont cimentés par la fluorine. Il faut noter que du quartz néoformé se trouve associé à la fluorine au niveau de cette structure bréchique.
La forme massive, quant à elle, elle montre l'association de la fluorine avec le quartz ou la calcite. Cette dernière se trouve enrobée au sein de la fluorine.
Dans certaines parties des caisses filoniennes, la barytine est associée à la fluorine, formant ainsi une paragenèse macrocristalline, où les cristaux sont de taille décimétrique.
Des sulfures de métaux de base telle que la galène, la sphalérite et la chalcopyrite sont parfois liés à la fluorine de façon sporadique. Cette dernière renferme souvent des cristaux de stibine en inclusions.
Outre ces deux formes principales de la minéralisation, la structure géodique est également assez abondante au niveau de la minéralisation de Ras Elhamda. Dans les géodes apparaissent des assemblages de cristaux de fluorine le plus souvent de taille pluridécimétrique. Différents types d'assemblages minéralogiques ont été mis en évidence à l'intérieur des géodes, principalement la fluorine et la barytine en cristaux de taille décimétrique avec parfois du quartz.

Mots-Clés: minéralisation fluorine, paragenèse, graben, contrôle tectonique, Ras El Hamda, Anti-Atlas oriental, Maroc

Cartographie prédictive par la méthode CBA (Cell Based Association)

Bruno Tourlière*[1], Mario Billa, Daniel Cassard[1], Jean-Michel Angel[1], Evren Pakyuz Charrier[2], Guillaume Bertrand[1]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – 3 avenue Claude Guillemin, BP 6009, 45060, Orléans Cedex 2, France
[2] Center for Exploration Targeting (CET) – University of Western Australia, 35 Stirling Hwy, Crawley WA 6009, Australie
@ : b.tourliere@brgm.fr

Depuis plusieurs années, le BRGM développe des méthodes de cartographie prédictive pour les ressources minérales, dont les objectifs sont i) de minimiser les conséquences de l'imprécision du positionnement géographique des objets et ii) de prendre en compte l'incomplétude des attributs retenus pour les calculs. Ces méthodes reposent sur les fréquences d'apparition et les associations de valeurs de variables. Elles se basent sur un noyau d'apprentissage, défini à partir d'un groupe d'occurrences de référence et à partir duquel on recherche les objets présentant des signatures similaires dans la zone d'étude. La méthode CBA (" Cell Based Association ") est décrite dans cette présentation, tandis que la méthode DBQ (" DataBase Querying ") est détaillée dans la présentation de Bertrand et al. dans la même session. La méthode CBA est basée sur le découpage régulier de la zone d'étude en cellules et l'identification, dans chacune d'entre elles, de l'association des valeurs prises par l'ensemble des variables sous forme de présence (1) ou absence (0). A partir de ce jeu de données, deux procédures permettent de déterminer des zones prospectives : 1. une procédure utilisant la CAH (Classification Ascendante Hiérarchique) qui permet de classer les associations présentes dans les cellules, puis d'identifier la ou les familles associées aux objets recherchés pour les sélectionner sur l'ensemble de la zone d'étude ; 2. une procédure consistant à calculer un ranking à partir des associations présentes dans le set d'apprentissage afin de mesurer la similitude ou la proximité de chaque cellule avec ce set. Plusieurs calculs de ranking sont possibles, soit à partir des fréquences de présence de chaque paramètre (=DBQ) dans les cellules du set d'apprentissage, soit à partir du comptage des associations du set d'apprentissage dans toutes les cellules de la zone d'étude. Cette démarche permet d'obtenir des scores différenciés sur les cellules prospectives et donc de les classer. Le principe du découpage de la zone d'étude en cellules rend la procédure CBA moins sensible au positionnement des points de référence et à la précision des contours des polygones. La méthode CBA a été appliquée dans le contexte métallogénique français, notamment pour étudier la prédictivité du tungstène dans des zones d'intérêt du sud-ouest de la France.

Mots-Clés: ressources minérales, prédictivité, cartographie, exploration

La différentiation crustale au cours de l'orogenèse hercynienne, étude du massif nord pyrénéen de l'Agly (ou se promener sur la discontinuité de Conrad)

Baptiste Tournaire Guille*[1]

[1] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – 4, place Jussieu, BP CC129, 75252 Paris Cedex 05, France

Le massif de l'Agly est une tranche de croûte moyenne exhumée de la racine orogénique de la chaîne hercynienne. C'est un cas d'école en France reconnu pour son métamorphisme HT-BP. Il est constitué d'une couverture de sédiments cambrien supérieur à dévonien surmontant en discordance un socle plus ancien constitué de para- et d'orthogneiss. Le métamorphisme hercynien s'y observe du faciès des schistes verts au sommet de la couverture, au faciès des granulites dans le base du socle (Fonteilles 1976), avec un géotherme apparent exceptionnellement élevé pour lequel l'effet de socle a été défini (Fonteilles & Guitard 1968). Il est accompagné de la mise en place, par transfert advectif, d'au moins quatre types (Touil, 1994) de magma mantellique à la fin de l'orogenèse hercynienne. La recherche des causes de cette anomalie thermique, basée sur la modélisation des effets thermiques de la mise en place de magmas dans la croûte inférieur, pose entre autre les questions de l'état anté-hercynien des terrains de l'actuel socle gneissique, et de la continuité des conditions du métamorphisme entre socle et couverture. De récentes datations U/Pb sur zircons ont (i) révélées la présence au sein du socle de granites mise en place au paléozoïque inférieur et (ii) permis de contraindre la durée de l'épisode magmatique hercynien dans cette portion de croûte à une dizaine de millions d'années à la fin de l'ère carbonifère (Tournaire-Guille et al., in prep). La première partie de ma thèse vise à réactualiser la caractérisation du métamorphisme hercynien dans cette zone, à l'aide de données minéralogiques et pétrologiques exploitées dans une analyse thermobarométrique comparées à une modélisation thermodynamique -réalisée à l'aide du logiciel Perple_X. Les résultats obtenus à la base du massif dans les roches à orthopyroxène-grenat sont 4,5 $\pm$ 0,5 kb et 750 $\pm$ 50 °C. Les calibrations de pressions et températures ainsi obtenu me permettront dans un deuxième temps de modéliser à l'aide de codes matlab (Annen et al, 2005) le flux de chaleur et son effet sur les paragenèses des roches du socle du massif de l'Agly.

Mots-Clés: thermobarométrie, thermodynamique, Hercynien, perplex, granulite, métapélites

Le littoral du nord Médoc : entre érosion et préservation du patrimoine archéologique

Quentin Trouvé*, Agnès Baltzer[1], Axel Creach, Florence Verdin

[1] Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géolittomer) – CNRS : UMR6554, Univ. Nantes – BP 81227, 44 312 Nantes Cedex 3, France

Le littoral nord médocain est confronté depuis longtemps à une forte érosion marine. Pour faire face à ce phénomène, les Hommes ont érigé depuis la fin du XVIIIe siècle, des aménagements de défense pour se protéger des aléas. Néanmoins, l'extrême vulnérabilité de ce littoral face à l'érosion génère un rapide recul du trait de côte. Cette partie du littoral aquitain révèle de nombreux vestiges des occupations humaines antérieures, dont certains revêtent un aspect exceptionnel. Les sites archéologiques sont situés dans les couches d'argile des falaises dunaires et se dévoilent au gré des marées. Toutefois, les changements rapides de ce milieu ont des effets destructeurs sur ces sites et rendent, de plus, la préservation de ce patrimoine difficile. L'objectif de cette étude est d'analyser les mesures de préservation du patrimoine archéologique et leur association avec la gestion du littoral au sens large. Un travail cartographique est réalisé, de manière à mesurer le recul du trait de côte sur cinquante-cinq ans, entre 1957 et 2012. Une analyse des impacts des ouvrages de défense sur le milieu et les dynamiques côtières complète ce premier travail. Enfin, une évaluation de la vulnérabilité des sites archéologiques est proposée grâce à la création d'un indice, permettant d'échelonner la nécessité de préservation. Le résultat de cet indice hiérarchise les niveaux de vulnérabilité ainsi que l'importance de chaque site.

Mots-Clés: érosion, gestion du littoral, aménagement, Médoc, vulnérabilité, patrimoine archéologique

Simulation des propriétés hydrauliques d'un réseau de fracture expérimental. Apports de la modélisation numérique par éléments finis

Ghislain Trullenque*[1], Rishi Parashar[2], Clément Delcourt[1], Lucille Collet[1], Pauline Villard[3], Sébastien Potel[1]

[1] Institut Polytechnique Lasalle-Beauvais - ESITPA – Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – France
[2] Desert Research Institute, Reno – États-Unis

Nous présentons les résultats de simulations numériques de circulations de fluides au sein d'un réseau de fractures produit de manière expérimentale.
Les échantillons ont été déformés en conditions triaxiales (s1 > s2 = s3) dans le domaine cassant sous une pression de confinement s3 de 150 MPa à température ambiante.
Deux types d'expériences en laboratoire ont été mises en œuvre :
1) Une première série de tests dits " tests conventionnels " (Conventional Testing, CT) consiste en une mise sous contrainte différentielle progressive de l'échantillon jusqu'à la rupture.
2) Une deuxième série de tests dits " lâcher de pression de confinement " (Confining Pressure Release, CPR) suivent un protocole plus original. L'échantillon est mis sous une contrainte différentielle élevée mais insuffisante pour produire un phénomène de rupture. Ce dernier se produit par un lâcher soudain de la pression de confinement impliquant une augmentation brutale de la contrainte différentielle et conduisant à une violente rupture de l'échantillon. Ce type de test est inspiré des travaux de Weiss and Wenk (1983).
Les réseaux de fractures obtenus en mode CT vs. CPR ont une densité de fracturation comparable. La différence essentielle entre les deux tests réside dans l'orientation des fractures à savoir 1) un réseau conjugué pour les tests CT avec une fracture dominante orientée à environ 20° de s1 et 2) un réseau non conjugué pour les tests CPR avec une fracture dominante orientée à environ 35° de s1.
Nos modélisations sont basées sur la méthodologie DFN (Discrete Fracture Network) à savoir un code numérique par éléments finis. Nous avons pu ainsi déterminer les valeurs moyennes de flux et de charge hydraulique pour chaque réseau.
Nos résultats montrent que le cheminement emprunté par les fluides est différent selon la géométrie du réseau considéré. Ceci dit, la quantité de fluide transportée est comparable d'un réseau à l'autre.

Références :
Weiss L.E., Wenk H.R. (1983). Experimentally produced pseudotachylite – like veins in gabbro. Tectonophysics, 96, 299-310.

Mots-Clés: déformation expérimentale, réseau de fracture, modélisation numérique

Etude géologique et gitologique du territoire de Nyunzu (Kioko, Matengo, Luhata, Tende), nord de la province du Katanga, R.D.Congo

Fortune Tulomba Niemba*[1]

[1] Laboratory Georessource, Departement of geology, Faculty of science and Technology, Cady Ayyad University, Marrakesh, Maroc

Dans cet article, nous présentons une étude géologique et gitologique sommaire de certains secteurs minéralisés situés géographiquement dans la partie Nord Est de la province du Katanga (territoire de Nyunzu), à 130 km à l'ouest de la ville de Kalemie et à 24 Km à l'Est de la ville de Nyunzu.

Changes in migration of intertidal dunes: Case of Somme Bay (NW France)

Imen Turki*[1], Sophie Le Bot[1], Nabil Kakeh[2], Nicolas Lecoq[1], Charlotte Michel[1], Robert Lafite[1]

[1] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ., UNIROUEN, UNICAEN, CNRS : UMR6143, Normandie Univ – 76000 Rouen, France
[2] Departament de Física Aplicada, Universitat Politècnica de Catalunya – Barcelona, Espagne

Intertidal dune dynamic was investigated in the Somme bay (NW France) using a series of field surveys during a neap-spring tidal cycle: bed level measurements provided by Lidar techniques and energy conditions records of waves, tides and currents. Dune migration has been calculated from observations by the use of a new conceptual method implemented to determine the local gradient of movement between two successive instants. The total dune migration can be decomposed into a simple translation component representing approximately 25% of the total movement and 75% of rotation which increases with the wave obliquity in respect to the coastline.
Then, the translation and rotation movements of intertidal dunes have been investigated together with the stress radiation in the cross-shore (Sxx) and the long-shore direction (Sxy), respectively. Significant correlations have been found with a mean variance of 72% for the cross-shore changes and take an order of 60% in the longshore direction where the missing 40% should be related to the effect of tidal currents. The time lag observed between the wave energy and the dune response is around a half tidal cycle for translation movement and extends to a full tidal cycle for rotation movement. This lag can be explained by the memory effect of the dune response.
The physical concept of memory was introduced by Turki et al. (2012) to analyse the variability of the shoreline position at pocket beaches. This concept has been used to calculate the memory function required for determining the wave energy of the preceding time. By considering the effect of memory, the correlation between the wave energy and the dune response has been improved with a mean variance higher than 92% . The few discrepancies between results suggest the sensitivity of dunes to the convolution between their morphological characteristics of height, length and asymmetry and the energy conditions. This convolution will be addressed, as a further work, in a simple model that quantifies the dune response to hydrodynamic variables.

Mots-Clés: intertidal dunes, migration, wave energy, memory effect

Origine des roches à saphirine au contact de la lherzolite de Lers : cataclase, métasomatisme, et remaniement du Trias supérieur et des péridotites

Jessica Uzel*, Yves Lagabrielle[1], Serge Fourcade, Camille Clerc[2], Bernard Azambre, Michel Ballèvre[1], Christian Chopin[3], Benjamin Corre[1], Riccardo Asti[1]

[1] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu, CS 74205, 35042 Rennes Cedex, France
[2] Univ. la Nouvelle Calédonie – Nouvelle-Calédonie
[3] Lab. de Géologie – ENS Paris – France

Afin de contraindre les modalités de l'exhumation des lherzolites pyrénéennes, il est aujourd'hui nécessaire d'obtenir des données supplémentaires sur leur environnement géologique. Dans ce but, nous avons repris la cartographie de détail des terrains situés aux alentours immédiats des lherzolites de L'Étang de Lers et de Freychinède. Nous précisons ainsi la nature des premiers sédiments détritiques déposés sur les péridotites au cours de leur exhumation, ce qui fournit des contraintes sur la nature des unités impliquées dans ce processus. Parmi ces sédiments, se trouvent les grès à saphirine localisés au contact de la bordure Nord de la lherzolite de Lers, déjà étudiés par P. Monchoux (1970, 1972). Nos observations confirment l'existence d'une transition progressive depuis la lherzolite jusqu'aux calcaires massifs environnants. Cette transition est marquée par la présence de brèches et de grès, dont la nature varie selon la distance à la lherzolite. Ces sédiments sont constitués majoritairement d'assemblages de minéraux alumino-magnésiens incluant les saphirines, sous forme de clastes monominéraux ou polyminéraux dans une matrice carbonatée et montrant souvent un granoclassement. Associés à ces assemblages, se trouvent des clastes isolés de roches variées (lherzolites, gabbros alcalins, méta-ophites, micaschistes, quartzites, méta-évaporites et marbres) et des grès où alternent des lits concentrant des minéraux dérivant de ces mêmes roches. Toutes les sources de ces éléments détritiques sont connues dans le bassin d'Aulus, à l'exception du protolithe des assemblages à saphirine qui reste difficile à identifier. Les analyses minéralogiques à la microsonde permettent de calculer une composition moyenne de ce protolithe qui pourrait correspondre à un mélange d'argiles et de dolomies, tel qu'on le trouve dans le Trias supérieur. Les assemblages à saphirine semblent donc provenir du métamorphisme à haute température d'un protolithe du Trias supérieur engagé dans le détachement permettant l'exhumation des lherzolites du bassin d'Aulus. L'étude de la déformation au sein des clastes des roches à saphirine permet de préciser les étapes de l'évolution tectonique du système extensif. Les clastes de marbres montrent parfois une foliation interne et ont évolué vers la cataclase via une déformation cassante. Les produits de cette cataclase sont abandonnés sur le détachement puis remobilisés et mélangés par des processus sédimentaires. Ces observations apportent de nouvelles contraintes pour les modèles d'exhumation du manteau subcontinental en contexte de marge passive chaude.

Mots-Clés: saphirine, métasomatisme, Trias supérieur, lherzolite, exhumation, détachement, Lers

Redéfinition des variations relatives du niveau de la mer en Corse et Sardaigne au cours des dernieres 8000 d'années et conséquentes implications archéologiques et paléo-environnementales

Matteo Vacchi*[1], Matthieu Ghilardi[1], Giorgio Spada[2], Thomas Lorscheid[3], Alessio Rovere[3]

[1] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., INSU, IRD, CNRS : UMR 7330 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[2] Department of Pure and Applied Sciences, University of Urbino "Carlo Bo" – Italie
[3] University of Bremen, Marum, ZMT, Bremen, Allemagne
@ : vacchi@cerege.fr

Il y a environ 20.000 ans, au cours du maximum de la dernière grande glaciation quaternaire, la Corse et la Sardaigne ne formaient qu'une seule grande île (~ 47 000 km^2) au centre de la Méditerranée occidentale. La fonte des calottes glaciaires et la remontée corrélative du niveau de la mer a provoqué l'isolement progressif de la Corse et de la Sardaigne des côtes d'Europe continentale et d'Afrique du Nord, entraînant au passage la séparation des deux îles avec un phénomène de transgression marine opéré dans, ce qui deviendra, le détroit de Bonifacio. La chronologie de ces importantes modifications paléogéographiques demeure mal connue et de nombreuses contradictions dans les modèles, relativement anciens, proposés perdurent. L'ensemble des données, présentées ici, proviennent de carottages et de prélèvements d'anciens niveaux de plage submergés (appelés *beachrocks*) et ont permis une reconstitution de la remontée du niveau moyen de la mer au cours des huit mille dernières années en Corse et Sardaigne. Cette reconstitution, particulièrement affinée pour les quatre mille dernières années, indique que la variation ne dépasse pas ~ 1 mètre par rapport au niveau moyen actuel vers ~ 600 av. J.-C. et ~ -0.5 m vers 1000 ap. J.-C. Les résultats ont également montré une homogénéité du signal isostatique dans la partie centro-septentrionale la Méditerranée occidentale, en concordant avec les résultats obtenus le long de la côte méridionale de la France. En plus, ces résultats permettent de proposer des variations du niveau de la mer en Corse et Sardaigne pendant le Néolithique (~ 5500-3500 av. J.-C.), le Chalcolithique (~ 3500-2350 av. J.-C.), les âges du Bronze (~ 2350-850 av. J.-C.) et du Fer (~ 850-150 av. J.-C.), la période romaine (~ 150 av. J.-C.-200 ap. J.C.) et jusqu'au début de la domination pisane (~ 1000 ap. J.-C.).

Mots-Clés: niveau de la mer, géo-archéologie, littoral, holocène, Corse, Sardaigne

An improved framework for the assessment of Holocene relative sea-level changes along the Mediterranean and Black Sea coasts

Matteo Vacchi*[1], Matthieu Giaime[1], Nick Marriner[2], Christophe Morhange[1], Giorgio Spada[3], Alessandro Fontana[4], Alessio Rovere[5]

[1] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., INSU, IRD, CNRS : UMR 7330 – Europôle Méditerranéen de l'Arbois - Avenue Louis Philibert - BP 80 - 13545 Aix-en-Provence Cedex 4, France
[2] Univ. Besançon – 1 Rue Claude Goudimel, 25030 Besançon Cedex, France
[3] Department of Pure and Applied Sciences, University of Urbino "Carlo Bo" – Italie
[4] Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Geoscienze, Padova, Italie
[5] University of Bremen, Marum, ZMT, Bremen, Allemagne
@ : vacchi@cerege.fr

The analysis of more than 1200 radiocarbon dated Relative Sea-Level (RSL) data-points in the framework of the A-Midex programme, resulted in an improved and quality-controlled assessment of the Holocene sea-level histories for the Mediterranean and Black Sea coasts.
We reviewed and standardized the geological RSL data-points using a new multi-proxy methodology based on: (1) modern taxa assemblages in Mediterranean lagoons and marshes; (2) beachrock characteristics (cement fabric and chemistry, sedimentary structures); and (3) the modern distribution of Mediterranean fixed biological indicators.
These RSL data-points were coupled with the large number of archaeological RSL indicators available for the Mediterranean and Black Sea coasts. Such a standardized methodology allowed the robust assessment of the spatial variability of RSL histories among the different regions and the comparison with the ICE-5G (VM2) Glacial Isostatic Adjustment (GIA) model. In the west Mediterranean, RSL rose continuously for the whole Holocene with a sudden slowdown at ~7.5 ka BP and a further deceleration during the last ~4.0 ka BP, after which time observed RSL changes are mainly related to variability in isostatic adjustment. An important exception is southern Tunisia, where data show evidence of a mid-Holocene high-stand compatible with the isostatic impacts of the melting history of the remote Antarctic ice sheet. In the eastern Mediterranean, we depicted the role of the right-lateral North Anatolian Fault in controlling the Late Holocene RLS variation in the Northern Aegean Sea and we better constrain the subsidence rates in the broad Nile delta area. Current analyses are focused on Black Sea coasts where compaction-related subsidence plays a major role in controlling the Holocene sea-level variability, notably for the Danube delta and on the Taman peninsula.
Our results indicate that late-Holocene sea-level rise was significantly slower than at present. First estimates of GIA contribution indicate that, at least in the northwestern sector, it accounts for at least 25-30% of the ongoing sea-level rise recorded by Mediterranean tidal gauges. Such contribution is less constrained at lower latitudes due to the lower quality of the late Holocene index points. Future applications of spatio-temporal statistical techniques are required to better quantify the gradient of the isostatic contribution and to provide improved context for the assessment of 20th century acceleration of sea-level rise along the coasts of the Mediterranean and Black Sea.

Mots-Clés: relative sea level, Holocene, Mediterranean Sea, Black Sea, isostatic adjustment

River network reorganisation in the Ebro and Duero basins (North Spain)

Arnaud Vacherat*[1], Frédéric Mouthereau[1], Stéphane Bonnet[1], Vincent Regard[1], Projet Orogen

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, CNRS : UMR5563, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III – 14 avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France

The Duero and Ebro river systems are currenlty draining several, essentially inactive, mountain belts (e.g. Pyrenean-Cantabrian mountains, Iberian ranges) of northern Iberia, into the Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea, respectively. They were once connected as endoreic basins in the Early Oligocene, surrounded by the growing compressional orogens. By the end of the Miocene, they were disconnected and started to flow into the Mediteranean Sea and the Atlantic Ocean.

How the river network between the two basins dynamically reorganised in time and space in response to the opening, and how the river morphology reflects post-orogenic uplift has yet to be constrained.

To that aim, as part of the OROGEN Project, we first focused on the Ebro basin, in which we sampled the highest perserved river terrasses to date them using cosmogenic geochronology in order to highlight some potential spatial diachronism on the incision of the Ebro river. A field-based and numerical geomorphologic study (normalized steepness index (ksn), and chi plot) is also conducted both in the Ebro and the Duero basins served to evaluate the short-term landscape dynamics.

Preliminary results suggest that both the Ebro and Duero basins recorded a recent uplift, but the river lansdscape of the Duero appears less mature. Furthermore, dynamic reequilibrations of fluvial networks is observed between the Ebro and the Duero basins that is indicated by the capture of the westernmost Ebro domain (Rioja Trough) by the Duero tributaries together with the headward river retreat of the Ebro network. At the same time, the easternmost part of the the Duero basin (Almazan sub-basin), south of the Sierra Cameros, is captured by the Ebro tributaries.

Mots-Clés: Ebre, Duero, datation cosmogénique, terrasses fluviatiles, modélisation numérique

Rift-to-collision sediment routing in the Pyrenees : new geochronological constraints from the northern Pyrenees

Arnaud Vacherat*[1], Frédéric Mouthereau[1], Raphaël Pik[2], Jean-Louis Paquette[3], Frédéric Christophoul[1], Damien Huyghe, Nicolas Loget[4], Bouchaïb Tibari[2]

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, CNRS : UMR5563, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III – 14 avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[2] CRPG – CNRS : UMR7358 – 15, rue Notre Dame des Pauvres, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy, France

[3] Lab. Magmas et Volcans (LMV) – Univ. Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, INSU, IRD, CNRS : UMR 6524, Univ. Jean Monnet - Saint-Etienne – 5 Rue Kessler 63038 Clermont Ferrand Cedex 1, France [4] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – 4, place Jussieu, BP CC129, 75252 Paris Cedex 05, France

Reconstructing long-term drainage evolution in collisional setting is key to deciphering between the drivers controlling the landscape (climate or tectonics) and time scales of transfer processes at play in foreland or orogens.

Here, we focus on the Pyrenees, a double vergent orogen that developed in response to the inversion of European and Iberian continental margins from the Late Cretaceous to the Miocene. The northern thrust belt on the retro-wedge side of the orogen is characterized by the inversion of hyper-extended rift basins that have recorded specific cooling histories. These constraints may be used to better understand how these margins have been inverted to form the current Pyrenean landscape. These relationships have been well studied for years in the South Pyrenean Zone but the northern wedge of the belt is largely unprocessed.

In this study, we aimed to evaluate the evolution of sediments routing in the northern basins of the Pyrenees from rift-related Mesozoic to Cenozoic collisional processes. Using compilaton of geochronological data and paleogeographical reconstructions in the Pyrenees and new U/Pb and (U-Th-Sm)/He on zircons analyses, we are able to identify the relative role of local versus regional structure and drainage system in an evolving tectonic context from rift to collision.

Mots-Clés: Source-to-sink, Pyrenées, géochronologie, thermochronology, inversion, reconstruction paléogéographique

Simulation du dernier épisode de sapropèle en mer Mediterranée à l'aide d'un modèle océanique haute résolution

Tristan Vadsaria*[1], Gilles Ramstein[1], Laurent Li[2], Jean-Claude Dutay[1]

[1] Lab. des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – Univ. Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines (UVSQ), CEA, CNRS : UMR8212 – Bât. 12, avenue de la Terrasse, 91198 Gif-sur-Yvette Cedex, France
[2] Lab. de Météorologie Dynamique (LMD) – École normale supérieure (ENS) - Paris, Polytechnique - X, Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR 8539 – 24 Rue Lhomond, 75231 Paris Cedex 05, France

La simulation des sapropèles à l'aide des modèles climatiques et du cycle du carbone reste un défi. Ces événements, se produisant en Méditerranée, se manifestent par une forte stratification de la colonne d'eau, établissent un arrêt de la convection des eaux et conduisent à une anoxie de celles-ci. La corrélation entre changements d'insolation, moussons africaines et sapropèles a été largement documenté (Rossignol-Strick et al, 1982, Rohling et al, 2015). Nous disposons donc de très nombreuses données pour différents événements de sapropèle, en particulier pour le dernier, le sapropèle S1 qui intervient au début de l'Holocène et s'étend sur 3 milliers d'années (Emeis et al, 2003, Rogerson et al, 2008). Cependant, le lien entre changement de précipitation et événements anoxiques reste toujours à quantifier. Du côté de la modélisation, les études concernant le S1 se font plus timides. La première d'entre elles (Myers, Haines et Rohling, 1998) utilise un modèle d'une haute résolution (1/4° requit pour la dispersion des masses d'eau) et prescrit des reconstructions de salinité du début de l'holocène pour forcer leurs simulations. Leurs résultats montrent une perte de flottabilité des eaux de surface dans le bassin Est. Il faudra attendre quelques temps (Adloff et al, 2011) pour voir des études prenant en compte des changements de ruissellement. L'un des résultats majeurs montre que le Nil seul ne serait pas à même de déstabiliser pendant plusieurs millénaires la circulation de la Méditerranée par un apport constant en eau. Ce constat, appuyé par une étude modélisant la biogéochimie de la Méditerranée (Grimm et al, 2015), pointe que l'origine du S1 ne serait pas le Nil, mais un préconditionnement froid et peu salé par des eaux atlantiques ayant pour origine le dernier événement de Heinrich (Grimm et al, Grant et al, 2015). Nous proposons donc d'explorer l'hypothèse du Nil avec un modèle d'une résolution 1/8°, importante pour capturer les vents d'hiver moteur de la plongée des eaux. Là où ce travail irait plus loin va dans la modélisation du Néodyme océanique méditerranéen : en effet le Néodyme est un traceur passif et quasi-conservatif qui peut être utilisé pour tracer les masses d'eau et leurs origines. Ce travail s'inscrit dans une collaboration avec une communauté qui dispose de données récentes de Néodyme dans le bassin méditerranéen (Revel et al, Tachikawa et al). Dans un premier temps nous avons réalisé des expériences de sensibilité avec un modèle régional couplé océan et atmosphère, LMDZ4-NEMOMED8 (Li et al, 2012) pour voir comment le modèle réagit à une perturbation d'eau douce plus importante en provenance du Nil où il s'en est suivi une représentation de l'évolution du dioxygène (O2) avec un modèle de biogéochimie marine ainsi que du Néodyme. Nous avons ensuite amorcé des simulations longues pour tester si le Nil était capable de maintenir un arrêt de la circulation sur plusieurs millénaires. Ces deux volets de modélisation seront comparés avec les données de Néodyme ainsi qu'avec celles de température et salinité.

Mots-Clés: sapropèle, modélisation du climat, modélisation océanique, mer Méditerranée

Transport sédimentaire en Manche – Effet du disponible sédimentaire

Mélanie Vah*[1], Armelle Jarno[1], Sophie Le Bot[2], François Marin[1]

[1] Lab. Ondes et Milieux Complexes (LOMC) – CNRS : UMR6294, Univ. Havre, Normandie Univ. – 25 rue Lebon BP 1123 76063 Le Havre Cedex, France
[2] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ, UNIROUEN, UNICAEN, CNRS : UMR6143 – 76000 Rouen, France
@ : melanie.vah@univ-lehavre.fr

Les fonds sédimentaires de la Manche présentent une forte variabilité spatiale. Ainsi certains secteurs sont caractérisés par des fonds sablo-graveleux avec un disponible sédimentaire important, alors que d'autres secteurs, essentiellement couverts par des cailloutis, ne présentent qu'une quantité très limitée de sédiments. Ces zones à faible disponible sédimentaire ont un impact sur la forme des structures sédimentaires, comme par exemple la possibilité de formation de dunes de grandes dimensions (Le Bot and Trenteseaux 2001) qui présentent un risque pour la navigation ainsi que des difficultés qui peuvent s'opérer lors de l'ensouillage de câbles sous-marins. L'objectif de cette étude présentée ici est d'apporter une contribution à la compréhension et à la modélisation : (i) du transport sédimentaire dans le cas d'un faible disponible pour des sédiments non cohésifs, et (ii) de la morphologie des structures sédimentaires en fonction de ce disponible.
De nombreux travaux ont été effectués sur la morphologie des structures sédimentaires dans le cas d'un disponible sédimentaire important (Baas 1999 ; Soulsby et al. 2012 ; Engelung and Fredsøe 1982). Cependant, très peu d'études ont porté sur le cas d'un disponible limité, et celles-ci concernent principalement le domaine fluvial (Kleinhans et al. 2002 ; Tuijnder et al. 2009).
Nos travaux sont basés sur une modélisation physique effectuée en canal à courant permanent. Pour étudier l'influence du disponible sédimentaire nous faisons varier la hauteur de sédiment au fond du canal et la vitesse du courant. Le canal a été instrumenté de manière à suivre l'évolution : de la forme des structures sédimentaires, par une méthode de bathymétrie optique (méthode de suivi de la déformation d'une nappe laser par une caméra sur un chariot motorisé), du transport sédimentaire grâce à des trappes placées à l'extrémité de la zone d'essai, de la vitesse de déplacement des structures avec un enregistrement d'images à des pas de temps réguliers mais aussi de caractériser l'écoulement via un ADCP. Les premiers résultats expérimentaux obtenus dans le cas de sédiments homogènes témoignent de l'impact du disponible sur la morphologie des structures sédimentaires.
L'approche par modélisation physique a l'avantage de pouvoir faire varier chaque paramètre indépendamment les uns des autres (taille des sédiments, hauteur d'eau, vitesse du courant,...) et donc d'améliorer la connaissance des processus impliqués.
En parallèle de la modélisation physique, une étude in-situ dans des zones de faible disponible sédimentaire est menée sur un site dans la partie aval de la Seine (secteur de Bardouville à l'Ouest de Rouen). Pour l'étude de cette zone, on se base sur des relevés bathymétriques, des mesures de courant et des prélèvements de sédiments.
Les résultats obtenus via les deux approches seront confrontés pour mieux comprendre les phénomènes physiques mis en jeu dans le cas d'un disponible sédimentaire limité.

Mots-Clés: Manche, transport sédimentaire, charriage, suspension, structures sédimentaires, disponible sédimentaire, canal, Seine, in situ, modélisation physique

La carrière de Saint Martin-le-Nœud, un observatoire de la zone critique de la craie Transferts d'eau et de solutés du sol à la nappe

Danièle Valdes[1], Ningxin Chen*[1], Christelle Marlin[2], Hélène Blanchoud[1], Roger Guérin[1]

[1] METIS – CNRS : UMR 7619 – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI – 4 place Jussieu - 75005 Paris, France
[2] GEOPS – Univ. Paris Sud - Paris XI – Bât 504, 91405 Orsay, France
@ : daniele.valdes_lao@upmc.fr

L'aquifère de la craie, très productif, fournit une grande partie de l'eau potable du bassin de Paris. L'agriculture riche ces dernières décennies liée à des usages intensifs d'engrais azotés et de pesticides a conduit à une dégradation progressive de la qualité de cette nappe.
L'objectif est de mieux comprendre les processus de transfert de l'eau et des solutés dans la zone non saturée (ZNS) de la craie. Le rôle des caractéristiques de la ZNS (épaisseur de ZNS et épaisseur des argiles à silex qui recouvrent la craie) sur les transferts va aussi être étudié.
Ce projet est basé sur les mesures in situ acquises sur un site exceptionnel d'un point de vue hydrogéologique : la carrière souterraine de craie de Saint Martin le Nœud qui s'étend sur environ 1km qui permet un accès à la limite entre la zone saturée et la ZNS de la craie. On trouve une vingtaine de lacs souterrains au fond (~ l'affleurement de la nappe) et de l'eau qui percole au toit (sortie de la ZNS). L'épaisseur de ZNS varie de 20 à 30 mètres et la couche d'argile varie de rien à plusieurs mètres d'épaisseur.
Les eaux des lacs et de percolations sont suivies sur une vingtaine de sites contrastés dans la carrière depuis 2014. Les niveaux d'eau et de débit de percolation sont enregistrés en continu. Des prélèvements sont effectués pour mesurer les concentrations en éléments majeurs et pesticides. Sur une campagne, des mesures de tritium sur la percolation ont été effectuées
Le premier résultat est un contraste très important sur les dynamiques des réponses des eaux souterraines ainsi sur la qualité et certains points sont extrêmement contaminés (par exemple, la concentration en NO3 varie de 10 mg/l à près de 140mg/l, le DEA atteint plus de 10 μg/l).
Le croisement Eaux souterraines / caractéristiques de la ZNS a permis de montrer que: 1- Quand la ZNS est la plus épaisse, les eaux sont moins contaminées en nitrates et pesticides et donc probablement plus anciennes, les sites les moins profonds sont les plus contaminés en nitrates et 2- Quand les argiles sont les plus épaisses, les concentrations en atrazine et en métabolites sont les plus fortes, montrant de la dégradation plus forte en présence d'argile.
Deux types de transferts ont été mis en évidence : 1- Un transfert " rapide " et direct par les fractures, déduit de la variation saisonnière de la percolation, des débits et hauteurs d'eau et de la géochimie, l'effet piston n'étant pas possible dans la ZNS et 2- Un transfert " lent " par la matrice de l'ordre du mètre par an, associé aux très fortes valeurs de nitrates, d'atrazine, confirmé par les mesures de concentrations très élevées en tritium dans les eaux de percolation.
Un modèle de mélange des eaux de percolation est proposé qui met en évidence que près de 90% des eaux de percolation sont anciennes (matrice) et enfin un modèle conceptuel de transfert à double porosité est proposé dans des conditions différentes de couvertures d'argiles à silex.

Mots-Clés: craie, ZNS, pesticides, majeurs, tritium

Thermokarstic activities in Europe

Brigitte van Vliet-Lanoë*[1], Jacques Brulhet, Philippe Combes, Cédric Duvail, Frédéric Ego, Stéphane Baize[2], Isabelle Cojan[3]

[1] Domaines Océaniques (LDO) – CNRS : UMR 6538 – IUEM – Place N.Copernic, 29280 Plouzané, France
[2] Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) – BP17, 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex, France
[3] Centre de Géosciences – MINES ParisTech – PSL Research Univ. – 35 rue Saint-Honoré, 77305 Fontainebleau Cedex, France
@ : stephane.baize@irsn.fr

Thermokarst is a collapse feature commonly described in former glaciated terrains or in present-day Arctic, resulting from the thawing of ice-rich permafrost or of massive ice of various origins. This process is well observed and studied in Arctic. Little attention has been paid to the sedimentary fabric resulting from such collapse, outside glacitectonic. In Western Europe, three paleoforms are commonly studied: lithalsas or ice wedges, associated with the development of gullying and erosion. Collapsed pingos are much more seldom. Very few papers compile present-day data and fossil ones.
Data collected from quarries in the Paris Basin, along the Eastern Channel coast and in Belgium provide very nice records of such thermokarst collapses in alluvial and slope deposits. These features mostly correspond to a major interstadial, ca 150 kyr BP, orbitally forced and commonly associated with an important glacial retreat. Permafrost is also attested regionally by the recurrent occurrence of metric pattern grounds at the surface of the plateaux and of ice wedge casts. Traces of segregation and reticulate ices are common. These forms have a circular shape viewed on aerial images.
These deformations occur as well in drained and waterlogged situation resulting in specific pattern of deformations. They cover brittle to plastic comportment of sediments controlled by the mechanical properties of the deformed sediments. They strictly resemble to passive glacitectonism, like in kettle holes. Normal and reverse faults, with offset increasing towards the surface are common, and, locally, transpressive features may also be observed. Lithalsa, seasonal frost blister, spring frost blister and perhaps pingo seem to have formed. They correspond to thermokarst sinkholes, associated with gravitational collapse faults, with an offset attenuating to the depth. These faults have been recurrently confused with neotectonic features triggered by paleo-earthquakes, characterized by faults attenuated to the surface. It seems likely that several other observations reported within the area of the paleo-permafrost extent and commonly attributed to neotectonic processes may result from similar confusions.

Mots-Clés: thermokarst, Western Europe, lithalsa, pingo, collapse, faulting

Thermokarstic deformation associated with active and paleo-ice / soil wedge decay. The implication for tectonism

Brigitte van Vliet-Lanoë*[1]

[1] Domaines Océaniques (LDO) – CNRS : UMR6538 – IUEM, Place N.Copernic, 29280 Plouzané, France

The analysis of morphologies related to ice-wedge growth and degradation observed in active Holocene environments allows a better understanding of the meaning of paleofeatures observed in Upper Pleistocene formations. Present-day morphologies are controlled by the drainage, the mechanical properties of the sedimentary substratum and the microclimate of the feature. Some influence of the stress field and pre-existing faulting can influence the position of the thermal cracking, as also the fracturation of subsurface bedrock. Data from continuous permafrost conditions as in Svalbard, Nunavut, Northern Québec and Lapland are compared to paleoforms. Ice-wedges are very sensitive to climate and microclimate seeing the limited volume in ice to thaw. Thermokarst can be induced both by drainage change related to valley incision (tectonic or glacio-isostasy) and by warming influenced by raised precipitation. For these reasons, the presence of a net induced by thermal contraction, alone or with some influence of tectonism may influence the shaping of the drainage system, especially in soft sediments.

Mots-Clés: ice wedge, thermal cracking, stress field, thermokarst, climate

The Rangá Formation in southern Iceland: a continuous Eemian estuarine record forced by glacio-isostasy

Brigitte van Vliet-Lanoë*[1], Jean-Luc Schneider, Águst Guðmundsson, Hervé Guillou, Françoise Bergerat[2], Gilles Chazot[1], Céline Liorzou[1], Solène Guégan

[1] Lab. Domaines Océaniques (LDO) – CNRS : UMR6538 – Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), Univ. Bretagne Occidentale (UBO), Place N.Copernic, 29280 Plouzané, France
[2] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – 4, place Jussieu, BP CC129, 75252 Paris Cedex 05, France
@ : francoise.bergerat@upmc.fr

Central southern Iceland is one of the main outlets of the Icelandic Ice Sheet. Thanks to the Late Glacial /Holocene jökulhlaups scouring, a MIS 5e sedimentary complex, the Rangá Formation, is extensively observed and overlapped by the Late Glacial and Preboreal terminal moraines (Búði) and lava flows. It is too complex to be related to a single deglaciation. It contains a huge tephra from Grimsvötn volcano, known in marine cores as 5e low Bas-IV and positioned at 127 kyr BP. It also contains alava from the Hekla volcano that yields 126 kyr BP for Unit R-C4. Morover, it overflows MIS 6 tills and a Veiðivötn lava from 155 kyr BP. Sedimentary facies demonstrate that the Rangá Formation is mostly tidal, up to 215 m (transgression I) and 168 m in altitude (transgression II), respectively. This formation is related to a rapid deglaciation followed by two marine transgressions marked by the development of extended mud flats, which were separated by a complex regression phase with paleosol development and loess deposition. Paleo-jökulhlaups, basaltic flows and tephra fallouts from the Hekla and Grimsvötn volcano and earthquakes along the SISZ recurrently affected the sedimentation, especially during early deglaciation. The average thickness of the Rangá Formation reached probably ca. $>$ 30 m, although the Late Glacial / Holocene prism is discretely preserved in incised valleys and is represented by deposits, which are only 15 m thick in average. The Rangá Formation yields one of the first continuous and complete estuarine record of the Eemian interglacial in Iceland and probably for most northern terrestrial Atlantic. This estuarine infill records the distal signature of a complex glacial advance within the Last Interglacial, already well identified and in northern and central Iceland. The glacial advance is attributed to the Intra Eemian Cooling Events (Greenland GS26 or marine events C25-C26). It allows a better insight of the interconnections between sea level, regional glacial extent and Northern Hemisphere marine or ice cores records. It also allows shifting to the Middle Pleistocene of the formation of Hekla volcano.

Mots-Clés: Eemian, glacio-isostatic rebound, forced regression, cooling event, Grimsvötn, Hekla

Crustal-scale convection and diapiric upwelling of a partially molten orogenic crust

Olivier Vanderhaeghe*[1,2], Seth C. Kruckenberg, Muriel Gerbault, Laure Martin, Stéphanie Duchene, Etienne Deloule

[1] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR 5563 – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[2] Univ. Paul Sabatier - Toulouse III (UPS) – 118 Route de Narbonne, 31062 Toulouse, France
@ : seth.kruckenberg@bc.edu, muriel.gerbault@get.omp.eu

The internal zones of hot orogens typically comprise gneiss domes cored by migmatites and granites representing former partially molten rocks and magmas. For example, Naxos, in the Cyclades (Greece), exposes a 5 x 12km first order elliptical dome and second order subdomes (2-5 km scale) formed in response to the internal dynamics of a low-viscosity partially molten crust. U/Pb ages from 24 to 16 Ma and textures of zircon in the migmatites suggest successive dissolution and precipitation on a time scale of 1 to 2 Ma, interpreted as the timescale of crustal scale convective instabilities in the partially molten root of the Aegean orogenic belt. Structural analysis and U/Pb geochronology of deformed granitic veins rooting in the migmatites indicate that the Naxos dome formed by diapirism during orogenic collapse from 16 to 13 Ma. A first order dynamic analysis of the Naxos dome indicates that convection requires a viscosity lower than 10e18 Pa.s, a value consistent with partially molten felsic rocks.

Mots-Clés: orogenic root, partial melting, migmatites, domes and subdomes, convection, U-Pb zircon

Traçage d'une source de matière organique géologique à haute résolution : application de l'imagerie hyperspectrale à la dynamique sédimentaire du lac Linné, Svalbard

Antonin Vanexem*[1], Maxime Debret[1], Yoann Copard[1], Nicolas Lecoq[1], Charles Verpoorter[2], Boris Vannière[3], Bernard Fanget[4], Benoit Laignel[1]

[1] Morphodynamique continentale et côtière (M2C) – Normandie Univ – UNIROUEN – UNICAEN – CNRS : UMR 6143 – 76000 Rouen, France
[2] Lab. d'Océanologie et de Géosciences (LOG) – Univ. Lille I – CNRS : UMR8187 – Univ. Littoral Côte d'Opale – 28 av Foch, 62930 Wimereux, France
[3] Chrono-environnement – Univ. Franche-Comté – CNRS : UMR 6249 – 16 route de Gray, 25030 Besançon Cedex, France
[4] Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) – CNRS : UMR 5204, Univ. Savoie – Campus scientifique, 73376 Le Bourget du Lac Cedex, France

Le Linnévatnet est un lac pro-glaciaire dont les varves ont enregistré de fortes variations climatiques au cours des derniers siècles. Sa situation géographique en fait un site d'étude sensible aux variations climatiques au cours de l'holocène.
Les produits de l'érosion ont trois origines, dont une source de matière organique géologique datant du carbonifère. Le matériel sédimentaire est analysé par spectroscopie hyperspectrale et tracée sur une image de 0,05mm de résolution. Les sources du matériel sont identifiées par des corrélations statistiques et une approche multi-proxies.
L'imagerie hyperspectrale permet d'identifier l'influence relative de ces sources. La contribution en matière organique géologique est caractérisée par le Carbone Organique Total, COT (%m.), analysé par pyrolyse Rock-Eval. L'image hyperspectrale de l'enregistrement est ainsi calibrée sur ces résultats pour tracer le COT à haute résolution.
L'imagerie hyperspectrale est une nouvelle méthode de reconstitution des dynamiques sédimentaires lacustres. Les images hyperspectrales permettent (i) d'affiner les stratégies d'échantillonnages de méthodes destructives, puis (ii) d'être calibrées afin de tracer les indices d'analyse sédimentaire globale à haute résolution, enfin (iii) la projection de cette calibration sur les différents enregistrements prélevés dans le lac permet d'augmenter le nombre d'archives analysées.

Mots-Clés: archive sédimentaire, imagerie, matière organique géologique, Arctique, source-to-sink

Paleo-earthquakes record and slip deficit in Kashmir Himalaya seismic gap

Riccardo Vassallo*[1], Jean-Louis Mugnier[1], Hervé Jomard[2], Joaquin Cortes Aranda[3], Malik Manzoor[4], François Jouanne[3], Jean-François Buoncristiani[5]

[1] Institut des Sciences de la Terre (ISTerre) – Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS : UMR 5275 – BP 53 - 38041 Grenoble Cedex 9, France
[2] Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) – BP17 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex, France
[3] Institut des Sciences de la Terre (ISTerre) – Univ. Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS : UMR5275 – 73376 Le Bourget-du-Lac Cedex, France
[4] Department of Geology, University of Jammu – Inde
[5] Biogéosciences – Univ. Bourgogne, CNRS : UMR6282 – 6 Bvd Gabriel, 21000 Dijon, France

In Kashmir Himalaya the Medlicott-Wadia Thrust is a main active fault responsible for the crustal accretionary prism building during the Late Quaternary. Because of the long seismic silence during the last five centuries, it is also an important structure to be studied in order to estimate the regional seismic hazard. We show that in Riasi area the thrust ruptured at least five times during the last ~3500 years. The ruptures are recorded in an abandoned alluvial fan, along two distinct fault branches within the outermost part of a hectometer-scale scarp. The oldest rupture occurred around 1500 BC, while the youngest occurred after 1470 AD, being compatible with the great 1555 AD (Mw $>$ 7.5) Kashmir earthquake whose evidence at the surface had not yet been recognized. A ~1000 BC seismic event is also recorded on both fault branches, suggesting that co-seismic deformation in these geological contexts may be distributed on a broad fault zone at the surface during a single event. Across the hectometer-scale scarp in-sequence deformation is dominant, but between the two outermost decameter-scale scarps out-of-sequence deformation is not rare. The shortening rate deduced from our paleoseismic results is smaller than the shortening rate deduced from the larger-scale deformation of the alluvial fan surface. This apparent slip deficit may result either from a diffuse character of the rupture at the scarp scale or from the irregular pattern of seismicity through time.

Mots-Clés: thrust, Himalaya, paleoseismology, active tectonics

Modifications des faunes de coraux au passage de l'extinction Pli-To (au voisinage de la limite Pliensbachien-Toarcien)

Raphaël Vasseur*[1], Stéphane Bodin[2], Rowan Martindale[3], Iuliana Lazar[4], Bernard Lathuilière[1]

[1] Georessources (G2R) – CNRS : UMR 7359 – Univ. Lorraine – rue Jacques Callot, BP 70239, 54506 Vandoeuvre-lès-Nancy Cedex, France
[2] EGU Science officer for stratigraphy – Aarhus University – Department of Geoscience – 8000 Aarhus, Danemark
[3] Jackson School of Geosciences – University of Texas, Austin, TX 78712, États-Unis
[4] University of Bucharest, Department of Geology and Paleontology – 1, N. Balcescu Ave., RO – 010041, Bucharest., Roumanie

La limite entre les étages Pliensbachien et Toarcien (limite Pli-To) du Lias supérieur est un sujet d'étude privilégié pour la compréhension des bouleversements écologiques à grande échelle au cours des temps géologiques, en cela qu'elle combine à la fois des témoignages d'importants évènements d'extinctions biologiques pour différents groupes taxinomiques et des marqueurs de modifications paléoenvironnementales majeures. Ainsi, des groupes tels que les ammonites (e. g. Dera et al. 2010), les brachiopodes (e. g. Vörös 1995 ; Ruban 2004) et les bivalves (e. g. Aberhan 2002 ; Bassoulet & Baudin 1994) présentent d'importants renouvellements faunistiques à différentes échelles taxinomiques au voisinage de la limite Pli-To alors même que les mesures récentes des rapports isotopiques U-Pb sur zircons et 40AR-39AR sur feldspaths et roches totales confirment la concordance temporelle entre la mise en place de la province ignée du Karoo-Ferrar et ces extinctions biologiques (e. g. Burgess et al. 2015). S'ajoutent notamment à cela des dépôts sédimentaires riches en matière organique de type black shales au Toarcien inférieur (évènement dit de " T-OAE " pour Toarcian Oceanic Anoxic Event) (e. g. Jenkyns 1985, 1988 ; Schmid-Röhl 2002); une excursion négative à grande échelle du δ13C au Toarcien et peut-être au niveau de la limite Pli-To (e. g. Pálfy, Smith & Mortensen 2002; Bodin et al. 2010) et des variations significatives du rapport 87Sr/86Sr (e.g. Metodiev et al. 2014). Ces témoignages suggèrent une perturbation globale du cycle du carbone au " voisinage " de la limite. Une étude bibliographique de Lathuilière et Marchal (2009) sur les populations de coraux fossiles suggère une extinction significative au sein du groupe pour la même période. Les coraux sont très généralement des marqueurs particulièrement précieux des perturbations écologiques majeures comme on peut le voir pour les cinq grandes extinctions et même pour la Sixième extinction actuelle. Le présent exposé rend compte d'un travail en cours visant à caractériser et à quantifier les bouleversements faunistiques subis par les coraux au passage de la limite P-T mais également au passage de l'évènement anoxique du Toarcien inférieur. Distinguer la part de chacune de ces périodes dans l'extinction observée à une échelle chronologique plus fine est nécessaire. C'est au Sud de l'Atlas Marocain que les conditions paléoécologiques, sédimentologiques et taphonomiques requises sont réunies pour établir les modalités évolutives de ce groupe des coraux au cours de cet évènement géologique majeur. Les résultats d'une première mission seront présentés.

Mots-Clés: coraux, crise biologique, Pliensbachien, Toarcien, Maroc

Storm deposits as graves in the Fezouata Shale (Lower Ordovician, Morocco)

Romain Vaucher*[1], Bernard Pittet[1], Hélène Hormière[1], Emmanuel L.o. Martin[1], Bertrand Lefebvre[1]

[1] Lab. de Géologie de Lyon, CNRS : UMR 5276 – Univ. Claude Bernard - Lyon I – France

Lower Ordovician deposits in the central part of the Anti-Atlas (Zagora area; Morocco) consist in *ca.* 900m of siltstones and sandstones deposited in an epicontinental sea at the periphery of the Gondwanaland. The Fezouata Shale and Zini Fm form the Lower Ordovician of this area. The Fezouata Shale is renowned in the palaeontological community for its *Konservat-Lagerstätten* (Late Tremadocian and middle Floian in age) that yielded thousands of exceptionally well-preserved fossils (EPF) documenting the early steps of the Great Ordovician Biodiversification Event.
Ten stratigraphic sections were investigated for sedimentary facies and sequence analysis in order to constrain the palaeoenvironmental conditions of the Lower Ordovician deposits that will help to predict the location (geographically and stratigraphically) of new *Lagerstätten*. Sedimentologic field analysis revealed the dominance of waves and storms on the sedimentation, however peculiar sedimentary features suggest a tide modulation. Thus, a wave-dominated tide-modulated model of deposition recording proximal offshore to shoreface environments for the Fezouata Fm and shoreface to foreshore environments for the overlying Zini Fm is proposed.
EPF are almost exclusively found on surface beds of argillaceous siltstones (with wave ripples of cm-scale wavelength) directly overlain by fine-grained sandstones (distal storm deposits, few cm-thick, several m-long, with cm- to dm-scale hummocky cross-stratifications). Since EPF are only found in this manner and never in the finest sediments devoid of storm deposits, the fast burial by storm deposits appears to be a pre-requisite to initiate the exceptional preservation of soft tissues. Placed in the model of deposition, the environment where organisms were buried is located close to the storm weather wave base.

Mots-Clés: lagerstätte, storm deposits, Fezouata Biota, Lower Ordovician, GOBE

Hummocky cross-stratifications as a result of a wave-wave interference?

Romain Vaucher*[1], Pascal Allemand[1], Thomas Humbert[2], Serge Ferry[1], Bernard Pittet[1]

[1] Lab. de Géologie de Lyon, CNRS, UMR 5276 – Univ. Claude Bernard - Lyon I – France
[2] SPEC, CEA, CNRS – Univ. Paris-Saclay – France

Hummocky-cross stratifications (HCS) are sedimentary structures supposed to be diagnostic of storm event when recognized in the fossil record. Since HCS are prone to be generated from the nearshore to the storm wave base, and generally preserved between the fair-weather wave base and the storm wave base, these sedimentary structures are powerful tools for paleoenvironmental reconstructions. Processes responsible for their formations have a half-century of debate, and currently the less controversial hypothesis suggests a combined-flow origin (oscillatory dominating). This study focuses on two nearshore environments dominated by waves but under the influence of tides: Berck-Plage (mega-tidal, Pas-de-Calais, FR) and Cap-Ferret (macro-tidal, Gironde, FR). The investigation of these two sites at low tide (during fair-weather condition) have revealed the presence of large, mostly symmetrical bedforms with a dome-like, spaced from each other of *ca.* 1.2m (Berck-Plage) or *ca.* 1.5m (Cap-Ferret) and with a trough-to-crest elevation of *ca.* 50 cm. These structures displaying common characteristics with HCS are formed during fair weather conditions (with *ca.* 1-2m of wave height) but are absent when very weak waves occur (*ca.* $<$ 1m of wave height).
The Berck-Plage nearshore environment is characterized by a multi-barred intertidal zone while the Cap-Ferret beach system corresponds to a sand-spit that progrades toward the south with numerous associated baines due to the long-shore drift. The occurrences of the large bedforms are not random in both sites; they are commonly observed where wave edges interfere each other after being refracted by topographies. Since the wave velocity is function of the water depth (dispersion relation), topographies will play a role as refractor for the waves. Both studied sites exhibit geomorphological characteristics, which led to the wave refraction in different places. In this preliminary study, we propose that a wave-wave interaction would generate a combined oscillatory motion of particles at the sea floor, thus resulting in the formation of large, mostly symmetrical bedforms having common characteristics with HCS in the intertidal zone during fair-weather conditions. This would imply that HCS-like bedforms are not only diagnostic of storm deposits in the fossil record but can result from a wave-wave interference that can occur at various depths.

Mots-Clés: HCS, oscillatory flow, refraction, tide

EDUTERRE : le Site de Production Ressources Pédagogiques TICE en Sciences de la Terre et de l'Environnement

Isabelle Veltz*[1,2], Nathalie Pajon-Perrault[1], Christine Cottard[1], Vincent Voisin[1], Charles-Henri Eyraud[1], Françoise Morel-Deville[1], Marie-Josée Broussaud

[1] Institut Français de l'Education (IFÉ) – École Normale Supérieure (ENS) - Lyon – 15, Parvis René Descartes, BP 7000, 69342 Lyon Cedex 07, France
[2] Lab. des Sciences de la Terre et de l'Environnement. (LSTE) – Institut Français de l'Éducation – Lab. des Sciences de la Terre et de l'Environnement – 10 rue Roosevelt, 51100 Reims, France
@ : isabelle.veltz@free.fr

EDUTERRE est un site en ligne qui produit des ressources pour l'enseignement des Sciences de la Terre et de l'Environnement du secondaire. Il est destinées aux professionnels de l'éducation et de la formation. Il est alimenté par les publications d'accompagnements pédagogiques et de synthèses ou mises au point scientifiques d'une équipe d'ACCES (Actualisation Continue des Connaissances des Enseignants en Sciences) de l'Institut Français de l'Éducation (IFÉ).
EDUTERRE met librement à disposition des utilisateurs, de nombreuses ressources numériques et pédagogiques sur les thématiques des Sciences de la Terre : Terre, Sol, Eau, Energie et Risques Naturels. Ces ressources s'appuient sur les Systèmes d'Information Géoscientifique (SIG), des KML (Keyhole Markup language) avec des visualiseurs tels que Google Earth et des banques de données, puisque les outils numériques sont devenus incontournables dans l'enseignement des sciences de la Terre. Elles sont élaborées à partir de publications scientifiques récentes (thèses et publications), de données fournies par nos partenaires (BRGM, Agences de l'Eau, DIREN, INRA, ...) ou de bases de données scientifiques en lignes (Jamstec,Ifremer, NOAA, IPCC, Ganseki, IODP ....). Nous proposons aussi des tutoriels et des outils d'autoformation pour l'utilisation de logiciels scientifiques en ligne : Générateur de Tomographies Sismiques, Gravity Database, Build Your Own Earth ....
EDUTERRE propose bien évidement des productions liées aux préoccupations sociétales inscrites dans les programmes scolaires, cependant nous proposons aussi des ouvertures, des synthèses et des pistes pédagogiques vers des sujets décloisonnées des modes, afin de proposer aux enseignants les moyens de poursuivre leur formation et d'être à même de pouvoir enseigner les thématiques des prochaines préoccupations de la société.
http://eduterre.ens-lyon.fr

Mots-Clés: EDUTERRE, éducation, lycée, collège, Ifé, Sciences de la Terre, géodynamique interne, géodynamique externe, sols, eau, climats, énergies, environnement, risques, TICE, KML, SIG, outils pédagogiques, formation des enseignants

Rapport préliminaire sur les pistes de dinosaures du Crétacé inférieur dans le Mont Liban - Preliminary report on a dinosaur tracksite from Lower Cretaceous strata in Mount Lebanon

Isabelle Veltz*[1,2], Raymond Gèze, Jean-Claude Paicheler, Bruno Garnier, Dany Azar, Sibelle Maksoud

[1] Lab. des Sciences de la Terre et de l'Environnement. (LSTE) – Institut Français de l'Éducation – Lab. des Sciences de la Terre et de l'Environnement – 10 rue Roosevelt, 51100 Reims, France
[2] Institut Français de l'Education (IFÉ) – École Normale Supérieure (ENS) - Lyon – 15, Parvis René Descartes, BP 7000, 69342 Lyon Cedex 07, France
@ : isabelle.veltz@free.fr

Des pistes de Dinosaures ont été découvertes sur le bord de la route qui mène de Harissa à Ghosta (lieu-dit Batha, Keserwan, Liban). A la surface de 2 bancs de calcaire, on dénombre environ dix pistes différentes sur une surface couvrant 900m2. Ces empreintes ont été faites par deux ou trois espèces différentes. Un premier type d'empreinte appartient au groupe des Sauropodes et le second type appartient soit à des Théropodes soit à des Ornithopodes. Le site, qui est le premier à avoir été découvert au Liban doit être protégé pour de futures recherches scientifiques.
A dinosaur tracksite was discovered on the side of the road from Harissa to Ghosta (Batha, Keserwan, Lebanon). On the top of two beds of limestones, there are approximately ten different track ways on an area covering of 900 m2. These footprints were made by two or three different species. A first type of footprint belongs to the Sauropod group and the second type belong either to Theropods or to Ornithopods.The site, which is the first record from Lebanon, should be protected for future scientific research.

Mots-Clés: Ichnites, vertébré, dinosaures, Liban, empreintes, pistes, Crétacé inférieur, Sauropodes, Théropodes, Ornithopodes, Vertebra, dinosaurs, Lebanon, tracks, footprints, Lower Cretaceous

Etude de l'interface eau-sédiment approche couplée expérimentale in-situ - modélisation pour l'évaluation des flux de nutriments (C, N, P)

Arnaud Vennin*[1], Valérie Mesnage[1], Nicolas Lecoq[1], Edouard Metzger[2]

[1] Morphodynamique continentale et côtière (M2C) – Normandie Univ – UNIROUEN – UNICAEN – CNRS : UMR 6143 – 76000 Rouen, France
[2] Lab. des Bio-Indicateurs Actuels et Fossiles (LPGN-BIAF) – CNRS : UMR 6112 – Univ. Angers – 49045 Angers Cedex, France

Les vasières intertidales sont des milieux ayant un rôle important dans le cycle des nutriments et la qualité du milieu aquatique mais c'est aussi un milieu impacté par un hydrodynamisme fort (houle, marée, courant du fleuve, ...) ce qui va entrainer une forte variabilité et rendre l'étude de l'interface eau-sédiment délicate. L'objectif de ce travail est l'étude à l'échelle submillimétrique de l'interface eau-sédiment afin de mieux connaitre les interactions entre les nutriments.
Dans ce but nous avons réalisé l'échantillonnage de cette interface grâce à deux méthodes in-situ : les dialyseurs et les DET (diffusive equilibrium in thin-films). Leur principe repose sur la diffusion du milieu concentré, le sédiment, vers un milieu de concentration nulle, une matrice (eau distillée, hydrogel), jusqu'à équilibration entre ces deux milieux. La méthode des DET est couplée à une caméra hyperspectrale pour l'analyse des résultats. En parallèle des carottages sont réalisés afin de compléter les informations sur le sédiment (porosité, concentration en O2). Ces méthodes ont été mise en place pendant deux cycles de vive-eau/morte-eau sur une vasière située dans la partie amont de l'estuaire de Seine. Cette approche expérimentale de terrain est couplée à une approche numérique de diffusion afin de calculer des flux à partir des profils de concentration obtenus.
Nos résultats mettent en avant l'hétérogénéité du sédiment à une échelle haute-résolution à la fois temporelle et spatiale. Ils montrent l'évolution des concentrations en nutriment au cours de la marée ainsi que les flux associés.

Mots-Clés: interface eau sédiment, dialyseurs, DET, modélisation, flux

Facies classification and reservoir evaluation of detrital deposits, adjacent to a continental carbonate reservoir analogue in Denzili (Turkey)

Michaël Verbiest*[1], Jeroen Soete[1], Ophélie Faÿ-Gomord[1], Rudy Swennen[1]

[1] KU Leuven – Division of Geology, Celestijnenlaan 200E, B-3001 Leuven-Heverlee, Belgique
@ : michael.verbiest@student.kuleuven.be

The Ballik area, which is famous for its world-class travertine deposits, is located near the city of Denizli (Turkey). The domal travertine deposits are considered as a reservoir analogue for the continental carbonates of the Pre-Salt deposits in the Atlantic ocean. However, next to the latter, lacustrine and detrital sediments are part of the Pre-Salt play, highlighting the importance of unravelling their mutual relationship. This study thus aims to describe the different detrital lithologies that are observed adjacent to these continental carbonates and understand their depositional processes.
In total five different facies are observed. Numerous XRD-analyses (both bulk and oriented clay slides) were performed on the lacustrine facies (1), which is composed of rhythmic laminated marls. These analyses lead to the observation of both palygorskite and (non-detrital) dolomite, potentially associated with the evaporitic setting and the pedogenic processes that characterise these sediments. Zoned calcite grains are observed as well, which may indicate a systematic fluctuating geochemistry of the fluids present in these deposits. The polygenetic conglomerates of the fluvial facies (2) are characterised by a variable degree of cementation, which is related to the proximity of the travertine system. This results in permeabilities ranging from 0.02 to 3035 mD. The debris-flow facies (3) consists of monogenetic travertine breccias and thus differs from the fluvial conglomerates. This facies is the result of gravity-driven processes, causing these slope deposits. The gastropod facies (4) is characterised by isolated moldic pores, resulting in high porosities (8.5 – 14.0%) and low permeabilities (0.04 – 0.26 mD). The coquina facies (5) is characterised by the bioclastic accumulation of shell fragments, caused either by fluvial or shoreline accumulation processes.
This study allows to characterise the five detrital facies in terms of geochemical, mineralogical, reservoir and sedimentological properties. Each of these facies are characterised by an unique depositional setting and several sedimentological parameters (e.g. gravity-driven processes, lake stratification leading to laminated marls, pedogenic dolomite, ...). In the Ballik area, the detrital deposits make out a significant volume of the reservoir analogue, highlighting their importance in a reservoir analogue study with regard to the Pre-Salt play. This study thus further highlights the depositional processes near the continental carbonates in the Ballik area.

Mots-Clés: detrital, analogue, Pre-Salt, lacustrine, reservoir, travertine

Entre marées et marais : retracer l'histoire du littoral du Médoc (Gironde, France)

Florence Verdin*[1], Pierre Stéphan[2], Gilles Arnaud-Fassetta[3], Pascal Bertran[4], Frédéric Bertrand[3], Mathieu Bosq[4], Anne Colin[1], Stéphane Costa[5], Frédérique Eynaud[6], Antoine Kremer[7], Serge Suanez[2], Stefanie Wagner[7]

[1] Ausonius : institut de recherche sur l'antiquité et le moyen age (IRAM) – CNRS : UMR5607, Univ. Michel de Montaigne - Bordeaux III – Maison de l'archéologie Esplanade des Antilles 33607 Pessac Cedex, France
[2] Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géomer) – CNRS : UMR6554, Univ. Bretagne Occidentale (UBO) – Place Nicolas Copernic, 29280 Plouzané, France
[3] Pôle de recherche pour l'organisation et la diffusion de l'information géographique (PRODIG) – EPHE, PRES Sorbonne Paris Cité, Univ. Paris VII - Paris Diderot, CNRS : UMR8586 – 2 rue Valette - 75005 Paris, France
[4] de la Préhistoire à l'Actuel, Cultures, Environnement, Anthropologie (PACEA) – CNRS : UMR5199, Univ. Bordeaux – Avenue des Facultés, 33405 Talence Cedex, France
[5] Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géophen) – Normandie Univ, UNICAEN, CNRS : UMR6554 – Esplanade de la Paix, 14000 CAEN, France
[6] Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (EPOC) – CNRS : UMR5805, Univ. Bordeaux – Allée Geoffroy Saint-Hilaire, 33615 Pessac Cedex, France
[7] Biodiversité, Gènes & Communautés (BioGeCo) – Univ. Bordeaux, Institut national de la recherche agronomique (INRA) : UMR1202 – Site de recherche Forêt - Bois de Pierroton, 69 route d'Arcachon, 33612 Cestas Cedex, France
@ : florence.verdin@u-bordeaux-montaigne.fr

La pointe nord du Médoc constitue un espace vulnérable qui a connu de profondes modifications au cours de l'Holocène. Le recul rapide du trait de côte se solde par la mise à nu d'horizons sédimentaires renfermant des vestiges archéologiques exceptionnels, en terme de densité et de degré de conservation. Depuis trois ans, un programme de recherche interdisciplinaire s'est donné pour objectif de caractériser, topographier et dater les différentes formations sédimentaires et les sites archéologiques afin de restituer les grandes étapes de l'histoire du littoral nord-médocain sur la longue durée. Les activités humaines ont laissé des traces révélant une intense exploitation et fréquentation de ces zones humides datées entre le Néolithique et l'Antiquité tardive. La nature des sols a favorisé la conservation d'éléments organiques -tels que poteaux, aménagements en bois et végétaux...-, d'empreintes d'animaux, de chemins, de mobilier etc. Les nouvelles recherches permettent de replacer ces découvertes archéologiques dans un contexte chronostratigraphique précis et d'identifier les spécificités d'une économie littorale dans laquelle la production du sel occupe une place importante. La stratigraphie des dépôts met évidence deux phases de sédimentation à caractère estuarien à l'emplacement de l'actuelle plage de l'Amélie. Les sédiments argilo-limoneux à l'affleurement présentent des faciès typiques de vasières intertidales, de prés-salés et de tourbières saumâtres. Ce secteur correspondait initialement à une dépression arrière dunaire, connectée aux rives de la Gironde et occupée par un marais maritime. L'étude des dépôts affleurants permet de tracer les limites Nord-Sud de cet ancien marais et d'identifier, entre les deux grandes phases de sédimentation, un événement érosif daté de l'âge du Bronze final, au cours duquel le marais s'ouvre aux influences marines. Cette chronologie et ce mode de remplissage sont similaires à ce qui a été observé dans les marais actuels du Nord-Médoc. Une période d'érosion des systèmes dunaires et de recul important du trait de côte est ici mise en évidence entre 1200 et 800 BC. Une seconde phase de sédimentation estuarienne débute vraisemblablement à la fin du Bronze final, lorsqu'un nouveau complexe dunaire se met en place sur la péninsule du Nord-Médoc. Au début de notre ère, le système dunaire progresse vers l'intérieur des terres et les sables éoliens viennent recouvrir les dépôts estuariens. La datation des paléosols dunaires indique que les périodes d'activité éolienne et les phases de stabilité dunaire ne sont pas synchrones avec celles identifiées sur le littoral Aquitain. Tandis que la chronologie des dunes aquitaines semble déterminée principalement par le forçage climatique, celle des côtes du Nord-Médoc suppose également l'intervention de processus rétroactifs liés aux mouvements sédimentaires à l'embouchure de la Gironde.

Mots-Clés: archéologie, géoarchéologie, marais, littoral atlantique, estuaire de la Gironde, Médoc, Aquitaine, Holocène

Le potentiel minier des Pyrénées : analyse prédictive des substances d'intérêt majeur

Guillaume Vic*[1], Bruno Tourlière[1]

[1] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – France

La Zone Axiale des Pyrénées correspond à l'exhumation de terrains d'âge Paléozoïque, déformés et métamorphisés lors de l'orogénèse Varisque. Elle est composée de métasédiments, de plutons varisques et de dômes métamorphiques dont les cœurs sont généralement composés d'orthogneiss à protolithes ordoviciens (e.g. Aston, Hospitalet, Canigou). Dans les Pyrénées, l'orogénèse varisque se déroule au cours d'une période relativement brève, de l'ordre de 25 Ma depuis le début du Namurien (environ 325 Ma) jusqu'au milieu du Stéphanien (300 Ma), âge des premiers dépôts post-orogéniques, et a été décomposée en trois phases principales.

L'essentiel des gisements et indices métalliques se situent dans les terrains paléozoïques des Pyrénées avec trois principaux types de minéralisations :

- **Les minéralisations à Zn-Pb $\pm$ Ge** de type sédimentaire-exhalatif (SEDEX) liées à un hydrothermalisme synchrone du fonctionnement du bassin sont encaissées dans les formations carbonatés cambro-ordoviciennes (e.g. Bentaillou, Pierrefitte) et dévoniennes (e.g. Arrens, Carboire). Il s'agit généralement de gisements de petite taille (i.e. moins de 150 000 t de Zn+Pb métal) qui ont donné lieu à des exploitations sporadiques.
- **Les minéralisations à W**, essentiellement de type skarns à scheelite, sont développées à l'interface des roches carbonatées paléozoïques et des intrusions granitiques varisques. Bien que sous-explorées dans les Pyrénées, les cibles principales telles que Costabonne et Salau ont été largement étudiées et constituent des gisements potentiellement économiques.
- **Les minéralisations aurifères** " primaires " sont de type filonien à Au-As (e.g. Vall de Ribes et Chinipi en Espagne, les Aspres, Massif du Labourd), plus rarement à Au-Sb (Montauriol), ou associées aux skarns à scheelite (e.g. Andorre, Salau, Roc de Jalera, lac de Respomuso). De plus, de nombreux indices d'or alluvionnaires ont été mis en évidence lors des campagnes d'exploration réalisées dans le cadre de l'Inventaire national dans les rivières du Tech et de la Têt (66), de l'Ariège et du Salat (09) ainsi que des indices d'exploitations gallo-romaines dans le Pays Basque et l'Ariège. Cependant, les minéralisations d'or primaire à l'origine des concentrations secondaires n'ont jamais été clairement identifiées.

Ces trois types de minéralisation ont fait l'objet d'une cartographie prédictive à l'échelle de la chaîne qui permet de cibler plusieurs zones méritant de faire l'objet d'investigation.

Mots-Clés: ressources minérales, plomb, zinc, or, tungstène, carte prédictive, Pyrénées

Can a rift be located by a plume trail ? The Red Sea example

Sophie Vicente de Gouveia*[1], Marianne Greff-Lefftz[1], Frédéric Gueydan[2], Jean Besse[1], Dominique Frizon De Lamotte[3], Marc Lescanne[4], François Leparmentier[4]

[1] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – Univ. Paris VII - Paris Diderot, INSU, CNRS : UMR 7154, Univ. Sorbonne Paris Cité (USPC) – 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05, France
[2] Géosciences Montpellier – Univ. Montpellier 2 – France
[3] Lab. Géosciences et Environnement Cergy (GEC) – Univ. Cergy Pontoise : EA4506 – France
[4] TOTAL SA – France
@ : greff@ipgp.fr

Arabia separated from the African plate at around 20Ma ago, by the opening of the Aden Gulf and the Red Sea, preceded by the eruption of the Ethiopian-Yemen traps at 31Ma. We present here, the trajectory followed by two hotspots, East-Africa and Afar, using a hotspot reference frame from O'Neill et al (2005). We observe that the Afar hotspot, often associated with the Ethiopian-Yemen traps, is in fact situated 1000km away, whilst the East-Africa hotspot is located just below the traps. Also, the Red Sea rift is exactly superimposed on the East-Africa hotspot track between 90Ma and 50Ma. According to these observations, and speculating a recurrent activity of hotspot, we wonder if there is a causal relationship between the position of the rift and the activity of the East-Africa hotspot track. A key point is the chronological evolution of the rifting compared to the hotspot track. As the hotspot track predates the rifting initiation, we suggest that the heating due to the hotspot, combined with other factors such as tectonic forces and tectonic inheritance, compel the rifting evolution at a specific location. In order to test this assumption, a numerical modeling is performed, which consists in determining the temperature at the Moho depth and the strength state of the lithosphere around 30Ma, by resolving the heat equation along the hotspot track. Finally, we suggest that the thermal memory of the lithosphere explains its weakening and, together with the orientation of the tectonic forces, the location of the Red Sea.

Mots-Clés: hotspot track, Red Sea, rift, lithosphere weakening

Hydro- chemio-mechanical monitoring of water circulation in a landslide to understand slope deformation

Maxime Viéville, Floriane Provost, Catherine Bertrand*[1,2], Jean-Philippe Malet, Jérôme Gaillardet[3], Julien Gance, Antonio Abellan, Ryan Kromer, Michel Jaboyedoff[4]

[1] Chrono-environnement – CNRS : UMR 6249 – Univ. Franche-Comté – 16 route de Gray, 25030 Besançon, France
[2] OSU THETA (terre, homme, environnement, temps, astronomie) – Univ. Franche-Comté – Observatoire de Besancon – CNRS : UMS3245 – 41 bis avenue de l'Observatoire, BP 1615, 25010 Besançon Cedex, France
[3] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – Univ. la Réunion, Univ. Paris VII - Paris Diderot, INSU, CNRS : UMR7154 – 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05, France
[4] Univ. Lausanne – ISTE - FGSE Bâtiment Géopolis 1015 - Lausanne, Suisse
@ : maxime.vieville@univ-comte.fr

The Séchilienne landslide is located on the right bank of the Romanche River, South East of Grenoble (Isère, France). The active zone of the gravitational instability involves several millions of cubic meters. The geology consists of fractured hard rocks (micaschists) with double permeability and strong spatial heterogeneities. The deformation of the unstable slope is monitored by on-site extensometric gauges, inclinometers, GNSS and at distance by a terrestrial radar and a total station.
Hydro-chemio-mechanical processes controlling the reactivation of deep-seated landslides are influenced by the evolution of the landslide deformation in space and time, and water circulation in the highly heterogenous fractured media.
A hydrogeochemical monitoring of the non-saturated zone in a fractured hard rock is established since 2010 on the site. This monitoring leaded by the French Landslide Observatory (*OMIV*) consists of continuous measurements of physical parameters on two groundwater outlets and weekly samplings of the waters for quality monitoring. Water chemistry is a good signal which allows location in time and space of the origin of the infiltrated water. This tool is designed to understand the complex relationship between chemical weathering, hydromechanical changes and weakening / deformation of the unstable rock slope.
This monitoring indicated a correlation between water chemistry, rainwater infiltration and rock mass deformation highlighting important impacts of rock-water interactions on the landslide dynamics. But considering the heterogeneities of the slope and the very few sampling points available, the actual measurements do not allow a significant understanding of the global mechanisms involved, and distributed information are needed.
To better understand and constrain the hydrogeological and hydro-chemio-mechanical behavior of the slope, a multi-method monitoring of a flood wave infiltration has been conducted in early 2016 in order to distinguish possible signals related to significant displacements. Displacements are monitored by a GB-InSAR and a terrestrial laser scanner in order to obtain a global image of the deformation at high frequency (less than 1 hour). Repeated time-lapse geoelectrical profiles along four sections have been acquired each two hours on relevant plots which are suspected to be the main water flow paths from the surface to the depth. Water quality changes are monitored at high frequency in order to provide information on the water residence time and water-rock interactions.

Mots-Clés: deep, seated landslide, hydrogeology, fractured rock, hydrochemistry, hydromechanics, electrical resistivity imaging, GB, InSAR, LiDAR

Syn-metamorphic deformation in a salt structure on the mid-Cretaceous hyperextended Pyrenean margin (Chaînons Béarnais, North-Pyrenean Zone)

Justine Villard[1], Pierre Labaume*, Alain Vauchez, Charles Aubourg, Antonio Teixell, Yves Lagabrielle

[1] Géosciences Montpellier – Univ. Montpellier, CNRS : UMR5243 – France
@ : pierre.labaume@gm.univ-montp2.fr

The Chaînons Béarnais belt of the northern Pyrenees comprises a sequence of Jurassic-Neocomian carbonates and Albian flysch affected by strong salt-controlled folding above a Keuper detachment level. In the eastern Chaînons Béarnais, the Tres Crouts structure is a km-scale polygonal weld with overturned flaps which comprises in its core a small scapolite-bearing metamorphic domain. We show that most of the stratigraphic succession involved in the Tres Crouts structure features a strong bedding-parallel foliation marked by a shape fabric of recrystallized calcite, preferred alignment of metamorphic white micas and chlorite, and pressure solution seams. A mineral lineation is often present but microstructural evidence of rotational shear is scarce. Raman spectrometry of carbonaceous material shows relatively homogeneous maximum paleo-temperatures around 360°C across most of the structure, except in the scapolite-bearing area where it reaches up to 470°C with steep gradient of about 50°C/100 m. Calcite crystallographic preferred orientation investigated by EBSD reveals dislocation glide on the **c**-plane compatible with these temperature conditions. In highest temperature samples, *a*-axis girdle distribution supports flattening-dominated strain and a point concentration of *a*-axis in the girdle is indicative of a stretching direction. Rare samples suggest rotational component. Both the mineral lineation and calcite *a*-axis show variable orientations attesting a heterogeneous deformation field and probably successive deformation stages. We propose a model of foliation development in the context of the mid-Cretaceous hyperextension and associated HT-BP metamorphism, when diapiric folding of the detached Mesozoic succession was still weak. The foliation was further folded by diapirism during the later stages of extension and the Pyrenean inversion. Cooling began only after the Santonian, during the early stages of Pyrenean compression. The maximum temperature homogeneity may correspond to an exhumed post-folding paleo-isotherm, or alternatively may result from heat redistribution by circulation of fluids released by metamorphic reactions. The temperature anomaly in the core of the structure is higher than those classically observed at diapir tops. Another possible origin for this anomaly may be a temporary welding of the base of the carbonate succession with the hot continental basement or exhumed mantle during the Cretaceous hyperextension.

Mots-Clés: Pyrenees, North Pyrenean Zone, salt tectonics, syn-metamorphic deformation, paleotemperature

Modélisation de l'impact diagénétique et du réseau poreux sur l'expression sismique des carbonates continentaux anté-salifères

Quentin Villeneuve*[1,2], François Fournier[1], Amandine Pasquier[1], Matthieu Pellerin[2], Jean Borgomano[1]

[1] Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement (CEREGE) – Aix Marseille Univ., INSU, IRD, CNRS : UMR7330 – 3 Place Victor Hugo, 13331 Marseille Cedex 3, France
[2] TOTAL – Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – Avenue Larribau, 64018 Pau Cedex, France

Les découvertes récentes des carbonates anté-salifères de l'offshore Brésil sont parmi les plus importantes de ces dernières décennies. Pourtant, les propriétés pétrophysiques et pétroacoustiques de ces carbonates continentaux qui présentent une composition minéralogique et des architectures de réseaux poreux variés restent aujourd'hui encore difficiles à caractériser sismiquement.
Cette étude s'appuie sur l'intégration de données multi-échelles regroupant lames minces, carottes et diagraphies. Nous apportons une nouvelle approche permettant de mieux appréhender les processus de dépôt et l'histoire diagénétique de ces systèmes carbonatés. Les deux processus diagénétiques prédominants que nous allons modéliser sont la dolomitisation et la silicification.
Afin de comprendre et de quantifier le lien entre évolution diagénétique, évolution du réseau poreux et propriétés acoustiques de ces carbonates, une approche basée sur le facteur de forme équivalent des pores d'une roche (EPAR) décrit par Fournier *et al.* (2011) a été utilisée. Elle permet d'établir une relation entre type de pore (microporeux, intercristallin/intergranulaire, pseudo-fenestrée, moldique/vacuolaire) et la valeur d'EPAR. Une analyse statistique intégrant porosité, minéralogie et EPAR a été réalisée en vue d'établir une classification des types de roches tenant compte à la fois du faciès diagénétique, de la pétrophysique et du réseau poreux. Il est alors possible de générer des unités " sismo-diagénétiques " à une fenêtre de résolution sismique et de les faire varier en termes d'épaisseur et d'intensité du processus diagénétique.
Le modèle pétro-élastique (PEM) est utilisé pour faire le lien entre le monde pétrophysique (porosité, minéralogie, réseau poreux) et le monde acoustique (impédances). L'effet de la diagenèse est alors visible en comparant les différentes sismiques synthétiques 1D. Dans ce cas d'étude, l'augmentation de dolomie ne semble pas affecter la réflectivité, alors qu'une diminution de dolomie a pour effet de déphaser le signal sismique.

Mots-Clés: carbonate, modélisation, diagenèse, pétrophysique, réseau poreux, sismique

Diagenesis of the Upper Slochteren sandstone (Rotliegend formation) and its impact on the reservoir properties (k & l blocks, offshore Netherlands)

Benoît Vincent*[1], Jen Waters[2], Gautier Daniau[3], Witkowski Francis[2], Norman Oxtoby[4,5]

[1] Cambridge Carbonate Ltd – 1 rue de Varoux, 21120 Marey-sur-Tille, France
[2] Cambridge Carbonates Ltd. – Royaume-Uni
[3] Engie – France
[4] Fia – 41 Oaken Lane, Claygate, Surrey, KT10 0RG, Royaume-Uni
[5] Department of Earth Sciences, Royal Holloway, University of London – Royaume-Uni
@ : benoit@cambridgecarbonates.co.uk

A diagenetic investigation of the Permian Upper Slochteren Sandstones of the Rotliegend Formation was undertaken on the K & L blocks in the offshore Netherlands, with the primary aim of identifying the impact of cementation on the reservoir properties of these continental deposits. It was evident from an initial bibliographic review (proprietary GDF-Suez reports, and published papers), that diagenesis, particularly carbonate cements, has a significant impact upon reservoir quality. The detailed analysis of 10 wells was undertaken following the bibliographic investigation. The results indicate a general agreement with proprietary reports and published data. However, one key difference between existing/published data and our results is the absence of calcite in the carbonate cements. Moreover, there is an almost exclusive occurrence of dolomite (with minor siderite), usually displaying non-ferroan cores with outer ferroan rims. In order to clarify the timing of these dolomite cements and ascertain the nature of their parent fluids, geochemical (C & O stable isotopes, Sr isotopes) and fluid inclusion analyses were performed. Initial findings indicate multiple sources for fluid mixing from which dolomite cement precipitated. One component of the mixing fluids is likely to be from the underlying coal-bearing Carboniferous Formations, the other possibly originates from Zechstein brines ($>$ 20% NaCl eq.). This information, in addition to the high temperatures of precipitation (between 90°C and 120°C) contradicts Gaupp & Okkerman (2011) synthesis, with dolomite cement systematically precipitating early during eogenesis or at very shallow burial depths. This does not mean that early dolomite did not precipitate in the Upper Slochteren sandstone, some being definitely observed in the Ameland field area (unpublished data). But most of the dolomite is definitely not early and/or shallow burial, and a strong spatial partitioning of the distribution of dolomite cements, involving various timing and processes may have existed. In conclusion, this study improves the understanding of diagenesis and its impact upon the Rotliegend Formation. It also emphasizes the importance of a combined analytical approach, using several complimentary petrographic and geochemical techniques to gain a deeper understanding of diagenesis.

References

GAUPP R.D. & OKKERMAN, J.A., 2011. Diagenesis and reservoir quality of the Rotliegend Sandstones in the Northern Netherlands – a review. In "The Permian Rotliegend of the Netherlands" (Eds. J. Grötsch and R. Gaupp), SEPM Spec. Pub, 98, 193-226.

Acknowledgement
We would like to thank Steve Crowley from Liverpool University for his extremely valuable help on the stable isotope analyses.

Mots-Clés: diagenesis, Rotliegend, dolomite cement, poroperm properties

Aerobic metabolisms, nutrients and trace elements reactivity in the Seine estuary turbidity maximum zone

Eric Viollier*[1], Sarah Hegedus, Mariem Sassi, Loïc Martin, Anniet Lavermann, Céline Roose-Amsaleg, Mickael Tharaud, Arnaud Huguet

[1] Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) – Univ. la Réunion, Univ. Paris VII - Paris Diderot, INSU, CNRS : UMR7154 – 1 rue Jussieu, 75238 Paris Cedex 05, France

The results of three sampling campaigns in the Seine esturay (from April 2014 to April 2005) are shown and discussed. Integrated rates of oxygen consumption in the water column are compared to the oxygen benthic demand at two stations in the turbidity maximum zone at low et high tide coefficients. As well, the reactivity of nutrients and selected trace elements through the turbidity maximum zone, is discussed vs. salinity (or depth for sediments pore waters).

Mots-Clés: estuary, Seine, nutrients, trace element, metabolisms, oxygen

Origin and spatial temporal distribution of clay coatings in shallow marine clastic deposits: Insights from a modern estuarine reservoir analogue (Gironde estuary, France)

Maxime Virolle*, Benjamin Brigaud[1], Raphaël Bourillot[2], Hugues Feniès, Eric Portier[3], Patricia Patrier[4], Daniel Beaufort[4]

[1] Géosciences Paris-Sud (GEOPS) – Univ. Paris XI - Paris Sud – CNRS : UMR 8148 – 91405 Orsay, France
[2] ENSEGID – Univ. Michel de Montaigne - Bordeaux III – Bordeaux, France
[3] ENGIE - GDF Suez E&P International – France
[4] Institut de Chimie des Milieux et Materiaux de Poitiers (IC2MP) – Univ. Poitiers, CNRS : UMR7285 – 4 rue Michel Brunet, 86022 Poitiers Cedex, France

The development of clay (mainly chlorite) coatings around detrital quartz can be a major factor controlling reservoir quality in deeply buried sandstone reservoirs ($>$ 3500m). These coatings prevent quartz overgrowth and thus preserve porosity and permeability during burial. Although the link between clay coatings and good permeability has been established in numbers of ancient estuarine sandstone reservoirs (e.g.North Sea, Bonaparte Basin...), questions remain about the origin of clay coatings (sedimentary, diagenetic or both) and about the prediction of their spatial distribution. These questions increase the uncertainty during the exploration of such reservoirs, for deep hydrocarbons or geothermal purposes.
In order to minimize those uncertainties, the objective of the scientific project **CLAYCOAT "CLAY COATing in shallow marine clastic deposits to improve reservoir quality prediction"** is to establish the factors controlling the initiation and early diagenetic evolution of clay coatings. The first phase of this project is to study a modern mud-rich estuary, the Gironde estuary (SW France) in order to determine the mineralogy, proportion and origin of clay coating: 1) through surface sampling campaigns and 2) in 2D/3D through coring.
All tidal point bars and mid-channel tidal bars have been sampled (surface sampling) from the Bay-line to the estuary mouth, during low-river and high river stages, forming a 130 km long transect. In addition, three cores have been sampled in the Plassac estuarine tidal bar in order to have a complete vertical facies. Preliminary results show that: (1) Clay minerals within the sand bars are composed of kaolinite, chlorite, illite and mixed layers illite/smectite. (2) Thin sections analyses demonstrate the existence of clay coatings around detrital quartz grains and 10% to 30 % of detrital quartz observed on thin-sections present clay coats. (3) SEM observations reveal that diatoms are present within clay coats, suggesting that diatoms and associated biofilms may have a role in the binding of clay on quartz grains.
More generally, all results, based on the study of a modern analogue, would increase the prediction of good reservoirs properties in deep fossils reservoirs.

Mots-Clés: clay coatings, Gironde Estuary, prediction of good reservoir

La datation par ESR de quartz sédimentaires, limites et applications

Pierre Voinchet*[1], Hélène Tissoux[2], Jean-Jacques Bahain[1], Christophe Falguères[1]

[1] Histoire naturelle de l'Homme préhistorique (HNHP) – CNRS : UMR7194 – MNHN – Univ. Perpignan – Institut de Paléontologie Humaine – 1, rue René Panhard, 75013 Paris, France
[2] Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – France

Les dépôts fluviatiles constituent des marqueurs caractéristiques des changements climatiques qui se sont produits depuis la fin du Pliocène. Dater ces formations présente dès lors un intérêt majeur en géologie du Quaternaire. Depuis le milieu des années 1980, le développement de la méthode de datation par Résonance de Spin Electronique (ESR) des grains de quartz, minéral abondant dans les sédiments détritiques, offre l'opportunité de dater directement ces formations. La datation de quartz sédimentaire est rendue possible parce que le " géochronomètre " ESR du quartz peut être remis à zéro au moment du transport des grains et de leur dépôt. En effet, on ne date pas la formation du minéral mais un événement important de son histoire: la vidange totale des pièges paramagnétiques, appelée " blanchiment " qui peut être le fait d'une exposition prolongée aux rayons solaires lors du transport des grains de quartz par un fleuve, la mer ou le vent ou lors d'une chauffe (foyer, coulée volcanique).
L'existence dans le quartz de plusieurs types de centres paramagnétiques liés à la présence d'impuretés (aluminium, titane, ...) de différentes sensibilités, permet la datation d'échantillons dont l'âge peut s'échelonner entre quelques dizaines de milliers et plusieurs millions d'années. La datation des quartz permet ainsi de définir des points de repères chronologiques pour des formations sédimentaires continentales ou marines couvrant le Pléistocène et la fin du Pliocène.
Depuis maintenant une vingtaine d'années, l'application de la méthode ESR a permis de placer les dépôts alluviaux de nombreuses vallées dans un cadre chronostratigraphique couvrant l'ensemble du Pléistocène. Par ailleurs, la datation systématique de ces dépôts a mis en évidence l'importance du rôle de la tectonique quaternaire dans la géométrie et la morphologie des nappes alluviales.

Mots-Clés: datation, ESR, quartz

Géologie et gîtologie des minéralisations auri-platinifères du couloir Nord Far West Bleïda, Boutonnière de Bou Azzer, Anti-Atlas central, Maroc

Amina Wafik*[1], Yousef Atif, Hassan Admou, Lhou Maacha, Abdelilah Benhammou, Hsain Baoutoul

[1] Laboratory of Lithosphere Dynamics and Genesis of Mineral and Energy Resources (DLGR), Faculty of Sciences-Semlalia, Cadi Ayyad University – Boulevard Prince My Abdellah, B.P. 2390, 40 000 Marrakech, Maroc

Le gisement de Far-Ouest Bleïda est situé dans la boutonnière de Bou-Azzer El Graara à sept kilomètres au nord ouest de la mine de Bleïda.
Dans le secteur du Far ouest, deux unités géologiquement différentes ont été mises en évidence :
v
Une unité sud, nommée zone B, à dominance de roches sédimentaire intrudées par un complexe de roches plutoniques qui sont elles même traversé par des dykes basiques et acides.
v Une unité nord nommée zone C à laquelle appartient notre zone d'étude. Elle est à dominance de roches volcanique dans lesquelles deux intrusion de diorite et de diorite quartzique sont mises en places, c'est l'unité qui encaisse la minéralisation aurifère de Far-Ouest.
Les formations géologique du zone d'étude sont généralement à pendage vers le nord, ils ont un contact plus au moins faillé sauf les diorites qui sont intrudé dans les roche basique. Tout ces formations sont affectées par deux schistosités des phases B1 et B2 de l'orogénèse panafricaine.
Le gradient de métamorphisme augmente de sud vers le nord, marqué par le développement des faciès métamorphiques au nord de la carte.
La minéralisation de cette zone est encaissée dans des roches vertes (basalte) et aussi dans les intrusions dioritiques. Ainsi l'or de la zone d'étude est associés aux schistosités S1 et S2.
Quatre stades paragenétique ont été mises en évidences : le premier à Or1 disséminé dans la matrice de la roche encaissante, le deuxième stade à quartz + Or2, le troisième à oxydes de fer et/ou carbonate plus Or3, le quatrième à calcite tardive plus Or4.
La minéralisation est déposée dans des couloirs de cisaillements, caractérisés par une forte percolation des fluides hydrothermaux à laquelle sont associées plusieurs types d'altération hydrothermale a savoir une silicification, hématitisation, carbonatation, épidotisation, chloritisation.
Concernent la typologie de gisement nous avons détecté d'après le diagramme de Rose et Morrison (1988) qu'il s'agit d'un type épithermale et d'après le diagramme de Poulsen et al (2000) qu'il s'agit d'un type porphyrycopper

Mots-Clés: Bleida, Far west, Bou Azzer, Anti-Atlas, or, platine

Evolution thermo-structurale alpine de la Zone Axiale des Pyrénées Centrales

Maxime Waldner*, Nicolas Bellahsen[1], Frédéric Mouthereau[2], Projet Orogen

[1] Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Univ. Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI – CNRS : UMR7193 – 4, place Jussieu, BP CC129, 75252 Paris Cedex 05, France
[2] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées – CNRS : UMR 5563 – Univ. Paul Sabatier (UPS) -Toulouse III – Toulouse, France
@ : nicolas.bellahsen@upmc.fr

La chaîne Pyrénéenne est due à la convergence Europe-Ibérie, qui fait suite au rifting mésozoïque entre les deux plaques. Dans la Zone Axiale, la collision provoque l'empilement d'unités tectoniques caractérisées par une histoire pré-collisionelle complexe. En effet, l'héritage structural varisque qui y est particulièrement intense et complique la cartographie et la datation des structures alpines. Ainsi, les premiers stades de la collision y sont mal contraints.
De récentes études suggèrent également un héritage thermique et rhéologique important, notamment Crétacé (Vacherat et al., 2014). En effet, les gradients géothermiques ont pu être élevés et hérités de l'histoire mésozoïque crétacée. De plus, certains plutons sont très hydratés, leurs feldspaths se retrouvant déstabilisés en micas. Ces derniers semblent influencer fortement le développement des zones mylonitiques alpines, dont le régime se situerait à la transition cassant-ductile. Ces processus ont probablement affaibli la croûte continentale durant la phase précoce de convergence. Toutefois, ces résultats préliminaires ont été acquis dans la partie Ouest de la zone axiale. Une étude de détail reste à être menée pour mieux les contraindre temporellement et spatialement.
Une analyse multi-échelle des structures pyrénéennes (alpines), notamment au niveau du profil ECORS traversant la zone axiale, vise à mieux contraindre l'histoire thermo-structurale. Des données thermochronologiques basse température (ZFT, ZHe) et géochronologiques (Ar/Ar, K/Ar) seront couplés à une analyse thermobarométrique, afin de contraindre au mieux les déformations dans la gamme de température 250-300°C. Cette étude, ajoutée à des estimations des paléo-contraintes, permettra de mieux comprendre l'évolution rhéologique des prismes orogéniques.
Cette étude fait partie du projet de recherche Orogen, un partenariat tripartite académique et industriel (Total, BRGM, INSU).

Mots-Clés: géochronologie, thermobarométrie, thermochronologie basse température, rhéologie, tectonique

Quantification de l'accrétion sédimentaire d'origine éolienne sur le littoral du Marquenterre

Patrice Walker*[1]

[1] CREOCEAN La Rochelle – Groupe KERAN – Rue Charles Tellier 17000 L A ROCHELLE, France

Le littoral du Marquenterre s'étend sur plus de 12 km entre la baie de Somme et la baie d'Authie. Il est composé pour l'essentiel par un imposant cordon dunaire, atteignant jusqu'à 3 à 4 km de large, divisé en deux sous-ensembles séparés par une dépression médiane humide (" panne humide ").Une distance de 600 à 800 m sépare les deux lignes de crêtes. Le point culminant de cet ensemble sableux, aujourd'hui boisé, est situé sur la ligne de crête la plus proche du rivage et atteint 36 m NGF tandis que les altitudes sur la ligne de crête interne n'excèdent pas 15 m NGF. Lorsque la côte est restée à l'état naturel, la dune est séparée de la mer par une haute plage sableuse de 10 à 30 m de largeur.
Ce stock sableux s'est accumulé principalement par des apports éoliens au cours de l'Holocène à partir des flèches littorales à pointe libre, de la pointe de Saint-Quentin au Sud et de la pointe de Routhiauville au Nord. Ces flèches sont toujours très actives et les observations par photographies aériennes depuis 1935 permettent d'évaluer les volumes sédimentaires en accrétion provenant du domaine subtidal.
Des levés Lidar ont également été réalisés sur ce territoire depuis 2011. Cette méthode assure une description topographique du terrain naturel de haute résolution spatiale avec une densité de points de 1 valeur / m^2.Ces nouvelles données, hautement résolvantes et de distribution homogène, rendent parfaitement compte des variations altimétriques du terrain naturel et de ses singularités de petite dimension.
Nous pouvons donc quantifier plus précisément les volumes sableux apportés depuis le littoral et les flux sont comparés à ceux calculés à partir des enregistrements de vents des stations météorologiques proches.

Mots-Clés: dynamique sédimentaire, littoral, transport éolien, topographie Lidar

Architecture haute résolution et dynamique du prisme sédimentaire prélittoral entre le Tréport et la baie de Somme

Patrice Walker*[1], Caroline Labaune[2], Morgane Ravilly[1]

[1] CREOCEAN La Rochelle – Groupe KERAN – Rue Charles Tellier, 17000 La Rochelle, France
[2] CREOCEAN Montpellier – Groupe KERAN – Les Belvédères, 128 avenue de Fès, 34080 Montpellier, France
@ : labaune@creocean.fr

Les corps sédimentaires de plateforme au large de la côte picarde sont très mobiles et ont fait l'objet depuis 20 ans d'un effort cartographique intense pour caractériser leur nature et préciser leurs déplacements (Augris et al., 2004 ; Ferret et al., 2008 ; Ferret, 2011).
Les nouvelles données présentées ici ont été acquises entre 2008 et 2011 dans le cadre des études préliminaires au développement d'une ferme d'éoliennes au large du Tréport.
La zone d'étude s'étend sur plus de 120 km^2 par des profondeurs entre 15 et 25 m sous le niveau des plus basses mers. La morphologie des fonds est issue d'un levé à très haute résolution par sondeur multifaisceaux mettant en évidence la géométrie précise des dunes sous-marines. La géométrie tridimensionnelle de la couverture sédimentaire meuble est également décrite à partir de données de sismique réflexion haute et très haute résolution complétées par des carottages jusqu'au substratum crayeux. Des datations au 14C confirment l'âge holocène des ensembles sédimentaires meubles superficiels et donnent des indications sur les taux de sédimentation résultants dans un contexte mégatidal avec des apports sédimentaires sous-saturés. Les flux sableux déduits des évolutions morphologiques sont par ailleurs comparés à ceux obtenus pas modélisation des processus hydrosédimentaires. Ces résultats convergent pour mettre en évidence un flux résiduel des matériaux vers le Nord-Est, qui alimente les bancs de la Bassurelle de la Somme à l'ouvert de la baie éponyme.

Les auteurs remercient la société de projet : " Eoliennes en Mer de Dieppe et Le Tréport " de les avoir autorisés à présenter les résultats de ces études.

http://dieppe-le-treport.eoliennes-mer.fr/

Mots-Clés: dunes sous-marines, datations, dynamique sédimentaire, Manche orientale

Assessment of global mercury deposition through litterfall

Xun Wang*[1], Zhengduo Bao[2], Che-Jen Lin[2], Wei Yuan[1], Xinbin Feng[1]

[1] State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, Chine
[2] Department of Civil and Environmental Engineering, Lamar University, Beaumont, TX, États-Unis

There is a large uncertainty in the estimate of global dry deposition of atmospheric mercury (Hg). Hg deposition through litterfall represents an important input to terrestrial forest ecosystems via cumulative uptake of atmospheric Hg (most Hg0) to vegetative foliage. In this study, we estimate the quantity of global Hg deposition through litterfall using statistical modeling (Monte Carlo simulation) of published datasets of litterfall biomass production, tree density and Hg concentration in litter samples. Using the model results, the global annual Hg deposition through litterfall is estimated to be 1180±706 Mg yr-1. Estimate of Hg input through litterfall to forest floor in this study is $>$ 2 times higher than the estimate by GEOS-Chem. Spatial distribution of Hg deposition through litterfall suggests that deposition flux decreases spatially from tropical to temperate and boreal regions. Approximately 70% of global Hg0 dry deposition occurred in tropical and subtropical regions. Given that the quantity of global Hg deposition via litterfall is 5-6 times higher than Hg0 evasion from forest floor, global forest ecosystems clearly represent a net Hg0 sink. More measurement data in tropical and subtropical regions will greatly improve the accuracy of the current estimate.

Mots-Clés: mercury, litterfall, deposition

1000 ans de régimes de crues dans les Alpes

Bruno Wilhelm*[1], Pierre Sabatier[2], Fabien Arnaud[2], Maxime Debret[3], Jean-Philippe Jenny[4,5], Charline Giguet-Covex[6]

[1] Lab. d'étude des transferts en hydrologie et environnement (LTHE) – INSU, OSUG, Univ. Grenoble Alpes – Domaine Universitaire, 1023-1025 Rue de la piscine, BP 53, 38041 Grenoble Cedex 9, France
[2] Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) – CNRS : UMR5204 – Univ. Savoie – Campus scientifique, 73376 Le Bourget du Lac Cedex, France
[3] Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) – Normandie Univ – UNIROUEN – UNICAEN – CNRS : UMR 6143 – 76000 Rouen, France
[4] Max Planck Institute (Max Planck) – Jena, Allemagne
[5] Institut National de la Recherche Scientifique (INRS) – Rue de la Couronne, Québec, Canada
[6] Dpt. d'Archéologie, Univ. York – Environment Building Wentworth Way York YO10 5DD, Royaume-Uni

Au cours des 10 dernières années, des méthodes ont été développées pour reconstituer la variabilité de fréquence et d'intensité des crues passées à partir de l'étude de sédiments lacustres. Ces méthodes visent à documenter les changements de régimes associés à la variabilité naturelle des derniers siècles aux derniers millénaires. Nous présenterons une synthèse de l'approche développée et son application à une dizaine de séquences sédimentaires des Alpes françaises1-10.
Plus particulièrement, nous montrerons que l'étude de sites variés (grands lacs de plaine *versus* petits lacs d'altitude) et dispersés dans l'ensemble des Alpes françaises (des abords de Genève à ceux de Nice) a permis de documenter des crues de nature très variable (*i.e.* torrentielle à fluviale), elles-mêmes associées à des événements hydro-météorologiques variés. Il en résulte des chroniques de crues dont on peut, à ce stade, tirer deux informations clés :

- Les crues apparaissent plus fréquentes pendant la période froide du Petit Age Glaciaire (AD 1450-1860) dans tous les enregistrements sédimentaires étudiés1-10.
- Les crues " extrêmes " apparaissent pendant la période froide du Petit Age Glaciaire (AD 1450-1860)1-3,5,6,8,9, sauf dans les enregistrements d'altitude des Alpes du Nord où elles apparaissent pendant la période chaude médiévale (AD 900-1200)4,7,10.

Ces résultats suggèrent des relations bien plus complexes que la seule " augmentation de l'intensité et de la fréquence des crues avec le réchauffement climatique ", véhiculée par de nombreux rapports et travaux scientifiques. Un travail plus approfondi de " décryptage " de ces chroniques est maintenant à entreprendre. Enfin, ces chroniques de crues long-terme offrent donc une opportunité unique pour comprendre plus en profondeur les relations climat – extrêmes hydrologiques.

1. Arnaud et al. The Holocene 15, 420-428 (2005)
2. Debret et al. Quat. Sci. Rev. 29, 2185-2200 (2010)
3. Arnaud et al. Quat. Sci. Rev. 51, 81-92 (2012)
4. Wilhelm et al. Clim. Change 113, 563-581 (2012)
5. Wilhelm et al. Quat. Res. 78, 1-12 (2012)
6. Giguet-Covex et al. Quat. Res. 77, 12-22 (2012)
7. Wilhelm et al. J. Quat. Sci. 28, 189-199 (2013)
8. Jenny et al. J. of Paleolimn. 51(4): 469-483 (2014)
9. Wilhelm et al. Sedimentology 62(4): 1103–1117 (2015)
10. Wilhelm et al. Clim. of the Past 12, 299-316 (2016)

Mots-Clés: crues, Alpes, archives sédimentaires, millénaire

Caractérisation du standard d'eau de rivière slrs-6 (nrc-cnrc) compilation interlaboratoire du silicium, des terres rares et de 21 autres éléments en trace

Delphine Yeghicheyan*[1], Dominique Aubert, Cécile Bossy[2], Martine Bouhnik-Le Coz[3], Frédéric Candaudap[4], Irina Djouraev[5], Remi Freydier[6], Guy Granier[7], Jean-Luc Piro, Tristant Rousseau, Jérôme Chmeleff[4], Christophe Cloquet[1], Lionel Dutruch[2], Christophe Menniti[88], Jean-Luc Seidel[6], E. Silva-Filho, Krzysztof Suchorski

[1] Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG) – CNRS : UMR7358, Univ. Lorraine – 15 rue notre dame des pauvres, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy, France
[2] Environnements et Paléoenvironnements OCéaniques (EPOC) – CNRS : UMR5805 – Univ. Bordeaux 1 – Allée Geoffroy Saint-Hilaire, CS 50023, 33615 Pessac Cedex, France
[3] Géosciences Rennes (GR) – Univ. Rennes 1, OSU Rennes, INSU, CNRS : UMR6118 – Campus de Beaulieu, CS 74205, 35042 Rennes Cedex, France
[4] Géosciences Environnement Toulouse (GET) – Obs. Midi-Pyrénées, IRD : UMR239, Univ. Paul Sabatier - Toulouse III, CNRS : UMR5563 – 14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse, France
[5] LOCEAN - Institut de Recheche pour le Developpement – Bondy, France
[6] HydroSciences Montpellier (HSM) – CNRS : UMR 5569 – Univ. Montpellier II - Place Eugène Bataillon, CC MSE, 34095 Montpellier Cedex 5, France
[7] CEA / Marcoule – B.P. 17171, 30207 Bagnols-sur-Cèze, France
[8] Centre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens (CEFREM) – CNRS : UMR 5110 – Univ. Perpignan Via Domitia – 52 av. Paul Alduy, 66860 Perpignan, France

L'analyse des eaux nécessite, généralement, des matériaux de référence certifiés afin d'assurer la qualité des mesures. En Géosciences, il existe peu de standards d'eau de rivière naturelle ayant un nombre important d'éléments certifiés. Or, depuis plusieurs années, une dizaine de laboratoires étudient les éléments majeurs et en traces dans les solutions naturelles (groupe de travail de l'atelier du CNRS "Isotrace") et valident leurs mesures avec les 19 éléments certifiés de l'eau de rivière d'Ottawa SLRS produit par le NRC-CNRC. D'autres éléments non certifiés de cette eau sont régulièrement analysés par ces laboratoires à l'aide d'ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass-Spectrometry) et d'ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical-Emission Spectrometry).
Ces travaux ont fait l'objet de deux publications sur les lots SLRS-4 et SLRS-5. Le nouveau lot SLRS-6 est disponible depuis fin 2015 et le groupe de travail propose, dès à présent, les valeurs pour une vingtaine d'éléments en traces non certifiés par le producteur.
Comme pour les lots précédents, il a été vérifié que les résultats obtenus étaient cohérents pour les éléments certifiés par le producteur.
Ensuite, des valeurs moyennes et leurs incertitudes associées sont proposées pour des éléments non certifiés par NRC-CNRC tels que le silicium et une vingtaine d'éléments en traces dont les terres rares.
L'ensemble des valeurs obtenues est comparé au lot SLRS-5 précédent : SLRS-6 est caractérisé par des teneurs généralement plus faibles que SLRS-5 ce qui en fait un matériau plus difficile à étudier, proches des limites de détection des techniques utilisées. Enfin, pour comprendre les biais éventuels observés dans les laboratoires, il est aussi discuté individuellement des variations pour chaque élément.

Mots-Clés: eau de rivière, matériau de référence, intercalibration

Seasonal distribution of dissolved neodymium concentrations and ϵNd in the Bay of Bengal

Zhaojie Yu*[1], Christophe Colin[1], Eric Douville[2], Franck Bassinot[2]

[1] Lab. GEOsciences Paris-Sud (GEOPS) – CNRS – Univ. Paris-Sud, Univ. Paris-Saclay – France
[2] Lab. des Sciences du Climat et de l'Environnement (LSCE) – CEA-CNRS-UVSQ – Bâtiment 12, 91198 Gif-sur-Yvette Cedex, France

Dissolved neodymium (Nd) concentrations and ϵNd values have been investigated on 90 seawater samples (10-15 litres) collected at 6 stations along the 89°E meridian in the Bay of Bengal on June, 2012 in order to assess the impacts of Ganges-Brahmaputra river systems sediments input on seawater Nd isotopic compositions. The concentration of Nd in surface waters of the BoB decreases from north to south, while the subsurface value exhibits a minimum at a water depth of around 100 m. ϵNd in the Bay of Bengal displays large variability, from -14.4 to -9.5. Surface and intermediate waters of the northern and central BoB have lower ϵNd compared to waters from similar depths of the southern BoB.
These new results have been compared with those obtained in BoB on nearby water stations but collected in November, 2008 (Singh et al., 2012). This comparison reveals for the first time an important seasonal variability of up to 2 ϵNd units for surface and intermediate water masses of the BoB. The seasonal fluvial discharge variability of the Ganges-Brahmaputra system contributes and dominates the seasonal changes of dissolved Nd budget of the BoB. We suggest that release of riverine suspended particles is the main contributor for Nd to the BoB. The seasonal seawater ϵNd values are probably induced by the seasonal changes of sediment discharge flux controlled by monsoon.

Mots-Clés: dissolved neodymium concentrations and ϵNd, Bay of Bengal, seasonal changes

Comparative study of methods for estimating a permeability profile across the Opalinus Clay at the Mont Terri rock laboratory (DB Experiment)

Catherine Yu*[1,2], Mustafa Al Reda[1,3,4], Jean-Michel Matray[1], Guillaume Berthe[3], Julio Gonçalvès[2], David Jaeggi[5]

[1] Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) – BP17, 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex, France
[2] Aix-Marseille Univ. (AMU) – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique – Jardin du Pharo 58, bd Charles Livon -13284 Marseille Cedex 07, France
[3] IFP Energies Nouvelles (IFPEN) – Rueil Malmaison, France
[4] Univ. Paris Sud – Orsay, France
[5] Office fédéral de topographie swisstopo – Suisse

The goal of this study is to acquire and validate a permeability profile for modelling fluid flow across a compacted clayrock. The chosen place for the comparison is the 250m deep inclined borehole BDB-1 performed in the hydraulically undisturbed zone of the Opalinus Clay, at the Mont Terri rock laboratory. Four different methods were applied: two on air-drilled core samples for i) petrophysical measurements at IRSN by applying a Poiseuille-type law specific to a plane parallel geometry and ii) gas permeability measurements at IFPen by using a Hassler cell at constant gas pressure gradients (Al Reda, 2016). Two other methods involved in situ hydraulic testing through a multipacker system installed in BDB-1 with iii) Transient Pulse Tests (TPT) and iv) Constant Rate Withdrawal Tests (CRWT).
Hydraulic conductivities obtained by numerical inversion from TPT are consistent with those deduced from CRWT, and suggest a vertical facies-dependent variability across the formation. The Opalinus clay shaly facies shows higher values (*ca* 10-12 m s-1) than its sandy facies (*ca* 10-13 m s-1). In situ tests also allowed selecting cementation factor of 2 for petrophysical estimates of intrinsic permeabilities. The values obtained are globally in good agreement with the ones previously obtained at the rock laboratory and in the hydraulically disturbed zone. At last, the steady state method in Hassler cell provided apparent gas permeability values on a selection of samples also analysed for the petrophysics method. Results obtained were corrected for the Klinkenberg effect and indicate values consistent for intrinsic permeabilities obtained by the two lab methods. They also confirmed a value of 2 for the cementation factor.
The selected vertical profile of hydraulic conductivity across the Opalinus Clay is that deduced from petrophysics and was confirmed by four independent methods. It is now available for modelling flow transport across the claystone.

Mots-Clés: clay formation, permeability, petrophysic, in situ tests, Hassler cell

Fracturation hydraulique naturelle par transition de phases solide-liquide

Alain Zanella*[1], Salomé Larmier, Régis Mourgues[1]

[1] L.P.G. – CNRS : UMR 6112, Univ. Maine – Dpt. de Géosciences – Avenue Olivier Messiaen, 72085 Le Mans, France
@ : alain.zanella@univ-lemans.fr

Au sein des roches mères, la maturation de la matière organique est un processus complexe qui peut être décrit plus simplement comme un changement de phases (solide/fluide). En effet lors de ce processus géologique, les hydrocarbures qui sont des fluides (huile, gaz) sont générés à partir des particules solides de la matière organique encore immature. Les conséquences de ce phénomène sont un accroissement de la pression de fluide dans les pores de la roche mère ainsi qu'un phénomène de fracturation hydraulique naturelle lorsque cette pression surpasse la contrainte lithostatique. La géométrie de la fracturation induite consiste essentiellement en des fractures parallèles à la stratification de la roche et préservées par la minéralisation de calcite fibreuse (beef). De nos jours ces mécanismes sont principalement étudiés à l'aide de modèles expérimentaux capables de générer un fluide in-situ. Ainsi, le fluide est obtenu par un mécanisme de transition de phases par accroissement de température et n'utilise donc pas de système d'injection de fluide. Les matériaux analogues utilisés pour simuler la roche mère sont un mélange de poudre de silice et de microbilles de cire. Le matériau créé consiste en un matériau granulaire isotrope et imperméable. Même si ces modèles permettent d'étudier les origines des surpressions de fluide et l'effet des transitions de phases sur la génération des surpressions de fluides et la fracturation hydraulique, ils ne montrent pas de dimensionnement clair et ne prennent pas en compte toutes les caractéristiques d'une roche mère, comme l'anisotropie des shales qui semble de toute première importance dans les processus de migration de fluide. Notre travail s'attache à mieux comprendre le comportement rhéologique des matériaux précédemment utilisés mais également à développer des matériaux granulaires plus adaptés à la représentation des roches mères dans ces modèles. Ainsi, des séries de tests de cisaillements ont été menées sur les matériaux constitués de microbilles de cire et de poudre de silice en différentes proportions afin de comprendre leur comportement rhéologique en fonction de leur proportion en 'matière organique' analogue (30%, 40% et 50% en volume). Ces tests ont également été réalisés à différentes températures pour étudier l'influence de ce paramètre sur l'évolution du comportement rhéologique au cours de la génération d'un fluide. Parallèlement à ces tests, nous avons développé des nouveaux matériaux granulaires constitués de paillettes de cire, de poudre de silice et de micas. Les paillettes et les micas nous permettent de développer un matériau anisotrope et la silice permet quant à elle d'obtenir un matériau imperméable. Dans ces matériaux, il est ainsi possible de contrôler le pourcentage de matière organique, le degré d'anisotropie et la perméabilité. De ce fait, les formations de roches mères sont mieux représentées dans les modèles.

Mots-Clés: roches mères, fracturation hydraulique, transition de phases, matière organique

Distribution histologique des terres rares (REE) dans les microrestes de vertébrés du Paléozoïque Inférieur

Živile Žigaite-Moro*[1], Teresa Jeffries, Martin Qvarnstrom, Alberto Perez-Huerta

[1] Univ. Uppsala – Suède
@ : zivile.zigaite@ebc.uu.se

La composition des terres rares (REE) était analysée dans des microrestes de vertébrés du Silurien et du Dévonien Inférieur, pour déduire l'environnement abiotique des étapes initiales des taphonomies, telles que la salinité et/ou paleoredox . Les micro-analyses des vertébrés ont été réalisées *in-situ*en utilisant la spectrométrie de masse par torche à plasma, avec ablation laser (LA-ICPMS) en collaboration avec l'Analysis & Imaging Center,Muséum d'histoire naturelle, Londres. Les microfossiles analysés comprennent des acanthodiens, des chondrichtyens et des thélodontes originaires de deux sites remarquables de vertébrés du Silurien en Estonie - Vesiku (Homérien, Wenlock), et Ohesaare (Pridoli) – "bone beds", et de nombreux sites de Dévonien Inférieur du Spitzberg (Svalbard), Andrée Land group. Nous avons ciblé les parties les plus densément biominéralisées de leurs écailles comme enameloid. Les concentrations de terres rares obtenues ont été normalisées par PAAS, et les compositions ont été évaluées en utilisant des quantifications et calculs géochimiques des patterns REE. Les formes des patterns de terres rares de microrestes de vertébrés, de même que l'absence ou la présence d'anomalies, comme Ce ou Eu, se sont avérées être indicatrices de conditions (an)oxiques.

Mots-Clés: microrestes des vertébrés, écailles dentaires, terres rares, Paléozoïque Inférieur

Les isotopes stables de l'oxygène dans des biominéraux dentaires des vertébrés actuels : différenciation au niveau des tissues et des espèces dans les dents de requins actuels

Živile Žigaite-Moro*[1], Martin Whitehouse[2], Michael M. Joachimski[3]

[1] Univ. Uppsala – Suède
[2] Muséum d'Histoire naturelle de Stockholm – Suède
[3] Univ. Erlangen-Nuremberg – Allemagne

Les analyses du signal δ18O dans des bioapatites de dents de requins des aquariums du Blackpool Sea Life Center, Angleterre, était effectuées dans le contexte de l'histologie dentaire. Le δ18O a montré une variabilité légère entre les tissus différents, ainsi qu'entre les deux espèces. Les dents ont été analysées au NordSIMS (Spectromètre de Masse des Ions Secondaires, SIMS), du Muséum d'Histoire naturelle de Stockholm, Suède. Les résultats ont démontré que le PBE produit la plus haute reproductibilité des valeurs de δ18O (Žigaite & Whitehouse 2014). Les valeurs mesurées de δ18O vont une variabilité inter-tissue comparable dans chaque dent analysée, la dentine a eu la plus grande variabilité et a plus basse moyenne de δ18O. Les résultats de cette étude confirment que les couches internes les plus compactes de l'émailloïde – comme le PBE dans les néosélaciens – sont les tissus optimums pour être ciblés pour les reconstructions isotopiques (paléo)environnementales, et montrent que les divers facteurs biologiques sont importants pour la fraction de l'isotope de l'oxygène dans le biominéral dentaire des requins.

Žigaite, Ž., Whitehouse, M. 2014. Stable oxygen isotopes of dental biomineral: differentiation at he intra- and inter-tissue level of modern shark teeth. *Geologiska Föreningen*: *GFF*, 136(1): 1-4.

Mots-Clés: biominéraux dentaires, isotopes stables de l'oxygène, requins, dentine, émailloïde

Etude des Instabilités de talus dans la région de Taounate

Attima Zouhair*[1], Abdelilah Dekayir[1], Mohamed Rouai[1]

[1] Dpt. des Siences de la Terre – Faculté des Sciences – Univ. Moulay Ismail – 11201 Zitoune, Meknès, Maroc
@ : dekayir@yahoo.fr

Cette étude porte sur l'analyse d'un glissement de terrain de Jbel Outka située à la région de la chaine rifaine dans la commune rurale de Rhafsai dont le but est de comprendre la genèse de glissement, connaitre le fond du problème en déterminant les causes et les conséquences probables.
Cette région est caractérisée par sa complexité géologique morphologique et climatique (un relief accidenté, prédominance de flyschs, alternance de périodes pluvieuses intenses et de sécheresses), qui favorise les mouvements de terrain, donc il est nécessaire d'étudier et d'analyser toutes les données géologiques, hydrogéologiques et géomatique de la région, ainsi les caractéristiques géotechniques du terrain
Tous les résultats obtenus par notre étude ont montré que les paramètres responsables de cette dynamique sont liés principalement aux facteurs hydrauliques, à la structure géologique et aux caractéristiques géotechniques des couches qui composent le versant instable.

Mots-Clés: glissement de terrain, Jbel Outka, paramètres responsables

Liste des auteurs

Abbad, Katia, 1
Abbas, Mohamad, 1
Abchiche, Abdel, 271
Abdelmadjid, Meriem, 2
Abderrahmane, Mekkaoui, 2
Abellan, Antonio, 327
Aboumaria, Khadija, 113
Achek-Youcef, Maria, 154
Ackouala Mfere, Anna Perla, 3
Adatte, Thierry, 52, 75
Ader, Magali, 69, 227
Adissin-Glodji, Luc, 3
Admou, Hassan, 46, 331
Admou, Safouane, 4
Adong, Feddy, 4, 41
Afechkar, Mohamed, 157
Affouri, Hassene, 5
Afilhado, Alexandra, 14, 115, 204, 258, 291
Agard, Philippe, 52, 298
Agogué, Hélène, 69
Ahlborn, T., 126
Airaghi, Laura, 5
Aitadjedjou, Doria, 60
Ait Mlouk, Mohamed, 6
Akköprü, Ebru, 233
Alansari, Abdelkhalek, 23, 165
Alçiçek, M. Cihat, 11
Aleman, Nicolas, 278
Algouti, Abdellah, 6, 155, 232
Algouti, Ahmed, 6, 155, 232, 249
Alindawa, Deodat, 236
Alix, Anne-Sophie, 256
Alizert, Lilian, 268
Al-Juhaishi, Mohammed, 7, 306
Alkhatib Alkontar, Rozan, 138
Allanic, Cécile, 7, 8, 121
Allard, Thierry, 8, 215
Allemand, Pascal, 323
Al Reda, Mustafa, 335
Alvarado, Alexandra, 24
Álvaro, Javier, 250
Alves, Daniela, 115
Al Yacoubi, Latifa, 9
Amann, Méderic, 19
Ambujam, N., 294
Ameri, Sara, 9
Ameziane-Federzoni, Nadia, 195
Amiri, Adnen, 58
Ammann, Jérôme, 98
Ammeraal, Daniel, 8
Ammoun, Olivier, 79, 97
Amouroux, David, 73
Amri, Ilyess, 10
André, Laurent, 119, 179, 180, 187
Andréassian, Vazken, 214
Andrews, Julian, 89
Andrieu, Simon, 10, 11
Andrieu-Ponel, Valérie, 11, 67, 68
Angel, Jean-Michel, 44, 312
Angélique, Jean-Claude, 50
Angiboust, Samuel, 52, 160
Angrand, Paul, 12
Anquetil, Christelle, 84, 163
Ansart, Patrick, 127
Anschutz, Pierre, 73, 234
Anthony, Edward, 278
Antoine, Pierre, 89
Antoine, Raphael, 13, 103, 118, 204
Aouji, Oualid, 271
Aoustin, David, 143
Aquilina, Luc, 178
Arafa, Ahmed, 13
Ard, Vincent, 74, 214
Ardito, Luigi, 305
Aretz, Markus, 240
Arfaoui, Aymen, 82
Argant, Laurence, 26
Argant, Sébastien, 26
Arias Ruiz, Camilo, 254, 288
Armynot du Châtelet, Eric, 98
Arnaud, Fabien, 333
Arnaud-Fassetta, Gilles, 158, 200, 202, 326
Arriagada Gonzalez, Joselyn, 14, 299
Arsonnet, Gérard, 30
Artigas, Luis Felipe, 98, 143
Arzarello, Marta, 256
Aslanian, Daniel, 14, 38, 115, 136, 204, 254, 258, 269, 291
Assassi, Fella, 2
Aster Team, 288, 289
Asti, Riccardo, 15, 182, 315
Atif, Yousef, 331
Attila, Ciner, 15, 287
Atton, Mikaël, 181
Auberger, Elise, 16
Aubert, Dominique, 334
Aubourg, Charles, 17, 51, 72, 88, 218, 328
Audin, Laurence, 24
Audo, Denis, 126
Aufort, Julie, 215

Augereau, Emmanuel, 109, 201
Augier, Romain, 17, 261
Auguin, Gildas, 123
Auguste, Patrick, 18
Austin, James, 47
Authemayou, Christine, 18, 108, 192, 193, 270
Autin, Julia, 19
Auvray, Christophe, 243
Auzerais, Anthony, 19
Averbuch, Olivier, 20, 173
Avoine, Jacques, 21
Ayral, Pierre-Alain, 212
Ayrault, Sophie, 133, 262, 266
Azambre, Bernard, 182, 315
Azar, Dany, 324
Azaroual, Mohamed, 179

Babault, Julien, 170
Babonneau, Nathalie, 22
Baby, Guillaume, 22, 93, 150
Bache, François, 269
Bachelery, Patrick, 87, 176
Bachelet, Quentin, 31
Bader, Anne-Gaëlle, 12, 46
Badinier, Guillaume, 186
Badra, Lakhlifi, 4, 60
Baele, Jean-Marc, 263, 267, 268
Baffreau, Alexandrine, 31
Bahain, Jean-Jacques, 256, 288, 330
Baidada, Bouchra, 23, 165
Baillet, Laura, 21, 23
Bailleul, Julien, 207, 208, 311
Bailly, Cédric, 85
Bailly, Laurent, 229, 245
Bailly-Comte, Vincent, 7
Bailly du Bois, Pascal, 41
Bain, Olivier, 24, 223
Baize, Stéphane, 24, 25, 110, 319
Bajddi, Amine, 60
Ballard, Jean-François, 83, 190, 238
Ballèvre, Michel, 25, 315
Ballossi, Francesca, 233
Ballouard, Christophe, 26, 59
Baltzer, Agnès, 26, 38, 75, 84, 299, 313
Bamousa, Abdullah, 154
Bao, Zhengduo, 333
Baoutoul, Hsain, 60, 331
Baptiste, Julien, 27
Barbanson, Luc, 4, 60
Barbarand, Jocelyn, 10, 11, 170, 268, 273
Barbe, Anthony, 234
Barbey, Pierre, 50
Barbier, Maxime, 27
Barbin, Vincent, 75
Bard, Edouard, 296
Baret, Louis, 229
Barker, Evelyne, 145
Barras, Christine, 228
Barrier, Pascal, 28
Bartier, Danièle, 32, 120
Barusseau, Jean-Paul, 278
Bascou, Jérôme, 3
Bassetti, Maria-Angela, 301
Bassinot, Franck, 131, 174, 334
Bassot, Sylvain, 145
Bastianini, Laura, 29
Bataillé, Marie-Paule, 50
Batiot-Guilhe, Christelle, 29
Battani, Anne, 108
Batten, David, 261
Battogtokh, Toogii, 178
Baud, Jean-Pierre, 30
Baudin, Aurélien, 89
Baudin, François, 29, 30, 57, 92, 193, 237
Baudin, Thierry, 106, 277
Bauer, Hugues, 45, 64
Baumann, Juliette, 31
Bauvais, Sylvain, 102
Baux, Noémie, 31
Bayon, Germain, 301
Beauchamps, Gildas, 32, 120
Beaufort, Daniel, 66, 237, 245, 330
Beaufort, Luc, 132
Beccaletto, Laurent, 20, 27, 32, 46, 64, 65, 163, 255, 279
Béchet, Béatrice, 33
Bechtel, Achim, 149
Becker, Thorsten, 172
Bedja, Imene, 33, 136
Behra, Philippe, 34
Belalia, Amina, 35, 154
Belbadaoui, Mohammed, 277
Bélem, Tikou, 243
Bell, Rebecca, 12
Bellahsen, Nicolas, 35, 36, 65, 124, 170, 171, 285, 331
Bellenfant, Gaël, 50
Belli, Angélina, 76
Bellier, Olivier, 307
Bellivier, Axel, 123
Bellomo, Ernesto, 28
Bellot-Gurlet, Ludovic, 267
Beltrando, Gérard, 158
Benabdellouahed, Massinissa, 37, 38, 47, 251, 252
Benamar, Ahmed, 224
Ben Amara, Ayed, 74
Benaouiss, Naima, 61
Benbaqqal, Hicham, 39
Benedetti, Lucilla, 307
Beneteau, Eric, 206
Benhammou, Abdelilah, 331
Benhamouda, Myriam, 156
Benjelloun, Yacine, 39
Benlaoukli, Bachir, 40
Ben Moussa, Abdelkhalak, 125
Bennis, Anne-Claire, 4, 41
Benoit, Roch-Alexandre, 41
Benrabeh, Samia, 156
Bensalem, Rabah, 232
Ben Yahia, Nouha, 36
Benyassine, El Mehdi, 39, 42
Beraaouz, El Hassan, 311
Bergamaschi, Antoine, 297
Bergamini, Géraldine, 42, 87, 182
Berger, Julien, 161
Berger, Laurent, 108
Bergerat, Françoise, 320

Bernard, Cécile, 69
Bernard, Olivier, 43
Bernard, Vincent, 90, 302
Bernasconi, Stefano, 237
Berné, Serge, 225
Bernet, Matthias, 35, 272
Berrhouma, Asma, 277
Berthe, Guillaume, 335
Berthe, Thierry, 77, 224
Bertin, Xavier, 31, 80, 304
Bertotti, Giovanni, 8
Bertran, Pascal, 326
Bertrand, Catherine, 43, 327
Bertrand, Claude, 275
Bertrand, Frédéric, 326
Bertrand, Guillaume, 44, 50, 312
Bès, Christophe, 289
Besse, Jean, 127, 277, 327
Bessin, Paul, 45, 150
Besson, David, 282
Bessueille-Barbier, Frédérique, 63
Beucher, Hélène, 97
Bez, Martine, 282, 294
Beziat, Didier, 229, 236
Bézos, Antoine, 45, 152, 252, 254
Bhilisse, Mohamed, 46
Bialkowski, Anne, 46, 64
Biari, Youssef, 37, 47
Bichot, Yoann, 48
Bicket, Andy, 138
Billa, Mario, 44, 312
Billant, Jérémy, 48, 49, 307
Billeaud, Isabelle, 71
Biteau, Jean-Jacques, 49
Bitri, Adnand, 309
Blanc, Mathieu, 281
Blancher, Simon, 96
Blanchet, Guillaume, 50
Blanchoud, Hélène, 319
Blanchouin, Arnaud, 127
Blanpain, Olivier, 48
Blanpied, Christian, 254
Blard, Pierre-Henri, 287–289
Blein, Olivier, 133, 277
Bobocioiu, Ema, 54
Bocquet-Liénard, Anne, 50, 74
Bodenan, Françoise, 50
Bodet, Ludovic, 277
Bodin, Stéphane, 322
Boé, Julien, 71
Bohy, Colas, 51
Boiron, Marie-Christine, 59, 87, 182
Boiron, Tiphaine, 51
Boissier, Audrey, 256
Bolhuis, Henk, 98
Bometon, Alexandre, 51
Bomou, Brahimsamba, 52, 75
Bonifacie, Magali, 208, 209
Bonneau, Lucile, 85
Bonnel, Cédric, 29, 72, 258
Bonnemaison, Michel, 261
Bonnet, Guillaume, 52
Bonnet, Rémy, 53
Bonnet, Stéphane, 317
Bonnot, Chantal, 71
Bontempi, Jean-Michel, 195
Borderie, Quentin, 53
Bordier, Louise, 133
Borgen, Victoria, 74
Borgomano, Jan, 129
Borgomano, Jean, 68, 71, 87, 184, 185, 235, 236, 302, 328
Borrell-Estupina, Valérie, 259
Bosc, Rémi, 82
Bosq, Mathieu, 326
Bossennec, Claire, 54
Bossy, Cécile, 334
Bothamy, Nina, 54
Boualili, Nassim, 224
Boucard, Milton, 55
Boucher, Christian, 91
Bouchette, Frédéric, 84
Bouchez, Camille, 55, 100
Bouchot, Vincent, 279
BouDagher-Fadel, Marcelle, 87
Boudevillain, Brice, 56
Boudin, Frédérick, 88
Boudzoumou, Florent, 3
Bougeault, Cédric, 56, 57, 141
Boughacha, Mohamed Salah, 250
Bouhlassa, Saidati, 57, 201
Bouhnik-Le Coz, Martine, 334
Bouhsane, Naima, 57, 201
Boujamaoui, Mustapha, 42, 58, 274
Boukoffa, Mechati, 58
Boullosa Allariz, Beatriz, 59
Boulvain, Frédéric, 2, 175
Boulvais, Philippe, 26, 59, 62, 87, 141, 152, 182
Bour, Olivier, 88, 132, 148, 295
Bourdet, Audry, 289
Bourdier, Camille, 123
Bourdillon, Chantal, 267, 268
Bourgault, Charlotte, 189
Bourgeois, Olivier, 198
Bourges, Philippe, 294
Bourget, Julien, 132, 275
Bourillet, Jean-François, 283
Bourillot, Raphaël, 62, 66, 330
Bourlès, Didier, 125, 288, 289
Bourmatte, Amar, 60, 250
Bourque, Hugo, 60
Bourquin, Sylvie, 61, 163, 255, 280–282
Bourrat, Olivier, 259
Bourrières, Laure, 245
Bousquet, Romain, 61
Bout-Roumazeilles, Viviane, 70
Boutin, Alexandre, 62
Bouton, Anthony, 62
Bouvy, Marc, 69
Brach-Papa, Christophe, 65
Branchu, Philippe, 262
Branquet, Yannick, 4, 59, 60, 141, 153, 263
Brasier, Alexander, 29
Braucher, Régis, 125, 288, 289
Braun, Jean-Jacques, 215
Brauns, Michael, 102

Brayard, Arnaud, 62
Brazier, Jean-Michel, 63
Breillat, Noémie, 268
Breitenbach, Sebastian, 240
Brenon, Emeric, 210
Bressan Riffel, Silvana, 8
Bressy-Leandri, Céline, 195
Bretier, Marie, 63, 213
Briais, Justine, 64, 65, 186, 251, 252
Briant, Nicolas, 65
Brichau, Stéphanie, 272, 287
Brigaud, Benjamin, 10, 11, 66, 330
Brigode, Pierre, 55, 66, 214
Briquet, Jean-Pierre, 29
Brocard, Gilles, 18
Brocheray, Sandra, 67
Bronner, Adrien, 47
Brotas, Vanda, 98
Brou, Laurent, 89
Broussaud, Marie-Josée, 324
Bruguier, Olivier, 203, 311
Brulhet, Jacques, 25, 67, 68, 110, 319
Brun, Olivier, 169
Bruneau, Ludovic, 56, 85
Bruneaux, Marie-Anne, 158
Brunet, Pascal, 29
Bruniaux, Guillaume, 214
Brunsting, Martine, 52
Buchholtz, Gilles, 271
Bujan, Stéphane, 290
Bultez, Gilles, 262
Buoncristiani, Jean-François, 235, 272, 322
Buquet, Damien, 73
Burov, Evgueni, 177
Buscail, Roselyne, 301
Busigny, Vincent, 136
Busson, Jean, 68, 236
Bustamante, Michel, 30
Butault, Christelle, 244
Butscher, John, 290

Caballero, Yvan, 80
Cachia, Maxime, 69
Cadeau, Pierre, 69
Cagnard, Florence, 95, 106
Caillaud, Alexis, 70
Caillaud, Jacinthe, 98, 143
Caillouet, Laurie, 71
Calais, Eric, 177
Caline, Bruno, 29, 71, 121, 186
Callec, Yannick, 3
Callot, Jean-Paul, 72, 196, 218, 242, 258
Callot, Pierre, 244
Calves, Gérôme, 96
Calvet, Marc, 288, 289
Cammas, Cécilia, 72
Camoin, Gilbert, 87, 173
Campos, Eduardo, 287
Camus, Adrien, 214
Candaudap, Frédéric, 334
Canérot, Joseph, 73
Canrédon, Axel, 73
Cantat, Olivier, 203
Cantin, Nadia, 74
Capar, Laure, 64, 74, 309
Capdeville, Yann, 291
Cappeleare, Bernard, 132
Caracas, Razvan, 54
Carcaillet, Julien, 39, 231
Cariou, Elsa, 75
Carlier, Benoit, 202
Carlier, Gabriel, 168
Carlut, Julie, 161
Caro, Joséphine, 74
Caron, Benoit, 92
Caron, Vincent, 207
Carpentier, Cédric, 285
Carretier, Sébastien, 231, 287
Carrier, Hervé, 69
Cassard, Daniel, 44, 312
Cassen, Serge, 26
Castellani, Christopher, 52, 75
Castelle, Bruno, 84
Castelltort, Sébastien, 148
Castilla, Raymi, 242
Cathalot, Cécile, 271
Cathelineau, Michel, 26, 62
Catherine, Lerouge, 199
Cattaneo, Antonio, 22, 225, 286
Cauich Garcia, Maria de los Angeles, 76
Cauliez, Jessie, 74
Caumette, Guilhem, 69
Caupin, Frédéric, 149
Caussade, Serge, 186
Cauuet, Béatrice, 223, 236
Cauzid, Jean, 181
Cavailhes, Thibault, 290
Cavelan, Amélie, 76
Cazala, Charlotte, 145
Cazenave, Anny, 204
Cerepi, Adrian, 275
Certain, Raphael, 278
Cerubini, Romain, 295
Cesbron, Florian, 234
Cézac, Pierre, 179, 180, 187, 222
Chaabani, Fredj, 175
Chabaud, Ludivine, 68, 235, 236
Chabrol, Clémence, 111
Chadi, Mohammed, 112
Chaduteau, Carine, 69
Chague, Bryan, 77
Chagué-Goff, Catherine, 290
Chaix, Gautier, 77, 224
Chalak, Hanaà, 78
Chalouan, Ahmed, 112
Chamel, Thibaut, 217
Champallier, Rémi, 187
Champenois, France, 8, 121
Champenois, Johann, 24
Chanier, Frank, 173, 207, 208, 311
Chanvry, Emmanuelle, 78
Chapoulie, Rémy, 195
Chapron, Emmanuel, 296
Charbonnier, Céline, 73
Charbonnier, Sylvain, 79, 102
Chardon, Dominique, 280, 281

Chargros, Anaïs, 78
Charles, Claire, 79, 97
Charlier, Jean-Baptiste, 80, 94
Charriere, Bruno, 301
Chateau-Smith, Carmela, 229
Chateauneuf, Jean-Jacques, 65
Chatton, Eliot, 178
Chau, Quoc-Hung, 34
Chaumillon, Eric, 31, 80, 84, 260, 290, 304
Chaumillon, Léo, 80
Chauvel, Catherine, 86
Chavanne, Xavier, 51
Chazot, Gilles, 320
Chellai, El Hassane, 81
Chelle-Michou, Cyril, 234
Chen, Ningxin, 319
Chen, Yan, 27
Cheng, Hai, 240
Chenot, Elise, 81
Chéron, Sandrine, 256
Chevalier, Nicolas, 143
Chevrel, Stéphane, 74
Chevrot, Sébastien, 291
Chevrot, Victoria, 82
Chicon, Damien, 82
Chiffoleau, Jean-François, 65
Chmeleff, Jérôme, 334
Choi, Jin, 178
Chopin, Christian, 315
Chouvelon, Tiphaine, 65
Christian, Reichert, 47
Christophoul, Frédéric, 129, 236, 317
Ciancaleoni, Laurent, 82
Claeys, Cécilia, 211
Claeys, Philippe, 240
Clausen, Sébastien, 250
Clerc, Camille, 83, 131, 182, 315
Clermont, Olivier, 224
Cliquet, Dominique, 296
Cloquet, Christophe, 103, 334
Cloquier, Christophe, 101
Clouet, Hélène, 206
Cluzel, Dominique, 268
Cochelin, Bryan, 83
Cocquempot, Lucie, 84
Cocquerez, Théophile, 85, 141
Coetzee, Henk, 74
Coffinet, Sarah, 84
Cojan, Isabelle, 97, 110, 158, 216, 319
Colbeaux, Jean-Pierre, 107
Colin, Anne, 326
Colin, Christophe, 85, 131, 174, 334
Collana, Christopher, 138
Collet, Lucille, 314
Collin, Pierre-Yves, 85, 209
Collot, Jean-Yves, 225
Colonnette, Laurent, 213
Combaud, Anne, 223
Combes, Philippe, 25, 110, 319
Comtat, Maurice, 34
Conreux, Alexandra, 99
Contamine, François, 222
Contreras Barrientos, Juan Felipe, 86
Copard, Yoann, 321
Coquerez, Théophile, 57
Coquery, Marina, 63, 147, 213
Cordier, Carole, 86, 151
Cornée, Annie, 110
Corre, Benjamin, 42, 87, 182, 315
Corrège, Thierry, 290
Corsini, Michel, 112, 119, 120, 125, 162
Cortes Aranda, Joaquin, 322
Cossart, Etienne, 202
Costa, Stéphane, 84, 107, 108, 118, 191, 201, 210, 326
Cottard, Christine, 324
Couëffé, Renaud, 64, 65, 186, 251, 252
Coureaud, Bertrand, 281
Courgeon, Simon, 87, 162, 173, 251
Courrioux, Gabriel, 7
Courtillat, Margot, 111
Courtois, Quentin, 88
Courville, Philippe, 192
Coutard, Mickael, 129
Couzinié, Simon, 234
Creach, Axel, 313
Cremer, Michel, 67
Crespo Blanc, Ana, 93
Crest, Yannick, 138
Crognier, Nemo, 51, 88
Croiset, Nolwenn, 189
Crombez, Vincent, 208
Crowley, Quentin, 231
Crumeyrolle, Philippe, 282
Cucchi, Karina, 89, 277
Cuney, Michel, 26, 157
Cupertino, José, 14, 136, 258, 291
Cuyala, Jean-Baptiste, 218

Dabard, Marie-Pierre, 26, 222, 241, 280
Dabkowski, Julie, 89
Dabrin, Aymeric, 63, 147, 213
Daif, Menana, 13, 90
Daire, Marie-Yvane, 90
Dall'Asta, Massimo, 22, 96, 248, 262, 280, 281, 294
Dal Soglio, Lucie, 91
Dang, Hong-Lam, 91
Daniau, Gautier, 329
Danzelle, Julien, 92
Daoudi, Mohamed, 154
Darras, Thomas, 92
Darrozes, José, 153, 204, 245
Daudet, Maxime, 93
Dauteuil, Olivier, 93, 150, 294
Dauvin, Jean-Claude, 31, 94, 181, 239, 257
David, Pierre-Yann, 94
Davidson, Robert, 118, 201, 203, 210
Dayon, Gildas, 71
Debabha, Fazia, 35
Debard, Evelyne, 123
Debret, Maxime, 241, 321, 333
Debroas, Elie, 244
Debure, Mathieu, 199
Deconinck, Jean-François, 56, 57, 78, 81, 209
Decouchon, Elise, 199
Deflandre, Bruno, 234
de Garidel-Thoron, Thibault, 131

de Hoÿm de Marien, Luc, 95
Dekayir, Abdelilah, 42, 157, 337
Delacourt, Christophe, 84, 95, 98, 201
Delalande-Le Mouëllic, Manuëlla, 171
Delanghe, Doriane, 101, 138
Delaplace, Philippe, 275
Delaporte, Arthur, 96
Delaunay, Antoine, 96
Delcaillau, Bernard, 18, 168, 259
Delcourt, Clément, 79, 97, 314
Deldicque, Damien, 123
Deleplancque, Benoit, 97
Delgard, Marie-Lise, 234
Deloffre, Julien, 98, 104, 191
Deloule, Etienne, 26, 171, 321
Delpech, Maryse, 181
Delpech, Serge, 181
Delpomdor, Franck, 3
Delrieu, Guy, 56
Demarty, Jérôme, 132
de Montety, Véronique, 29
Demory, François, 11
Denamur, Erick, 224
Denèle, Yoann, 35, 83
Denimal, Sophie, 43
Denis, Lionel, 76, 98, 143
Denis, Marie, 99
Dénnièlou, Bernard, 30
Deparis, Jacques, 180, 265
de Parseval, Philippe, 62
Derenne, Sylvie, 84, 163
Deroin, Jean-Paul, 99
Desachy, Bruno, 53
de Saint Blanquat, Michel, 12, 55, 62, 83, 131, 152, 182, 198
Desaubliaux, Guy, 62, 281, 282
Desbois, Jean-Luc, 184
Descamps, Fanny, 27, 121
Deschamps, Pierre, 55, 100, 142
Deschamps, Rémy, 78, 281
Desenfans, Olivier, 153
de Sigoyer, Julia, 5, 39
de Sloovere, Pierre, 30
Desmare, Stéphanie, 48
Desmazes, Franck, 100
Desmet, Marc, 294
Desprez, Michel, 181
Desruelles, Stéphane, 101
Dessa, Jean-Xavier, 20
Dessales, Hélène, 39
Dessart, François, 101
Destandau, Emilie, 274
Desyatkin, Roman, 137
Deveaud, Sarah, 153
Déverchère, Jacques, 22
Devillez, Julien, 102
de Wever, Patrick, 16, 110
Dewez, Thomas, 211, 264
Dézileau, Laurent, 303
Dherret, Lysiane, 63
D'Hugues, Patrick, 50
Dias, Nuno, 14, 291
Didon-Lescot, Jean-François, 212
Dieppois, Bastien, 213
Di Giovanni, Christian, 76, 295, 305
Dillmann, Philippe, 102
Diouf, Mouhamadoul Bachir, 116
Diraison, Marc, 120, 239
Disser, Alexandre, 102
Divine, Jean-Loup, 278
Djamali, Morteza, 11
Djeffal, Rami, 112
Djibrilla Saley, Abdoulazizi, 13, 103
Djouraev, Irina, 334
Do, Duc-Phi, 91
Do, Minh-Huy, 34
Dolique, Franck, 84
Dominguez, Stéphane, 148
Dommergues, Jean-Louis, 57
Dong, Shuofei, 103
Dore, Ludovic, 118
Dos Reis, Tadeu, 269
Douas Bengoudira, Fatiha, 310
Doublier, Michael Patrick, 263
Douville, Eric, 85, 104, 334
Dransart-Laborde, Amandine, 283
Dréan, Virginie, 123
Dreux, Rémi, 281
Dromart, Gilles, 243
Droxler, André, 87
Droz, Laurence, 117, 189, 225, 262, 269, 301
Drugat, Laurine, 104
Druine, Flavie, 104, 191
Dubacq, Benoît, 298
du Bernard, Xavier, 190, 238, 282
Dubernet, Stéphan, 195
Dublanchet, Adrien, 273
Duboin, François-André, 243
Dubois, Charlotte, 105
Dubois, Laurent, 43
Dubois, Manon, 105
Dubois, Michel, 88
Dubois-Dauphin, Quentin, 85
Dubreuil, Brigitte, 34
Dubrulle-Brunaud, Carole, 191
Ducasse, Thomas, 145
Ducassou, Emmanuelle, 235–237
Duchene, Stéphanie, 198, 321
Ducoux, Maxime, 106
Dudoignon, Patrick, 269
Duesterhoeft, Erik, 61
Dufeu, Camille, 106, 144
Dugué, Olivier, 37, 38, 168, 251, 252, 259, 267
Duguet, Timothée, 107, 108, 201
Dumas, Christophe, 127
Dumont, Emmanuel, 262
Duong, Gwendoline, 98, 143
Duperret, Anne, 84, 107, 108, 270, 278
Dupont, Jean-Paul, 103, 224, 289
Dupont, Pauline, 284
Dupont-Nivet, Guillaume, 151, 279
Duprat, Josette, 284
Dupré, Juliette, 50
Dupré, Stéphanie, 108
Dupuis, Christian, 251, 252, 267, 268
Dupuy, Alain, 119

Dupuy, Jean-Jacques, 44
Duquennoy, Julien, 79, 97
Durand, Matthieu, 109, 206
Durand, Nicolas, 216
Durepaire, Xavier, 29
Durlet, Christophe, 57, 141
Dusséaux, Camille, 59
Dussouillez, Philippe, 49, 126, 307
Dutay, Jean-Claude, 318
Dutour, Yves, 309
Dutruch, Lionel, 334
Duvail, Cédric, 25, 110, 319

Earlie, Claire, 109
Edwards, Laurence, 240
Ego, Frédéric, 25, 67, 68, 110, 319
Egoroff, Grégoire, 110
Ehrhold, Axel, 111, 145, 146, 173, 192, 193, 299
El Albani, Abderrazak, 226, 241
El Arbaoui, Amal, 111
El Bakili, Asmae, 112
El Hadj, Youcef Brahim, 112
El Khamlichi, Aïcha, 275
Elliot, Mary, 75, 164, 252, 254, 288
El Moussaoui, Said, 113
El Talibi, Hajar, 113
El Yahyaoui El Idrissi, Ahmed, 57, 201
Ennaciri, Aomar, 60
Ennih, Nasser, 161
Epin, Marie-Eva, 19
Equipe scientifique IGUANES, 117, 301
Eric, Gloaguen, 141
Erragragui, Mohamed, 39
Espinosa Fuentes, Maria de la Luz, 76
Essahlaoui, Ali, 274
Essaifi, Abderrahim, 111, 155
Essalhi, Abdelhafid, 114, 312
Essalhi, Mourad, 114, 312
Evain, Mikaël, 47, 115, 136, 188, 258, 291
Evans, David, 115
Evin, Guillaume, 116
Expedition 313 Scientific Party, 266
Eynaud, Frédérique, 283, 326
Eyraud, Charles-Henri, 324
Ezersky, Alexander, 19

Fabricius, Idda Lykke, 121
Faccenna, Claudio, 15, 172
Fachard, Sylvian, 138
Fadil, Abdelhamid, 212
Fagel, Nathalie, 183, 310
Fajal, Bruno, 50
Fajerwerg, Katia, 34
Falguères, Christophe, 256, 330
Fall, Mamadou, 116
Falleau, Nellie, 82, 117
Fanget, Anne-Sophie, 117
Fanget, Bernard, 321
Fargier, Yannick, 118
Farrant, Andrew, 240
Fau, Pierre, 34
Fauchard, Cyrille, 13, 118
Faucher, Anita, 119
Faucheux, Mickael, 295
Fauquembergue, Kelly, 68, 131, 235, 236
Faure, Michel, 27, 133
Favier, Alexiane, 119, 120
Favre, Anne-Catherine, 66, 116
Faye, Abdoulaye, 116
Faye, Serigne, 116, 175
Faÿ-Gomord, Ophélie, 8, 27, 121, 186, 325
Fedorik, Jakub, 244
Feeny-Ferreol, Véronique, 94
Fellah, Ahmed Hamza, 122
Feng, Xinbin, 333
Feniès, Hugues, 66, 330
Fentimen, Robin, 228
Ferhat, Gilbert, 219
Fernandes Soares, Bruna, 8
Fernandez, Vincent, 230
Ferrah, Yassine, 122
Ferrand, Myriam, 163, 255
Ferrandini, Jean, 75
Ferrandini, Michelle, 75
Ferreiro Mählmann, Rafael, 208, 263
Ferrer, Camille, 301
Ferret, Yann, 191
Ferrier, Catherine, 123
Ferry, Jean-Noël, 70
Ferry, Matthieu, 178
Ferry, Serge, 123, 124, 147, 323
Feruglio, Valérie, 123
Field, Brad, 208
Fillon, Charlotte, 124
Fischer, Pierre, 125
Fissier, Laurent, 211
Flamand, Aurèlie, 125
Fléchard, Chris, 132
Fléhoc, Christine, 216, 268
Fleury, Jules, 126, 307
Fleury, Rolf, 126
Flipo, Nicolas, 89, 277
Floc'h, France, 84, 109
Floury, Paul, 127
Fluteau, Frédéric, 127, 194
Folcher, Nicolas, 268
Foliot, Lorna, 104
Folton, Nathalie, 55
Fondrillon, Mélanie, 128
Font, Eric, 128
Fontaine, François, 310
Fontana, Alessandro, 316
Ford, Mary, 12, 129, 302
Forget-Leray, Joëlle, 77
Fort, Monique, 202
Fortin, Jérôme, 129
Fossa, Manuel, 130, 213
Fouéré, Pierrick, 267
Fougere, Laëtitia, 274
Fougeroux, Thibault, 152
Fouilland, Eric, 69
Fouquet, Yves, 256
Fourcade, Serge, 42, 131, 182, 315
Fournier, François, 3, 184, 185, 302, 328
Fournier, Jérôme, 71, 303
Fournier, Lea, 131, 132

Fournier, Marc, 52
Fournier, Matthieu, 94, 130
Fourrier, Nadine, 123
Fovet, Ophélie, 132, 295
France-Lanord, Christian, 285
Franceschi, Michel, 119
Francis, Witkowski, 329
Franke, Christine, 165, 166, 205
Franzetti, Marcaurelio, 111, 299
Frappart, Frédéric, 153
Frau, Camille, 185, 302
Freslon, Nicolas, 81
Fressard, Mathieu, 203
Fréville, Kévin, 133
Freydier, Remi, 334
Fritsch, Emmanuel, 215
Frizon de Lamotte, Dominique, 327
Froger, Claire, 133
Fruergaard, Mikkel, 304
Fuck, Reinhardt, 14, 115, 291
Funck, Thomas, 47
Furgerot, Lucille, 134
Furic, Marjolaine, 134

Gabelotaud, Isabelle, 210
Gabriel, Jean-Louis, 50
Gaci, Zoubir, 164
Gagala, Lukasz, 242
Gagnaison, Cyril, 207
Gailhard, Joël, 66, 130, 214
Gaillard, Fabrice, 238
Gaillard, Hervé, 170
Gaillard, Thierry, 135
Gaillardet, Jérôme, 43, 127, 132, 135, 327
Gaillot, Arnaud, 296
Gaillot, Stéphane, 53
Gal, Frédérick, 77
Galaup, Serge, 121
Galin, Valérie, 28
Gallais, Flora, 14, 136, 258, 291
Galmier, Valentin, 151
Galop, Didier, 295, 296
Galtier, Alyssa, 28
Galy, Albert, 33, 136
Gance, Julien, 51, 285, 327
Gand, Georges, 255
Gandois, Henri, 299
Gangloff, Sophie, 63
Gapais, Denis, 137
Garambois, Stéphane, 39
Garcia, Bruno, 275
Garcia, Daniel, 78
Garçon, Rémy, 66, 214
Gardien, Véronique, 149, 234
Garel, Emilie, 52, 75, 76
Garel, Sylvain, 268
Garestier, Franck, 137
Garlan, Thierry, 24, 48, 132, 145, 146, 176, 177, 191, 210, 226, 283
Garnier, Bruno, 324
Garzanti, Eduardo, 272
Garziglia, Sebastien, 162, 284
Gasc-Barbier, Muriel, 221
Gascuel-Odoux, Chantal, 132
Gasparrini, Marta, 208, 209
Gasquet, Dominique, 311
Gastineau, Renaldo, 163
Gaucher, Eric, 222, 227
Gauchon, Christophe, 167, 168
Gaullier, Virginie, 173, 251, 252
Gautheron, Cécile, 8, 124, 170, 268, 273
Gauthier, Bertrand, 8
Gautier, Emeric, 108, 111, 296
Gautret, Pascale, 76
Gavazzi, Bruno, 138
Gay, Aurélien, 105, 179
Gayet, Jean-Claude, 289
Gébelin, Aude, 59
Gély, Jean-Pierre, 16
Gendry, Damien, 257
Genthon, Pierre, 204
Geraud, Yves, 54, 120, 239
Gerbault, Muriel, 321
Gerdes, Axel, 142, 208, 209
Gervilla, Fernando, 155
Gerya, Taras, 177
Geslin, Emmanuelle, 234, 305
Gevaert, François, 98
Gèze, Raymond, 324
Ghilardi, Matthieu, 101, 138, 316
Giaime, Matthieu, 316
Giannetti, Marie-Laure, 94
Gibbard, Philip, 38, 139
Gigleux, Sylvain, 183
Giguet-Covex, Charline, 333
Gilikin, David, 240
Gillard, Morgane, 19
Gillet, Hervé, 177, 235, 236
Gin, Stéphane, 145
Giommi, Anne-Lise, 21
Girard, Jean-François, 139
Girard, Jean-Pierre, 140, 142
Giraudeau, Jacques, 284
Girault, Igor, 57, 140, 141
Giresse, Pierre, 301
Giuliano, Jérémy, 211
Gloaguen, Eric, 44, 153, 187, 217, 245
Goblet, Patrick, 277
Gocke, Martina, 163
Godard, Vincent, 48, 211, 307
Goddéris, Yves, 194
Godeau, Nicolas, 142
Gomez, Fernando, 143
Gommeaux, Maxime, 98, 143
Gonçalves, Daniela, 113
Gonçalvès, Julio, 335
Goncalves, Julio, 55, 100
Goncalves, Philippe, 203
Gonnet, Adrien, 143
Gontharet, Swanne, 98, 143
Gonzalez, Miguel, 106, 144
Goovaerts, Thomas, 240
Gorczynska, Aneta, 144
Goren, Liran, 148
Gorge, Caroline, 127
Gorini, Christian, 225, 254, 269

Got, Patrice, 69
Gougeon, Romain, 241
Gouin, Jérôme, 217
Goulard, Fabienne, 98
Gourdier, Sébastien, 265
Gourgiotis, Alkiviadis, 145
Goussin, Fanny, 151, 279
Graff, Benjamin, 71
Graff, Kevin, 202
Graillot, Didier, 212
Graindorge, David, 47, 188
Granai, Salomé, 89
Grandjean, Philippe, 98
Granier, Guy, 334
Granjeon, Didier, 189
Grasso, Florent, 98, 199
Grataloup, Sandrine, 186
Gratuze, Bernard, 195, 233
Graveleau, Fabien, 173
Greff-Lefftz, Marianne, 127, 277, 327
Gregoire, Gwendoline, 145, 146
Grignard, Pierre-Alexandre, 51
Grimaud, Jean-Louis, 146
Grisot, Ghislaine, 63, 147
Grosbois, Cécile, 294, 306
Grosheny, Danièle, 147
Gruau, Gérard, 99, 132
Grybos, Malgorzata, 271
Guðmundsson, Águst, 320
Guégan, Solène, 320
Guéguen, Yves, 129
Gueguen, Philippe, 39
Guennoc, Pol, 37, 38, 307
Guérin, Roger, 319
Guerit, Laure, 148
Gueydan, Frédéric, 327
Guezennec, Anne-Gwenaëlle, 50
Guibert, Pierre, 170
Guignot, Sylvain, 187
Guihard, Pierre-Marie, 50
Guihou, Abel, 142
Guilcher, Marie, 256
Guillaso, Stéphane, 137
Guillaume, Benjamin, 159, 286
Guillaumot, Luca, 88, 148
Guillemot, Typhaine, 149
Guillerm, Emmanuel, 149
Guillocheau, François, 22, 45, 93, 96, 150, 151, 186, 192, 247, 262, 269, 280, 281, 293, 294
Guillot, Benoît, 31
Guillot, François, 20
Guillot, Stéphane, 5, 151, 279
Guillou, Hervé, 320
Guillou, Valéry, 289, 307
Guillou-Frottier, Laurent, 187, 279, 300
Guinault, Marion, 152
Guion, Caroline, 243
Guivel, Christèle, 75, 152
Gumiaux, Charles, 17, 76, 106, 153
Gunnell, Yanni, 288, 289
Gutscher, Marc-André, 37, 47
Guy, Bernard, 212
Guy, Laurent, 29, 282
Guyard, Hervé, 296
Guyomard, Patrick, 48, 177
Guyonnet, Benjamin, 31
Guyot, François, 227

Ha, Minh Cuong, 153
Hachemi, Abdelkader, 154
Hachemi, Kamel, 154
Hadach, Fatiha, 6, 155
Hadj Ammar, Friha, 100
Hajjar, Zaineb, 155
Hallal, Nassim, 35
Hallot, Erwan, 105, 152, 280
Hamane, Ghania, 156
Hamelin, Bruno, 100, 142
Hamil, Samira, 156
Hamon, Youri, 68
Hankard, Fatim, 135
Hannouche, Mani, 156
Hanot, Franck, 228
Hanquiez, Vincent, 235, 236, 299
Haquin, Sylvain, 134
Hardebol, Nico, 8
Harlaux, Matthieu, 157
Harmel, Alain, 219
Harmouzi, Hasnaa, 157
Hatem, Ebraheem, 20
Hauchard, Emmanuel, 289
Haurine, Frédéric, 158
Hayet, Michel, 183
Hébert, Ronan, 195
Hebert, Benoît, 237
Hebert, Ronan, 32, 120
Hegedus, Sarah, 329
Hellstrom, John, 240
Helouin, Stéphane, 94
Helvacı, Cahit, 11
Hémond, Christophe, 86
Hénaff, Alain, 167
Hénaff, Quentin, 158
Henocq, Pierre, 180
Henry, Benoît, 199
Henry de Villeneuve, Sybille, 166
Hentz, Robert, 30
Héquette, Arnaud, 84, 191
Hérail, Gérard, 287
Hermitte, Daniel, 101
Hernandez, Frédéric, 29
Hertgen, Solenn, 159, 160
Hesselbo, Stephen, 56
Hez, Gabriel, 288, 289
Hildebrand, Matthieu, 308
Hilton, Jason, 192
Hingray, Benoit, 66
Hippolyte, Jean-Claude, 48, 49
Hireche, Saad, 160
Hoareau, Guilhem, 29, 51, 88, 218, 244, 258
Hodel, Florent, 161
Hoeblich, Jean-Marc, 101
Hofmann, Andreas, 276
Hollender, Fabrice, 49, 307
Homberg, Catherine, 65
Homonnay, Emmanuelle, 162

Hopman, Jan, 46
Hormes, Anne, 241
Hormière, Hélène, 323
Howa, Hélène, 109
Howlett, Stephanie, 162, 284
Hoxha, Dashnor, 91
Huang, Wentao, 279
Hue, Charline, 163, 255
Hughes, Philip, 139
Hugot, Elsa, 220
Huguet, Arnaud, 84, 163, 226, 329
Humbert, Guillaume, 99
Humbert, Thomas, 323
Huneau, Frédéric, 52, 75, 76
Huret, Emilia, 56, 57, 141
Husson, Laurent, 164, 252, 254, 288
Huyghe, Damien, 280, 281, 317

Iakovleva, Alina, 216, 268
Idres, Mouloud, 164, 250
Ikenne, Moha, 23, 311
Ildefonse, Benoît, 298
Ilmen, Said, 23, 165
Imbert, Patrice, 82, 244
Imran, Andi Muhammad, 252
Innocent, Christophe, 165, 166
Inoubli, Mohamed Hedi, 58
Isambert, Aude, 166, 205
Issautier, Benoît, 186, 240
Izart, Alain, 20

Jabbar, Marie, 167
Jaboyedoff, Michel, 327
Jacob, Jérémy, 76, 194, 268, 274, 295, 305
Jacob, Thomas, 7
Jaeggi, David, 335
Jaffrezic, Anne, 99
Jaillet, Stéphane, 167, 168
Jalón Rojas, Isabel, 299
Jamet, Guillaume, 168, 169
Janneau, Kévin, 169
Janowski, Marianne, 170
Jardani, Abderrahim, 1, 103, 125
Jardé, Emilie, 99
Jarno, Armelle, 19, 318
Jaud, Marion, 98, 109
Jaudin, Florence, 46
Javel, Jean-Baptiste, 170
Jean-Soro, Liliane, 246, 262
Jeanneau, Laurent, 99
Jeffries, Teresa, 336
Jenny, Jean-Philippe, 333
Jentzer, Michaël, 52
Jewison, Ella, 171
Jézéquel, Didier, 69, 227, 234
Joachimski, Michael M., 336
Johannet, Anne, 212, 289
Joignant, Philippe, 13
Join, Jean-Lambert, 171
Jolivet, Laurent, 83, 106, 172, 279
Jolivet, Marc, 26, 105, 172
Jollivet, Patrick, 145
Jollivet-Castelot, Martin, 173
Jomard, Hervé, 24, 322
Jorry, Stephan, 87, 173
Joseph, Philippe, 68, 78
Jouanne, François, 235, 322
Jouet, Gwenael, 87, 145, 146, 173, 225, 248, 299
Jourde, Hervé, 29
Joussain, Ronan, 131, 174
Jullien, Franz, 168
Jumas-Bilak, Estelle, 77
Justice, Sophie, 174

Kaba, Mariama, 175
Kahn, Myrtil, 34
Kakeh, Nabil, 315
Katika, Konstantina, 121
Kavak, Kaan, 72, 196
Kéré, Inoussa, 263
Kergaravat, Charlie, 72, 196
Kermarrec, Jean-Jacques, 286
Kerr, Yann, 204
Kestens, Tim, 271
Kezirian, Francis, 28
Khal, Maryam, 155
Khaled, Houda, 175
Khalifa, Abdelali, 4
Khalifi, Amir, 282
Khemiri, Imed, 10
Kiki Sandoungout, Serge Nahed, 176
Kissel, Catherine, 131
Kister, Philippe, 82
Klein, Vincent, 143
Klingelhoefer, Frauke, 37, 47, 115, 136, 188, 258
Klinger, Yann, 178
Knecht, Bérénice, 244
Knoery, Joël, 65
Köng, Eléonore, 176, 177
König, Stephan, 152
Koptev, Alexandre, 177
Kouraev, Alexei, 137
Kremer, Antoine, 326
Kromer, Ryan, 327
Kruckenberg, Seth C., 321
Kuentz, Anna, 214
Kurtz, Robin, 178
Kuzucuoglu, Catherine, 154, 233

La, Carole, 45, 75, 152
Labasque, Thierry, 178
Labaume, Pierre, 87, 179, 182, 328
Labaune, Caroline, 332
Labrousse, Loïc, 171, 291
Lacanette, Delphine, 123
Lach, Adeline, 179, 180, 187
Lachhab, Ahmed, 42
Lacquement, Frédéric, 180, 265
Lacroix, Brice, 88
Lacroix, Elodie, 181
Lacroix, Pascal, 252
Lacrotte, Sylvie, 259
Ladouche, Bernard, 80
Lafaurie, Gérard, 229
Lafite, Robert, 77, 84, 104, 181, 191, 315
Laftouhi, Nour-Eddine, 212

Lagabrielle, Yves, 42, 87, 131, 182, 315, 328
Lague, Dimitri, 84
Lahfid, Abdeltif, 35, 42, 62, 83, 87, 106, 182
Laignel, Benoit, 130, 175, 321
Lalanne, Arnault, 110
Lamouri, Bachir, 182
Lamourou, Ali, 183
Lamy, Brigitte, 77
Lanari, Pierre, 5
Landrein, Philippe, 183, 293
Langouët, Loïc, 90
Lansard, Bruno, 271
Lansigu, Christophe, 174, 184
Lanteaume, Cyprien, 184, 185, 302
Laratte, Sébastien, 99
Lardeaux, Jean-Marc, 112, 119, 120, 162
Larmier, Salomé, 335
Larnier, Hugo, 285
Larroque, François, 119
Lasseur, Eric, 8, 10, 11, 64, 65, 85, 121, 150, 173, 185, 186, 247, 251, 252, 293, 307
Lassin, Arnault, 179, 180, 187
Lathuilière, Bernard, 322
Laumonier, Bernard, 250
Launay, Gaetan, 187
Launeau, Patrick, 26, 234, 305
Laurencin, Muriel, 47, 188
Laurent, Alexandra, 189
Laurent, Dimitri, 189
Laurent, Oscar, 234
Laurent-Dehecq, Amélie, 128
Lavenant, Nicolas, 88, 148, 295
Lavermann, Anniet, 329
Lays, Philippe, 294
Lazar, Iuliana, 322
Laziz, Ouided, 190
Leanni, Laetitia, 125
Le Bacquer, Alexandre, 190
Lebatard, Anne-Elizabeth, 11
Le Bayon, Benjamin, 95
Le Bescond, Chloé, 63, 147, 213
Leblanc, Jean-Claude, 123
Leblanc, Marc, 259
Lebon Tailhades, Emilie, 34
Le Borgne, Tanguy, 132, 135
Le Bot, Sophie, 24, 84, 181, 191, 315, 318
Le Bouffant, Naig, 108
Leboulanger, Christophe, 69
Leboulanger, Thierry, 94
Le Bourdonnec, François-Xavier, 195
Lebourg, Thomas, 211, 251
Lebrun, Jean-Frédéric, 47, 120, 188, 197
Le Carlier de Veslud, Christian, 163
Lechantre, Julia, 218
Leck, Arthur, 195
Leclerc, Boris, 100
Leclerc, Priscilla, 225
Le Cœur, Charles, 200
Lecoq, Nicolas, 125, 175, 315, 321, 325
Le Couls, Matthieu, 192, 230
Le Coz, Jérôme, 213
Lecoz, Jérôme, 147
Lecuyer, Christophe, 147
Le Dantec, Nicolas, 84, 98, 109, 111, 167, 299
Ledésert, Béatrice, 32, 120, 195
Le Faou, Yann, 48, 132, 177
Lefebvre, Bertrand, 323
Lefebvre, Sebastien, 98
Lefevre, Sabrina, 20
Le Floc'h, Emilie, 69
Lefort, Apolline, 196
Legal, Stéphane, 174
Le Gall, Bernard, 108, 111, 144, 192, 193, 270
Le Gallo, Clémence, 275
Legeay, Etienne, 72, 196, 258
Legendre, Lucie, 120, 197
LeGoff, Elizabeth, 300
Le Gouche, Chloé, 193
Legtchenko, Anatoli, 139
Le Hécho, Isabelle, 69
Le Hir, Guillaume, 127, 194
Le Hir, Pierre, 199
Le Houëdec, Sandrine, 228
Leibrandt, Sébastien, 197
Lelandais, Thomas, 198
Le Lay, Hugo, 295
Leleu, Sophie, 215, 216
Lelievre, Céline, 237
Le Mao, Patrick, 71
Lemarchand, Maxime, 50
Le Mercier, Julien, 98
Le Milbeau, Claude, 76, 194, 274, 295, 305
Lemilbeau, Claude, 306
Lemirre, Baptiste, 83, 198
Le Moine, Nicolas, 66
Lemoine, Jean-Philippe, 104, 199
Léonardi, Véronique, 29
Léonide, Philippe, 142, 185
Leonide, Philippe, 302
Leopold, Floriane, 153
Leparmentier, François, 131, 132, 327
Leparoux, Donatienne, 75
Lerouge, Catherine, 268
Le Roux, Olivier, 275
Leroux, Estelle, 254, 269
Le Roy, Pascal, 37, 111, 145, 146, 173
Leroy, Lucien, 102
Leroy, Stéphanie, 102
Leroy, Sylvie, 36, 177, 242
Leroyer, Chantal, 143
Lescanne, Marc, 242, 327
Lescoutre, Rodolphe, 200
Lescure, Séverine, 200
Lesourd, Sandric, 143, 239
Lesueur, Jean-Louis, 282
Léticée, Jean-Lén, 197
Letortu, Pauline, 109, 201, 210
Levacher, Daniel, 59, 293
Lévêque, François, 214
Lévêque, Jean, 143
Levoy, Franck, 84, 191, 255
Levrard, Romain, 234
Lezin, Carine, 29
Lhimr, Siham, 57, 201
Li, Laurent, 318
Li, Qiuli, 203

Liegeois, Jean-Paul, 311
Liénard, Etienne, 50
Lima, Alexandre, 153
Limaye, Ajay, 146
Limondin-Lozouet, Nicole, 89
Lin, Che-Jen, 333
Lin, Wei, 203
Lions, Julie, 80, 217
Liorzou, Céline, 320
Lissak, Candide, 202, 203
Liu, Zhifei, 174
Llubes, Muriel, 153
Lobjoie, Cyril, 203
Loget, Nicolas, 170, 185, 317
Loisy, Corinne, 215, 216, 275
Loncke, Lies, 117, 301
Long, Nathalie, 80
Longuevergne, Laurent, 88, 132, 135, 148, 295
Loparev, Artiom, 280
Lopes, Fernand, 277
Lopez, Michel, 72, 105, 258
Lopez, Teodolina, 204
Lorand, Jean-Pierre, 152
Lorscheid, Thomas, 316
Loubrieu, Benoît, 108
Loureiro, Afonso, 115, 136, 204, 258, 291
Louvet, Charles, 27
Lupker, Marteen, 287
Lutz, Marc, 174
Lutz, Pascale, 205

Maacha, Lhou, 4, 46, 111, 331
Machane, Djamel, 232
Macouin, Mélina, 161, 166, 205
Madé, Benoit, 199
Magalhaes, Vitor Hugo, 113
Mahenc, Laetitia, 69
Mahieux, Geoffroy, 207, 208, 311
Mahmoudi, Salah, 206
Maierová, Petra, 151
Maillard, Agnès, 307
Maillet, Grégoire, 84, 107–109, 126, 206, 273
Maillet, Marine, 263
Maison, Tatiana, 207, 208, 263
Majule, Amos, 84
Maksoud, Sibelle, 324
Malaize, Bruno, 131, 132
Malaurent, Philippe, 123
Malavieille, Jacques, 148
Malet, Jean-Philippe, 51, 202, 327
Malié, Pierre, 207, 208, 311
Mallet, Florian, 51
Malnar, Daniella, 262
Malounguila Nganga, Dieudonné Maurice, 3
Malusà, Marco Giovanni, 15
Manar, Ahmed, 274
Manatschal, Gianreto, 19, 200
Manen, Claire, 74
Mangenot, Xavier, 208, 209
Mansouri, Abdelbaki, 82
Manzoor, Malik, 322
Manzotti, Paola, 25
Maquaire, Olivier, 84, 118, 201–203, 210
Marasi, Landry, 87, 182
Marc, Vincent, 51
Marcaillou, Boris, 47, 188
Marchand, Pierre, 29
Marches, Elodie, 48, 210
Marçot, Nathalie, 211
Marcoux, Eric, 261
Marechal, Jean Christophe, 7
Marignac, Christian, 157
Marin, François, 19, 318
Markhi, Amal, 212
Marlin, Christelle, 319
Marquer, Didier, 203
Marriner, Nick, 316
Marsset, Bruno, 162, 284
Marsset, Tania, 117, 189, 301
Martel, Lucile, 7
Martelet, Guillaume, 12, 27, 180, 265
Marti, Florence, 214
Martin, Emmanuel L.O., 323
Martin, Guillaume, 300
Martin, Laure, 321
Martin, Loïc, 329
Martin, Noémie, 206
Martin, Philippe, 212
Martin, Romain, 51
Martin-Closas, Carles, 41
Martindale, Rowan, 322
Martinez, Mathieu, 29
Martinez, Philippe, 226
Martinez Arroyo, Maria Amparo, 76
Martinod, Joseph, 86, 159, 286
Masini, Emmanuel, 200, 282
Masrour, Aissa, 39
Massei, Nicolas, 130, 213, 224, 241, 289
Masson, Matthieu, 213
Massonnat, Gérard, 91, 302
Massussi, Massimo, 233
Massuyeau, Malcolm, 238
Mathé, Vivien, 214
Mathevet, Thibault, 66, 130, 214
Mathian, Maximilien, 215
Mathieu, Olivier, 143
Mathon, François, 136
Matias, Luís, 204, 291
Matonti, Christophe, 275
Matray, Jean-Michel, 335
Mattioni, Luca, 54
Maubec, Nicolas, 199
Maufrangeas, Adrien, 215, 216
Maurizot, Pierre, 268
Maury, Christine, 168
Maury, Tamara, 47
Maury-Brachet, Régine, 73
Mazabraud, Yves, 120, 197
Mazé, Jean-Pierre, 296
Mazet, Sylvain, 195
Mazier, Florence, 295, 296
Mc Carron, Stephen, 231
Mc Dermott, Frank, 231
Mear, Yann, 31
Meddi, M., 40
Medjkane, Mohand, 210

Medjoubi, Kadda, 297
Megevand, Laura, 26
Mehl, Caroline, 216
Meire, Baptiste, 217
Mekkaoui, Abderrahmane, 9, 122
Melleton, Jérémie, 44, 133, 187, 217, 229, 238, 245
Mellier, Benoît, 126
Menant, Armel, 218
Menar, Ahmed, 58
Ménard, Gilles, 218–220
Menezes Pinheiro, Luis, 113
Menniti, Christophe, 301, 334
Ménot, René-Pierre, 3
Menzer, R. L., 129
Mercadier, Julien, 26, 157
Mercier de lÉpinay, Jeanne, 120
Merdas, Brahim, 220
Merle, Didier, 16, 221
Merrien-Soukatchoff, Véronique, 221, 222
Meslouh, Saïd, 277
Mesnage, Valérie, 175, 269, 325
Messabeb, Hamdi, 222
Metzger, Edouard, 234, 305, 325
Meunier, Emmanuelle, 223
Meyer, Adrien, 223
Meyer, Bertrand, 170
Meysman, Filip, 305
Mezazigh, Salim, 224
Michaud, François, 106, 144
Michaud, Julie, 153
Michaut, Manon, 224
Michel, Charlotte, 191, 315
Michel, Elisabeth, 228
Michel, Guillaume, 108
Michel, Julien, 71
Migeon, Sébastien, 225, 286
Mignard, Salome, 226
Miguet, Johan, 185
Miladi, Yasmine, 227
Milesi, Vincent, 227
Millescamps, Bastien, 80
Millot, Romain, 217
Mindeguia, Jean-Christophe, 123
Minici, Sylvain, 179
Miquelis, Florian, 228
Missenard, Yves, 273
Mocochain, Ludovic, 91, 283
Mohn, Geoffroy, 72, 196
Mojtahid, Meryem, 109, 206, 228
Mokadem, Fatima, 233
Molina, Arnold, 29
Molliex, Stéphane, 18, 108, 269, 270
Monié, Patrick, 42, 52
Monin, Nathalie, 219
Monnet, Claude, 18
Monnier, Loïs, 229
Monod, Bernard, 7
Montargès-Pelletier, Emmanuelle, 103
Monteys, Xavier, 231
Monvoisin, Gaël, 133, 266
Morales, Luiz, 160
Moreau, Jean-David, 126, 229, 230
Morel, Nicolas, 192
Morel-Deville, Françoise, 324
Moreno, Eva, 131
Moreno, Philippe, 289
Moretti, Isabelle, 54, 281, 282
Morhange, Christophe, 316
Morichon, Denis, 84
Morin, Denis, 181
Morin, Eymeric, 72
Morin, Guillaume, 8
Morio, Cédric, 274, 305
Motelica-Heino, Mikael, 7, 76, 306
Motte, Edwige, 230
Mouazé, Dominique, 4, 134, 276, 303, 304
Mouchene, Margaux, 231
Mouchi, Vincent, 231
Moulin, Maryline, 14, 38, 115, 136, 204, 258, 262, 269, 291
Moulouel, Hakim, 232
Mourabit, Zahra, 232
Mouralis, Damase, 143, 233
Mouret, Aurelia, 234, 305
Mourgues, Régis, 198, 272, 335
Mouthereau, Frédéric, 35, 93, 124, 231, 272, 317, 331
Moyen, Jean-François, 234
Mugnier, Jean-Louis, 235, 322
Mulder, Thierry, 68, 226, 235, 236
Muller, Fabrice, 7, 306
Muller, Rémi, 29
Munch, Philippe, 197
Munck, Romain, 245
Munoz, Marguerite, 223, 236
Munschy, Marc, 120, 138
Murat, Anne, 237, 239
Murton, Julian, 237
Murzeau, Anaëlle, 99
Mustafa, Sahin, 39

Naaim-Bouvet, Florence, 297
Nabyl, Zineb, 238
Nachbaur, Aude, 306
Naessens, Fabien, 123
Nakamura, Michihiko, 79, 97
Nalpas, Thierry, 55, 61, 190, 238, 294
Nardin, Elise, 240
Naton, Henri-Georges, 89, 169
Navelot, Vivien, 120, 239
Navon, Maxime, 239
Nechenache, Farid, 276
Nederlof, Peter, 276
Négrel, Manon, 240
Negrel, Philippe, 77
Nehme, Carole, 240
Neige, Pascal, 140, 141
Néraudeau, Didier, 41, 126, 230, 241
Nexer, Maëlle, 18
Nguyen, T. Thu-Thao, 34
Nguyen, Thien-Thao, 34
Nguyen-Thuyet, Oriane, 216
Nicolle, Marie, 130, 241
Niemi, Nathan, 88
Niquil, Nathalie, 257
Nivière, Bertrand, 242
Noble, Stephen, 240

Noirez, Sonia, 275
Nomade, Sébastien, 11, 256
Nonn, Chloé, 242
Nord, Guillaume, 135
Novikoff, Tiphaine, 243
Noyes, Caroline, 168
Nujaim, Mutaz, 243
Nutz, Alexis, 244

Odonne, Francis, 82, 244, 245
Oehler, Jean-François, 13
Oguz, Kerem, 279
Olivier, Bellier, 48, 49
Olivier, Maxime, 245
Ollivier, Vincent, 307
Omrani, Mehrazin, 246
Orange, Christian, 246
Orange Ravachol, Denise, 247
Orberger, Beate, 105
Ortega, Carole, 186, 247
Ortiz, Alexandre, 248
Otmani, Housseyn, 248
Ottavi-Pupier, Elsa, 79, 97
Oualimehadji, Abdelkader, 122
Ouazzani-Touhami, Mohamed, 162
Ougadire, Mohamed, 249
Ourhzif, Zouhair, 249
Ournié, Bernard, 289
Ournié, Sylvette, 289
Outhounjite, Mohamed, 4
Ouyed, Merzouk, 250
Oxtoby, Norman, 329
Ozer, André, 154

Pace, Aurélie, 62
Padel, Maxime, 250
Pagel, Maurice, 66
Paicheler, Jean-Claude, 324
Pailler, Yvan, 144, 299
Paillet, Jérôme, 95
Pajon-Perrault, Nathalie, 324
Pakyuz Charrier, Evren, 312
Palis, Edouard, 251
Palma Lopes, Sérgio, 118
Palumbi, Guilio, 233
Pambo, Florent, 105
Panay, Josselin, 63, 213
Pannet, Pierre, 265
Paola, Chris, 146
Paquet, Fabien, 37, 38, 64, 173, 251, 252, 309
Paquette, Jean-Louis, 3, 317
Paran, Frédéric, 212
Parashar, Rishi, 314
Pariente, Mickaël, 71
Paris, Céline, 267
Parisot, Jean-Claude, 42, 101
Parize, Olivier, 282
Pasqualini, Vanina, 76
Pasquier, Amandine, 328
Passera, Anaïs, 52
Pastier, Anne-Morwenn, 164, 252, 254, 288
Pastor, Amandine, 253
Pastor, Raphaël, 181
Patin, Colène, 50
Patrier, Patricia, 66, 330
Paul, Marine, 299
Paulin, Fabienne, 253
Pedoja, Kevin, 18, 37, 164, 252, 254, 288
Pédron, Nicolas, 119
Pellen, Romain, 254, 269
Pellenard, Pierre, 56, 57, 81, 140, 141, 163, 255
Pellerin, Matthieu, 184, 185, 275, 328
Pellerin Le Bas, Xavier, 255
Pelleter, Ewan, 256
Pelote, Alice, 251
Pennequin, Didier, 94
Pennetier, Elisabeth, 134
Pennetier, Gérard, 134
Pennober, Gwenäelle, 84
Perchey, M.-C., 134
Péré, Eve, 51, 218
Pereira, Alison, 256
Perez, Laurent, 134, 276
Perez-Huerta, Alberto, 336
Perrin, Charles, 303
Perrin, José, 27, 180, 265
Perrin, Mireille, 11
Perrin, Thomas, 195
Perrot, Julie, 278
Petersen, Jade, 100
Pétillon, Gaëlle, 262
Petit, Carole, 125
Petit, Fabienne, 77, 224
Petitjean, Patrice, 99
Petton, Sébastien, 145
Pezy, Jean-Philippe, 31, 134, 257
Philip, Aurélio, 166, 205
Philippe, Sylvie, 98, 143
Philippon, Mélody, 120, 197
Picart, Carole, 93
Pichat, Alexandre, 72, 196, 258
Pichavant, Michel, 153, 187
Pickford, Martin, 93
Picornell, Virginie, 228
Picot, Laurent, 134
Picot, Marie, 189
Pierre, Catherine, 108
Pierre, Delphine, 296
Pierret, Marie-claire, 139
Pierson-Wickmann, Anne-Catherine, 132, 241
Pik, Raphaël, 35, 36, 124, 171, 302, 317
Pimienta, Lucas, 129
Pinheiro, Joao Marcelo, 136, 258
Pinna-Jamme, Rosella, 8
Piro, Jean-Luc, 334
Piromallo, Claudia, 20
Pironon, Jacques, 285
Pistre, Séverin, 29, 259
Pitra, Pavel, 95
Pittet, Bernard, 323
Plat, Emmanuelle, 265
Platel, Jean-Pierre, 230
Pochat, Stéphane, 45, 198
Poignant, Loïck, 168, 259
Poirier, Clément, 260, 276, 303, 304
Poitevin, Charly, 179

Poitrenaud, Thomas, 261
Poizot, Emmanuel, 31, 237
Polette, France, 126, 241, 261
Poli, Emmanuelle, 68, 71, 87, 173
Pons-Branchu, Edwige, 85, 104, 252, 254, 262
Ponte, Jean-Pierre, 262
Portier, Eric, 66, 272, 330
Potel, Sébastien, 207, 208, 263, 311, 314
Pothin, Virginie, 126
Pouderoux, Hugo, 106, 144, 266
Poujol, Marc, 25, 26, 42, 59, 62, 105, 141, 152, 163, 182, 198, 241, 250, 255, 263, 280
Poulier, Gaëlle, 147
Poulin, Chloé, 100, 264
Pozzi, Jean-Pierre, 17
Préat, Alain, 3
Prémaillon, Mélody, 211, 264
Prévot, Laurent, 132
Prigent, Cécile, 298
Principaud, Mélanie, 68, 235, 236
Prognon, François, 180, 265
Projet OROGEN, 124, 272, 317, 331
Proudhon, Benoit, 207
Proust, Jean-Noël, 106, 144, 266
Provost, Floriane, 327
Psomiadis, David, 101
Pucéat, Emmanuelle, 81, 92, 140

Quantin, Cécile, 133, 266
Queffelec, Alain, 123, 267
Quesne, Didier, 209
Quesnel, Florence, 216, 267, 268
Quijada, Melesio, 70
Qvarnstrom, Martin, 336

Rabiet, Marion, 271
Rabineau, Marina, 37, 38, 189, 248, 254, 262, 269
Rabinowicz, Michel, 204
Rabouille, Christophe, 30, 271
Radimy, Raymond Tojo, 269
Raimbault, Céline, 107, 108, 270
Raimbourg, Hugues, 17
Ramboz, Claire, 60
Ramillien, Guillaume, 153, 204
Ramos Medina, Michaël, 84
Ramothe, Vivien, 270
Ramstein, Gilles, 318
Randla, Mirjam, 301
Rangeard, Damien, 222
Raoux, Aurore, 257
Rapin, Anne, 271
Rasse, Michel, 143
Rassmann, Jens, 271
Rat, Juliette, 272
Ratzov, Gueorgui, 22, 144, 225
Ravestein, Johannes, 276
Ravier, Edouard, 198, 272
Ravilly, Morgane, 332
Ravon, Anne-Lyse, 230
Raynaud, Félix, 259
Razin, Philippe, 273
Razmjooei, Mohammad, 81
Recanati, Alice, 273
Receveur, Mylène, 28
Redois, Fabrice, 126
Regard, Vincent, 84, 86, 107, 108, 242, 254, 264, 270, 273, 287, 317
Réhault, Jean-Pierre, 307
Reijmer, John, 235
Rejiba, Fayçal, 277
Rémicourt, Maxime, 195
Remini, Boualem, 154
Rémy, Philippe, 152
Renaud, Cécile, 217
Reninger, Pierre-Alexandre, 27, 180, 265, 306
Replumaz, Anne, 151, 235, 279
Réty, Maxime, 274
Révillon, Sidonie, 38, 87
Reynaud, Jean-Yves, 70, 123
Reyss, Jean-Louis, 305
Rezouki, Ibtissam, 274
Rhino, Kevins, 275
Ribeiro, Lourenço, 98
Ribes, Charlotte, 72
Riboulleau, Armelle, 70
Riboulot, Vincent, 162, 284
Richard, Aloïs, 214
Ricordel-Prognon, Caroline, 268
Riera, Rosine, 275
Rieux, Alissia, 276, 303
Righini, Céline, 183
Rigollet, Christophe, 276
Rigoti, Caesar, 38, 115
Ringenbach, Jean-Claude, 72, 83, 196, 242, 258
Riotte, Jean, 215
Riquelme, Rodrigo, 287
Riquier, Laurent, 92
Ritz, Jean-François, 178
Rivière, Agnès, 89, 277
Riviere, Camille, 94
Rizza, Magali, 178, 307
Robert, Boris, 127, 277
Robert, Jean-François, 62
Robert, Xavier, 252
Robert-Barzman, Elisabeth, 278
Robin, Anne-Kyria, 233
Robin, Cécile, 22, 45, 96, 150, 151, 248, 262, 280, 281, 294
Robin, Nicolas, 278
Robin-Guillocheau, Cécile, 193
Robinet, Jean-Charles, 199
Roche, Emile, 268
Roche, Vincent, 279
Rochette, Pierre, 11
Rodriguez, Sophie, 105
Roger, Françoise, 280
Roger, Frédéric, 77
Rohais, Sébastien, 281, 282
Rolando, Jean-Paul, 302
Rolf, Romer, 157
Rolfe, Christopher, 139
Rolland, Xavier, 128
Rollet, Claire, 71
Romagny, Adrien, 112, 162
Roose-Amsaleg, Céline, 329
Roperch, Pierrick, 151, 279

Roseau, Bertrand, 169
Rosenberg, Claudio, 171
Rossana, Martini, 280
Rossignol, Camille, 163, 255, 280
Rossignol, Linda, 283
Rouadjia, Anna, 211
Rouai, Mohamed, 42, 157, 274, 337
Rouby, Delphine, 280, 281
Rouchon, Virgile, 208, 209, 275
Rougier, Géraldine, 12
Roulland, Thomas, 210
Rousse, Sonia, 166, 205
Rousseau, Tristant, 334
Roussel, Nicolas, 153
Rouzaud, Jean-Noël, 123
Rovere, Alessio, 316
Roy-Barman, Matthieu, 104, 262
Ruban, Véronique, 33, 246
Rubi, Romain, 281, 282
Rubin, Yoram, 89
Rubino, Jean-Loup, 78, 123, 193, 244, 254, 269, 282, 283
Rueda, Thibault, 185
Ruffet, Gilles, 59, 105, 268
Ruffine, Livio, 108
Ruiz, Laurent, 132

Sabatier, François, 84
Sabatier, Pierre, 305, 333
Sabil, Naïma, 219
Sabine, Marjolaine, 162, 176, 283, 284
Sadou Epse Hamdidouche, Ouassila, 284
Sahabi, Mohamed, 37, 47
Saiag, Jessica, 66, 85, 121
Sailhac, Pascal, 285
Saint Martin, Jean-Paul, 241
Saint Martin, Simona, 241
Sakho, Issa, 116
Salardon, Roland, 285
Salmon, Fabien, 123
Salpin, Marie, 193
Salvi, Stefano, 229
Salze, Méline, 286
Samai, Saddek, 250
Samalens, Kevin, 286
Samson, Germain, 94
Sanchez, Caroline, 287
Sancho-Tomas, Maria, 297
San Pedro, Laurine, 132, 176
Saravanan, S., 294
Sarazin, Gérard, 69
Sarfati, Sharon, 123
Sarıkaya, Mehmet Akif, 15, 287
Sarr, Anta-Clarisse, 164, 254, 263, 288
Sarre, Tiffany, 174
Sartégou, Amandine, 288, 289
Sassi, Mariem, 329
Saucède, Thomas, 11
Saulet, Pierre, 223
Sauquet, Eric, 71
Sauter, Daniel, 19
Savary, Michaël, 289
Savary, Xavier, 74
Savoye, Nicolas, 65
Scaillet, Stéphane, 171
Scalabrin, Carla, 47, 108
Scalabrino, Bruno, 125
Schaal, Caroline, 169
Schäfer, Jörg, 73
Schmidt, Sabine, 225, 230
Schmitt, Anais, 164
Schmitt, Anne-Désirée, 63
Schmitt, Thierry, 48
Schmitz, Julien, 281
Schnabel, Michael, 47
Schneider, Jean-Luc, 31, 176, 177, 290, 320
Schnell, Clotilde, 291
Schnurle, Philippe, 14, 115, 136, 258, 291
Schnyder, Jara, 235
Schnyder, Johann, 193, 268
Schoeneich, Philippe, 297
Schroëtter, Jean-Michel, 45, 292
Schubert, Carsten, 149
Schuite, Jonathan, 88
Schulmann, Karel, 151
Schuster, Mathieu, 244
Schwab, Roland, 102
Sebane, Abbes, 292, 310
Sedrati, Mouncef, 84
Seidel, Jean-Luc, 29, 334
Seifi, Sahar, 293
Serin, Jean-Paul, 179, 187, 222
Serrano, Olivier, 64, 186, 247, 307
Sévenier, Magali, 293
Sevin, Brice, 268
Shabanian, Esmaeil, 307
Shumskikh, Nikita, 294
Siani, Giuseppe, 85
Si Bachir, Roza, 22
Siby, Sophie Gladima, 116
Silenziario, Carmine, 254
Silva, David, 153
Silva-Filho, E., 334
Silva Jacinto, Ricardo, 162
Simon, Brendan, 150, 294
Simon, Nataline, 295
Simonin, Jean-Pierre, 43
Simonis, Jules, 129
Simonneau, Anaëlle, 7, 76, 295, 296, 305
Simplet, Laure, 24, 111, 296
Sirieix, Colette, 123
Sitzia, Luca, 290
Six, Delphine, 297
Sizaret, Stanislas, 60, 187
Sizun, Jean-Pierre, 85, 209
Smith, Thierry, 268
Soares, José, 14, 115, 291
Soete, Jeroen, 121, 325
Soliva, Roger, 300
Somogyi, Andrea, 297
Song, Yue, 224
Sonke, Jeroen, 65
Soret, Mathieu, 298
Sorin, Jean-Luc, 118
Sorriaux, Patrick, 288, 289
Sottolichio, Aldo, 14, 84, 299

Soulaimani, Abderrahmane, 212
Soulet, Quentin, 225
Spada, Giorgio, 316
Spéléo-clubs Arize et Haut-Sabarthez, 289
Srasra, Ezzeddine, 206
Stab, Martin, 36
Steinmann, Marc, 85
Stéphan, Pierre, 26, 84, 144, 299, 326
Stockhecke, Mona, 149
Storme, Jean-Yves, 268
Stouvenot, Christian, 267
Strullu-Derrien, Christine, 126
Strzerzynski, Pierre, 198
Suanez, Serge, 84, 326
Suarez-Ruiz, Isabel, 88
Suchorski, Krzysztof, 334
Sue, Christian, 286
Surmely, Frédéric, 300
Suteau, Adrien, 238
Suzanne, Mathieu, 123
Swennen, Rudy, 8, 121, 325
Sylvestre, Florence, 55

Tabit, Abdelhalim, 232
Tachikawa, Kazuyo, 296
Tafforeau, Paul, 230
Taillefer, Audrey, 300
Tal, Michal, 126
Tallec, Gaëlle, 127
Tallobre, Cédric, 117, 301
Tartèse, Romain, 26, 59, 141, 263
Tassy, Aurélie, 283
Team Magic, 14
Team Salsa, 136, 258
Teinturier, Stéphane, 78
Teixell, Antonio, 179, 328
Teles, Vanessa, 68
Temiz, Haluk, 72
Temple Boyer, Pierre, 34
Tendil, Anthony, 91, 142, 185, 302
Tepongning Megnifo, Hervé, 211
Ternois, Sébastien, 302
Terrier, Morgane, 303
Tertre, Emmanuel, 63
Tessier, Bernadette, 37, 38, 71, 134, 251, 252, 260, 276, 303, 304
Tessier, Emmanuel, 73
Thadée, Anne-Laure, 187, 304
Tharaud, Mickael, 329
Théry-Parisot, Isabelle, 123
Thibault, Alexandre, 305
Thibault, Nicolas, 56, 81
Thibault de Chanvalon, Aubin, 234, 305
Thiebault, Thomas, 7, 274, 306
Thiéblemont, Denis, 310
Thiery, Yannick, 203, 217
Thil, François, 262
Thinon, Isabelle, 37, 38, 64, 173, 186, 251, 252, 307, 309
Thirel, Guillaume, 71
Thiry, Médard, 165
Thollon, Maude, 28
Thomas, Franck, 49, 307
Thomas, Jérôme, 308
Thomas, Yannick, 173
Thomas, Zahra, 295
Thomazo, Christophe, 62, 92
Tibari, Bouchaïb, 288, 289, 302, 317
Tisnérat-Laborde, Nadine, 271
Tissoux, Hélène, 180, 265, 330
Tlili, Mohamed, 2
Todisco, Dominique, 143, 308
Tokay, Bulent, 279
Toqeer, Muhammad, 309
Tortosa, Thierry, 309
Touahria Sebane, Abdia, 292, 310
Toucanne, Samuel, 162, 173, 228, 284
Touir, Jamel, 183
Toullec, Renaud, 207, 208, 223, 311
Toummite, Abdeslam, 114, 311, 312
Tourlière, Bruno, 44, 64, 180, 265, 312, 326
Tournadour, Elsa, 68, 235, 236
Tournaire Guille, Baptiste, 313
Tournassat, Christophe, 199
Toussaint, Flora, 271
Tran, L. Thanh-Thien, 34
Tran-Thi, Nhu-Trang, 34
Tranquart, Simon, 303
Traoré, Adissa, 123
Trap, Pierre, 133, 203
Trentesaux, Alain, 98
Triantafyllou, Antoine, 161
Tribovillard, Nicolas, 20, 70
Tric, Emmanuel, 251
Trindade, Ricardo, 161
Tripot, L., 310
Tronchère, Hervé, 53
Trouvé, Quentin, 313
Trullenque, Ghislain, 263, 314
Truong, Thanh-Toan, 123
Tudryn, Alina, 301
Tuduri, Johann, 238, 279
Tugend, Julie, 19
Tulomba Niemba, Fortune, 314
Turki, Imen, 315

Uesugi, Kentaro, 79, 97
Ulrich, Marc, 19
Urbanova, Petra, 170
Urien, Pol, 141
Uzel, Jessica, 182, 315

Vacchi, Matteo, 316
Vacherat, Arnaud, 35, 93, 317
Vadsaria, Tristan, 318
Vah, Mélanie, 19, 318
Valdes, Danièle, 319
van den Driessche, Jean, 95, 170
van der Beek, Peter, 231
Vanderhaeghe, Olivier, 234, 321
Vandromme, Rosalie, 306
Vandycke, Sara, 27, 107, 121, 278
Vanexem, Antonin, 321
van Gessel, Serge, 46
Van Ngo, Viet, 294
Vannière, Boris, 321
van Strien, Willem, 276

van Vliet-Lanoë, Brigitte, 25, 107, 110, 166, 290, 319, 320
Vasquez, Lina, 238
Vassallo, Riccardo, 235, 322
Vasseur, Raphaël, 322
Vaucher, Romain, 323
Vauchez, Alain, 182, 328
Vella, Claude, 126, 206
Veltz, Isabelle, 324
Vennemann, Torsten, 26
Vennin, Arnaud, 325
Vennin, Emmanuelle, 62
Verati, Chrystele, 119, 120
Verbiest, Michaël, 8, 121, 325
Verdet, Cécile, 123
Verdin, Florence, 313, 326
Verheyden, Anouk, 240
Verheyden, Sophie, 240
Verney, Romaric, 98, 104, 199
Vernhet, Yann, 186
Verpoorter, Charles, 98, 321
Verron, Héloïse, 226
Vetel, William, 190
Viana, Adriano, 14, 38, 115, 136, 258, 291
Vic, Guillaume, 245, 326
Vicelli, Joséphine, 228
Vicente de Gouveia, Sophie, 327
Vidal, Jean-Philippe, 71
Vidal, Maurin, 251
Vidal, Olivier, 5
Vidier, Diane, 20
Viel, Vincent, 202
Viéville, Maxime, 327
Vignol-Lelarge, Lidia, 219, 220
Vignon, Violaine, 235
Villard, Justine, 328
Villard, Pauline, 314
Villaros, Arnaud, 234
Villemant, Benoit, 92
Villeneuve, Michel, 280
Villeneuve, Quentin, 328
Vincent, Benoît, 329
Vinciguerra, Constance, 215
Vines, Marylou, 45
Vinicius de Lima, M., 115
Viollier, Eric, 329
Virgone, Aurélien, 227
Virolle, Maxime, 66, 330
Vissac, Carole, 72
Visscher, Pieter, 62
Viville, Daniel, 285
Voinchet, Pierre, 256, 288, 330
Voisin, Vincent, 324
Vullo, Romain, 134

Wacquier, Loris, 279
Wadnerkar, Praktan, 126
Wafik, Amina, 46, 111, 155, 331
Wagner, Stefanie, 326
Waldner, Maxime, 35, 331
Walker, Patrice, 24, 332
Wallmach, Thomas, 96
Wang, Xun, 333
Warren, Clare, 5
Waters, Jen, 329
Watts, Anthony, 12
Weill, Pierre, 276, 303, 304
Wenk, Hans-Rudolf, 51
Whitehouse, Martin, 336
Wiesenberg, Guido, 163
Wilhelm, Bruno, 66, 116, 333
Wille, Guillaume, 199
Willequet, Olivier, 275
Williamson, David, 84
Wilmouth, Anne, 181
Wuilleumier, Arnaud, 119, 186
Wyns, Robert, 108, 270

Yamato, Philippe, 159, 160, 298
Yang, Zhang, 279
Yans, Johan, 268
Ydri, Ahmed, 60, 164
Ye, Jiing, 280
Ye, Jing, 281
Yeghicheyan, Delphine, 334
Yelles-Chaouche, A.K., 35
Yessoufou, Soulemana, 3
Yıldırım, Cengiz, 287
Young, Adam, 109
Yu, Catherine, 335
Yu, Zhaojie, 334
Yuan, Wei, 333

Zaghloul, Mohamed Najib, 113
Zakharova, Elena, 137
Zanella, Alain, 335
Zaragosi, Sébastien, 67, 131, 132, 176, 177, 283
Zargouni, Fouad, 206
Zeh, Armin, 26, 234
Zelano, Isabella, 103
Žigaite-Moro, Živile, 336
Zimmermann, Laurent, 288, 289
Ziouit, Khaldia, 310
Zouhair, Attima, 337
Zouhair, Mohamed, 4
Zouhri, Lahcen, 205

Partenaires

Normandie Université

cnrs INSU Observer & comprendre

SGF Société Géologique de France Des géologues au service de la société

UNICAEN UNIVERSITÉ CAEN NORMANDIE

UNIVERSITE DE ROUEN

UNIVERSITÉ LE HAVRE

SCALE sciences appliquées à l'environnement

Ecce Terra Observatoire des Sciences de l'Univers UPMC - INSU

RÉGION NORMANDIE

Calvados LE DÉPARTEMENT

CaenlaMer COMMUNAUTÉ D'AGGLOMÉRATION

CAEN Normandie

eau seine NORMANDIE Agence de l'eau

académie Caen MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE

Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère Culture Communication Direction régionale des affaires culturelles de Normandie

APGN Association Patrimoine Géologique de Normandie

Association Professeurs Biologie Géologie Régionale de CAEN

AQUILA CONSEIL
Géosciences Environnement

analytikjena
An Endress+Hauser Company

ASSOCIATION DES SEDIMENTOLOGISTES FRANCAIS

ASTELLOG

Géosciences pour une Terre durable
brgm

CCGM
CGMW

Cerema

creocean
Environnement & océanographie

DUNOD
ÉDITEUR DE SAVOIRS

EAGE
EUROPEAN ASSOCIATION OF GEOSCIENTISTS & ENGINEERS

EPC
GROUPE

GEOREVA
L'INSTRUMENTATION GÉOPHYSIQUE SUR MESURE

IRIS
instruments

Leica
MICROSYSTEMS

Lundin
Petroleum

mds

OPHELEIA Instruments
nu instruments

OPTIC ELECTRONIC OPEA
Cathodoluminescence Optical & Sem
www.opea.fr ng.hoan@yahoo.fr

PRESI

Service d'Analyse des Roches et des Minéraux
SARM

Schlumberger

Séolane
BARCELONNETTE

Séverine Eudes
Photographe

TOTAL
COMMITTED TO BETTER ENERGY

UniLaSalle
Terre & Sciences

Thin Section Lab
http://www.thinsectionlab.com

Nos implantations

La Rochelle, Languedoc-Roussillon, PACA-Corse,

Bretagne, Normandie, Sud-Ouest, Maroc, Pacifique,

Caraïbes, Océan Indien, Qatar,

Nouvelle-Calédonie,

Indonésie, Brésil

Études environnementales

Reconnaissances sédimentaires, inventaires du patrimoine et des ressources marines, schémas d'aménagements et de gestion, suivi de rejets, études réglementaires...

Aménagements côtiers

Projets de construction, d'aménagement et de restauration portuaires ou littoraux, ingénierie marine, gestion des dragages, défense des côtes contre l'érosion, prévention des risques naturels littoraux...

Projets offshore

Energies Marines Renouvelables, industrie pétrolière, aquaculture, extractions de granulats, routes de câbles sous-marins et infrastructures diverses...

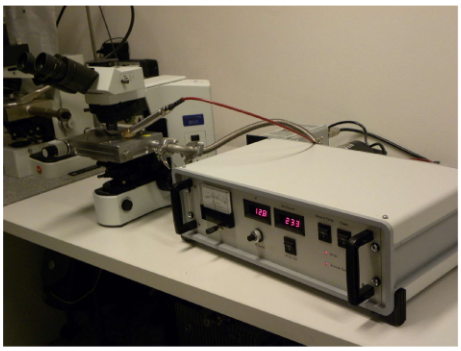
L'expertise scientifique au service des territoires littoraux et de l'océanographie

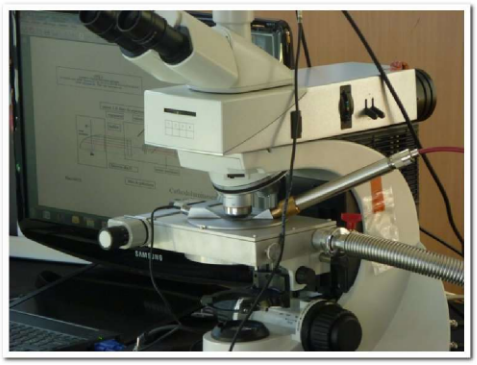
creocean
GROUPE KERAN

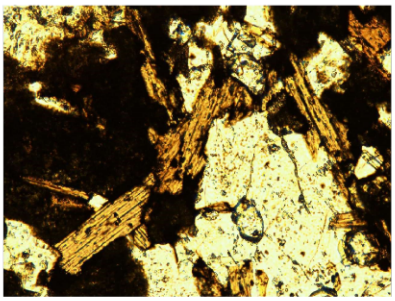
Siège social Créocéan
Zone Technocéan / Chef de Baie - Rue Charles Tellier - 17000 La Rochelle - France
tél. +33 (0)5 46 41 13 13 - Fax. +33 (0)5 46 50 51 02 - Couriel : creocean@creocean.fr - web : www.creocean.fr

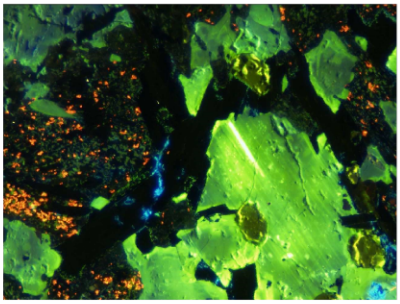
OPTIC ELECTRONIC OPEA

Cathodoluminescence Optical & Sem









Hight fiability: Guarantee two years
Cold gun or Hot gun (on option)

Our customers: Universities Paris UPMC, Geneva, Lausanne, Besançon, Toulouse, Grenoble, Lyon, Poitier, Bordeaux, PAU TOTAL, AREVA, CEA, Orléans, Brgm, ...

Optic Electronic OPEA 8B, rue Jean Jacques Rousseau F-94120 Fontenay-sous-Bois www.opea.fr mail to: ng.hoan@yahoo.fr

---

GEOREVA

L'INSTRUMENTATION GÉOPHYSIQUE **SUR MESURE**

Notre entreprise GEOREVA est spécialisée depuis plus de 20 ans dans la vente et la location d'appareils de mesures geophysiques. Nous fournissons également tous les accessoires ainsi que les logiciels d'analyse géophysiques. Basée à l'ouest de Rennes, nous rayonnons sur toute la France, l'Europe et l'Afrique franncophone. Notre gamme de matériels géophysiques couvre l'ensemble des méthodes de mesures, comme la résistivité, la sismique, le géoradar, la gravimétrie ... Retrouvez toutes les informations détaillées sur notre activité sur notre site internet www.georeva.eu.
Contactez-nous au +33 (0) 299 85 16 54. A bientôt !

www.rst-sgf.fr

Caen - France

Caen

RST 2016

24-28

octobre 2016

Logo RST : CNRS - Univ. Caen - M2C
Conception couverture : Sébastien GARNAUD - SGF

© BRGM - R. Coëffé (vue sur le Cap de la Percée depuis la plage d'Omaha Beach, falaise calcaire du Bathonien