

Beauvais, 22-24 octobre 2019

17^{ème}

CONGRÈS
FRANÇAIS
DE
SÉDIMENTOLOGIE

LIVRE DES RÉSUMÉS



17^{ème} Congrès Français de Sédimentologie

Campus d'UniLaSalle Beauvais

22-23-24 octobre 2019



REMERCIEMENTS

L'organisation du 17^{ème} Congrès Français de Sédimentologie a été rendue possible grâce au soutien :

- De la région Haut de France
- De TOTAL
- Du BEICIP – FRANLAB
- De l'IFREMER
- De la Société Géologique de France (SGF)
- De l'Association des Professeurs de Biologie Géologie (AGBP)
- Du Musée Virtuel Albert de Lapparent
- De l'Agglomération du Beauvaisis.

Nous tenons à remercier tout particulièrement :

- Les membres de l'équipe B2R et d'UniLaSalle qui ont contribué à l'organisation de ce congrès
- Le bureau de l'ASF
- Les animateurs des sessions scientifiques
- Les organisateurs des excursions géologiques
- Les conférenciers invités



Comité d'Organisation de l'ASF 2019

Coordinatrice : Sandra BROCHERAY (B2R UniLaSalle)

Julien BAILLEUL (B2R, UniLaSalle)
Olivier BAIN (Collège Géosciences, UniLaSalle)
Pascal BARRIER (Collège Géosciences, UniLaSalle)
Vincent CARON (B2R, UPJV)
Cécile CHANTRELLE (Communication, UniLaSalle)
Nathalie LERMURIER (Collège Géosciences)
Geoffroy MAHIEUX (B2R, UPJV)

Camille PAQUE (Chargée de mission ASF2019, UniLaSalle)
Sébastien POTEL (B2R, UniLaSalle)
Philippe THURET (Communication, UniLaSalle)
Renaud TOULLEC (B2R, UniLaSalle)
Elodie VELIUS (Relations Entreprises, UniLaSalle)

Comité scientifique

Présidente du Conseil : Sandra BROCHERAY (B2R UniLaSalle)

Simon ANDRIEU (BRGM)
Eric ARMYNOT DU CHATELET (LOG, Univ. Lille)
Julien BAILLEUL (B2R, UniLaSalle)
Olivier BAIN (Géosciences, UniLaSalle)
Jocelyn BARBARAND (Géosciences Paris Sud)
Pascal BARRIER (B2R, UniLaSalle)
Maria-Angela BASSETTI (CEFREM, Uni. Perpignan)
Jean-Philippe BLOUET (Univ. Fribourg)
Clara BOLTON (CEREGE, Univ. Aix-Marseille)
Jessica BONHOURE (AGHYLE, UniLaSalle)
Jean BORGOMANO (CEREGE, Univ. Aix-Marseille)
Sylvie BOURQUIN (Géosciences Rennes)
Benjamin BRIGAUD (GEOPS, Univ. Paris Sud)
Vincent CARON (B2R, UPJV)
Frank CHANIER (LOG, Univ. Lille)
Eric CHAUMILLON (LIENSs, Univ. La Rochelle)
El Hassane CHELLAI (Univ. Marrakesh)
Vincent DELHAYE-PRAT (TOTAL)
Rémy DESCHAMP (IFPEN)
Pascal DEPAEPE (INRAP)
Julien DUQUENNOY (GEOLAB, UniLaSalle)
Isabelle FAROUT (STIM, UniLaSalle)
Charlotte FILLON (TOTAL)
François FOURNIER (CEREGE, Univ. Aix-Marseille)
Jean-François GHIENCE (IPGS, Univ. Strasbourg)
Laurent GINDRE-CHANU (Geosciences Consultant)
Jean-Pierre GIRARD (TOTAL) -
Blandine GOURCEROL (BRGM)
Didier GRANJEON (IFPEN)
Fabien GRAVELEAU (LOG, Univ. Lille)
Jean-Louis GRIMAUD (Mines-ParisTech)
François GUILLOCHEAU (Géosciences Rennes)

Vincent HANQUIEZ (EPOC, Univ. Bordeaux)
Stephan JORRY (IFREMER)
Eric LASSEUR (BRGM)
Erwan LE BER (IODP, Univ. Leicester)
Sophie LE BOT (M2C, Univ. Caen)
Sophie LELEU (Bordeaux-INP)
Philippe LEONIDE (CEREGE, Univ. Aix-Marseille)
Sylvie LEROY (ISTEP, Sorbonne Université)
Gaël LYMER (Earth Sciences Research Group, Univ. Birmingham)
Geoffroy MAHIEUX (B2R, UPJV)
Mathieu MARTINEZ (Géosciences Rennes)
Thierry MULDER (EPOC, Univ. Bordeaux)
Olivier PARIZE (ORANO)
Alexandre PICHAT (E2S, Univ. Pau)
Sébastien POTEL (B2R, UniLaSalle)
Olivier POURRET (AGHYLE, UniLaSalle)
Aurélia PRIVAT (Stratigraphy Group, Univ. Leeds)
Florence QUESNEL (BRGM)
Philippe RAZIN (ENSEGID, IPB)
Jean-Yves REYNAUD (LOG, Univ. Lille)
Cécile ROBIN (Géosciences Rennes)
Sébastien ROHAIS (IFPEN)
Jean-Loup RUBINO (TOTAL) -
Pierre SABATIER (EDYTEM, Univ. Savoie Mont Blanc)
Julien SCHMITZ (IFPEN)
Mathieu SCHUSTER (IPGS, Univ. Strasbourg) -
Nadia SENECHAL (EPOC, Univ. Bordeaux)
Bernadette TESSIER (M2C, Univ. Caen Normandie)
Renaud TOULLEC (B2R, UniLaSalle)
Alain TRENTESAUX (LOG, Univ. Lille)
Nicolas TRIBOVILLARD (LOG, Univ. Lille)

PROGRAMME

Mardi 22 Octobre 2019
8h30 – 9h Accueil des participants

Amphithéâtre 1		
Session 1.1	Erosion, transfert et sédimentation des particules : la démarche source-to-sink à l'échelle des bassins sédimentaires C. ROBIN, C. FILLON, E. LASSEUR et F. GUILLOCHEAU	
9h - 9h20	Bilans Source-to-Sink quaternaire et actuel d'un système éolien remarquable: Cas du bassin du Lut (Iran)	L. BARRIER <i>et al.</i>
9h20 - 9h40	Denudation history of the French Massif Central: new insights from thermochronology, basement-basin cross-sections and semi-automated planation surfaces mapping	P. BESSIN <i>et al.</i>
9h40 - 10h	A dusty planet: Mars deposits revisited	S. FERRY
10h - 10h20	Patterns of organic carbon enrichment in a lacustrine system across the K-T boundary: Insight from a source-to-sink analysis of the Yacoraite Formation, Salta rift basin, Argentina	S. ROHAIS <i>et al.</i>
10h20 - 10h50	Pause café	
10h50 - 11h10	Evolution post-orogénique et routage sédimentaire des bassins d'avant-pays nord-pyrénéens	A. ORTIZ <i>et al.</i>
11h10 - 11h30	Contrôle de la déformation pyrénéenne sur le transit sédimentaire des dépôts syn-orogéniques dans la partie Est du retroforeland pyrénéen (Corbières)	M. PRIEUR <i>et al.</i>
11h30 - 11h50	Evolution de l'architecture fluviale de la Formation de Tremp (Espagne) du Maastrichtien au Paléocène : quelles informations en tirer pour l'histoire de l'orogénèse précoce des Pyrénées?	C. VINCIGUERRA <i>et al.</i>
Session 1.2	Du rift à la marge passive : dynamique des bassins et systèmes sédimentaires associés S. LEROY, C. ROBIN, et D. ROUBY	
11h50 - 12h10	Relation entre remplissage sédimentaire et l'activité de failles normales dans un bassin de type rift	A. BARRIER <i>et al.</i>
12h10 - 12h30	Dynamique sédimentaire et Paléoenvironnements de la formation d'âge crétacé supérieur du bassin Tarfaya-Laayoune-Dakhla : implication à la phosphatogenèse	A. NGUIDI MOHAMED <i>et al.</i>
12h30 - 14h	Déjeuner	
15h - 15h20	Evolution tectono-sédimentaire du bassin du Forez (Rift des Limagnes) : enregistrement du mécanisme d'ouverture	J. BRIAIS <i>et al.</i>
15h20 - 15h40	A tectono-stratigraphic approach for syn-rift to post-rift transition: the case of the norwegian sea (Upper Jurassic to Lower Cretaceous)	R. GRIME <i>et al.</i>
15h40 - 16h	Pause café	
16h - 16h20	Interaction entre tectonique extensive et tectonique salifère dans la sédimentation du bassin synrift de Narbonne - Sigean (Marge du Golfe du Lion)	L. MENZER <i>et al.</i>
16h20 - 16h40	Caractérisation d'un micro-bassin « Early syn-rift » dans la Dépression du Turkana (Rift Est-Africain) : implications pour les modèles d'initiation de l'ouverture	A. NUTZ <i>et al.</i>
16h40 - 17h	Evolution Mésozoïque-Cénozoïque de la Ride de Lord Howe (Sud-Ouest Pacifique)	F. PATTIER <i>et al.</i>
17h - 17h20	Crise sismo-volcanique de Mayotte : réactivation et évolution en direct d'une ride volcanique sur la pente est de l'île mise en lumière par la bathymétrie et la réflectivité multifaisceaux	F. PAQUET <i>et al.</i>

Amphithéâtre 2

Session 1.89 Ressources énergétiques et métallifères des bassins sédimentaires

O. PARIZE, J. BARBARANO, E.H. CHEILLAI, V. DELHAYE-PRAT, J. BONHOURE et O. POURRET

9h20 - 9h40	Evaluation du Potentiel Gaz Offshore du Golfe du Lion et du Bassin Liguro-Provençal	G. MUSIAL <i>et al.</i>
9h40 - 10h	Caractérisation et modélisation des hétérogénéités sédimentaires et pétrophysiques des réservoirs géothermiques du Jurassique moyen et du Crétacé inférieur d'Ile-de-France	H. THOMAS <i>et al.</i>
10h - 10h20	Ressources énergétiques des bassins sédimentaires : Exemple du Bassin de Tarfaya, Maroc	E.H. CHEILLAI <i>et al.</i>
10h20 - 10h50	Pause café	
10h50 - 11h10	Source des fluides à l'origine des dépôts de fluorite à l'interface socle-couverture par mesure des compositions en isotopes stables des inclusions fluides par spectroscopie à cavité optique (Morvan, France)	L. LENOIR <i>et al.</i>
11h10 - 11h30	Le gisement manganifère latéritique de Biniomi (Gabon)	J. BONHOURE <i>et al.</i>
11h30 - 11h50	Deciphering supergene from hydrothermal processes: insights from the world-class shale hosted Imiter Ag(Hg-Pb) deposit (Morocco)	J. TUDURI <i>et al.</i>
11h50 - 12h10	Sédimentologie et origine des dérangements de la série phosphatée de Bou Craa et Ouled Abdoun (Maroc)	M. MOUFLIH <i>et al.</i>
12h10 - 12h30	Sédimentologie et Paléoenvironnement des faciès phosphatés de la région d'Azgour (Haut Atlas de Marrakech, Maroc)	S. EL OUARITI <i>et al.</i>
12h30 - 14h	Déjeuner	
15h - 15h20	How rare earth elements help us to better understand fluid circulations and iron oxides associated on cataclastic deformation Bands in porous sandstones: Case study in the Bassin du Sud-Est, Provence, France	O. POURRET <i>et al.</i>
15h20 - 15h40	Continental shelves as traps of rare earth elements	O. POURRET <i>et al.</i>
15h40 - 16h	Pausé café	

Session 4.3 Changements climatiques passés et leurs impacts sur la paléobiosphère

S. JORRY, P. LEONIDE, F. FOURNIER, P. RAZIN, T. MULDER et J. BORGOMANO

16h - 16h20	Maârl fossile, bio-marqueur des fluctuations sédimentaires et paléo-environnementales depuis les derniers millénaires en Rade de Brest	A. EHRHOLD <i>et al.</i>
16h20 - 16h40	Effet des hyperthermaux sur les systèmes alluviaux : le cas du MECO (Eocène moyen) sur les dépôts continentaux du bassin transporté d'Ainsa (Espagne) : sédimentologie de faciès -paléohydraulique - géochimie - minéralogie des argiles	J. VERITE <i>et al.</i>
16h40 - 17h	Contrôle environnemental et climatique de la minéralogie des argiles des sédiments albiens du Bassin de Paris et du Bassin Vocontien (France)	P. CORENTIN <i>et al.</i>
17h - 17h20	Neodymium isotopic evidence for oceanographic change during the collapse of the Cretaceous hothouse	S. BATENBURG <i>et al.</i>
17h20 - 17h40	Evolution des paléotempératures fini-jurassiques à partir d'analyses isotopiques de dents et d'écailles de poissons et de crocodiliens (coupe de Chassiron, Ile d'Oléron, France)	J. SCHNYDER <i>et al.</i>

Amphithéâtre 6

14h - 15h

Conférence Plénière - Simon LANG

Session 2.0 Géosciences et numérique

J. SCHMITZ, R. DESCHAMPS, S. BROCHERAY, O. BAIN, I. FAROUT, D. ROUBY, D. GRANJEON, J.L. GRIMAUD, V. HANQUIEZ, P. SAULET

15h - 15h20

First results on a 2D high resolution stratigraphic model of the Upper Montney Formation (Spathian, Alberta - British Columbia) A. REMAUD *et al.*

15h20 - 15h40

Classification automatisée des sédiments en milieu estuarien par machine learning et fusion de données de télédétection aéroportée: LIDAR, orthophotos, hyperspectrale X. PELLERIN LE BAS *et al.*

15h40 - 16h

Pause café

16h - 16h20

Think objects, not pixels! Semi-automated object-based analysis for geomorphic identification and mapping from digital elevation data: the case of planation surfaces P. BESSIN *et al.*

16h20 - 16h40

Modélisation 3D d'affleurements pour la caractérisation de dépôts gravitaires marins profonds : approche photogrammétrique à partir de l'exemple de la marge Hikurangi C. CHAPTAL *et al.*

16h40 - 17h

La photogramétrie par drone au service de la gestion du littoral P. BAREIX *et al.*

17h - 17h20

Détermination automatique de paramètres sédimentaires en domaine subtidal estuarien du projet AUPASED AFB-CNRS G. MICHEL *et al.*

17h20 - 17h40

Modélisation et compréhension de l'impact de pieux de bouchot sur le transit sédimentaire : l'Exemple du littoral de Marquenterre O. RAIN *et al.*

Amphithéâtre 7

Session 3.45 Plateformes, pentes et systèmes carbonatés : développement, processus et facteur de contrôles

S. JORRY, P. LEONIDE, F. FOURNIER, P. RAZIN, T. MULDER et J. BORGOMANO

9h - 9h20

Influence de l'architecture sédimentaire et de la diagenèse sur la répartition des réseaux karstiques dans le système carbonaté Aalénien-Oxfordien de la bordure est du bassin Aquitain Q. DELOUME-CARPENTRAS *et al.*

9h20 - 9h40

From carbonate crisis to reef development: Documentation of a carbonate recovery through the Lower - Middle Oxfordian Boundary (Meuse, NE France) C. MORALES *et al.*

9h40 - 10h

La plateforme carbonatée crétacée de la plaque arabe: un modèle ? P. RAZIN *et al.*

10h - 10h20

The Urgonian subalpine platform: new data A. THOMAS *et al.*

10h20 - 10h50

Pause café

10h50 - 11h10

Héritage structural cénozoïque et remplissage quaternaire de marais côtiers dans le bassin versant de la Mer de la Manche : l'exemple des marais de Vimont (Normandie, France) L. POIGNANT *et al.*

11h10 - 11h30

From submarine volcanoes to modern carbonate platforms: new insights from the Mozambique Channel (SW Indian Ocean) S. JORRY *et al.*

11h30 - 11h50

Physiographie dynamique d'un canyon géant : Exemple du Great Abaco Canyon, Bahamas A. RECOUVREUR *et al.*

11h50 - 12h10

Morphologie d'une pente carbonatée et mise en évidence du canyon le plus profond du monde T. MULDER *et al.*

12h10 - 14h

Déjeuner

Session 3.7 Les systèmes gravitaires clastiques

J. BAILLEUL et S. ROHAIS

15h - 15h20	Contrôle de la mise en place des Grès d'Annot par des paléoreliefs de carbonates mésozoïques : exemple du bassin de Sanguinière-Restefond (Alpes méridionales françaises)	L. MERCIER <i>et al.</i>
15h20 - 15h40	La formation du flysch de Motta San Giovanni (Calabre, Italie): un exemple de système turbiditique confiné en contexte extensif	N. RISPAL <i>et al.</i>
15h40 - 16h	Pause café	
16h - 16h20	Reconstitution paleoenvironnemental de Chypre et du Levant un nouvel apport au système de la Téthys	P. POLARD --TAINE <i>et al.</i>
16h20 - 16h40	Controls on deep-water sand delivery in contrasted tectonic and climatic settings: Insights from quantitative 3D seismic stratigraphy	V. PAUMARD <i>et al.</i>
16h40 - 17h	Typologies, processus et stratigraphie des contourites dans le Rift de Corinthe - Approche intégrée terrain, sismique et données océanographiques	R. RUBI <i>et al.</i>
17h - 17h20	Les <i>Sediments Waves</i> des structures sédimentaires ubiquistes : inventaire de leurs contextes de dépôts	J.L. RUBINO <i>et al.</i>

Mercredi 23 Octobre

Amphithéâtre 1

Session 3.3 Hydrodynamique, sédimentologie et stratigraphie des environnementstidaux

B. TESSIER, J.Y. REYNAUD

9h - 9h20	L'estuaire hypertidal de Santa Cruz - Chico River (Sud Patagonie, Argentine) : un environnement soumis à des forçages hydrodynamiques et sédimentaires exceptionnels	B. TESSIER <i>et al.</i>
9h20 - 9h40	Stratigraphic modelling of the impact of tidal and marine currents. Application to Brest bay.	M. OLIVIER <i>et al.</i>
9h40 - 10h	La composition chimique des dépôts, traceurs de la dynamique sédimentaire. Quelles méthodes de traitement des données et de représentation cartographique ? Application à la Baie de Seine Orientale	N. BAUX <i>et al.</i>
10h00 - 10h20	Les niveaux à Cardium des Chotts sud-tunisiens : résurgence du mythe de la Grande Baie de Triton	J.Y. REYNAUD <i>et al.</i>
10h20 - 10h50	Pause café	
10h50 - 11h10	Neogene tide-dominated silici-clastic system across the Chott basin (Southern Tunisia)	F. HALLEK <i>et al.</i>

Session 4.4 Dynamique littorale

N. SENECHAL, E. CHAUMILLON

11h10 - 11h30	Suivis pluriannuels de la dynamique de grandes dunes tidales à l'embouchure de la Rade de Brest : Exemple d'un système sédimentaire segmenté, implications géomorphologiques et archéologiques	A. EHRHOLD <i>et al.</i>
11h30 - 11h50	Architecture interne des dunes littorales de la côte Aquitaine par géoradar (gpr) : Exemple des plages du Truc Vert et de Biscarrosse	N. ROBIN <i>et al.</i>
11h50 - 12h10	Architecture sédimentaire de la flèche de galets de La Mollière (Baie de Somme) : Une étude par prospection géoradar	L. PANCRAZZI <i>et al.</i>
12h10 - 14h	Déjeuner	

15h - 15h20	Evolution séculaire des côtes d'accumulation sableuses de Normandie	E. GRENARD-GRAND <i>et al.</i>
15h20 - 15h40	Construction of the Béniguet Island's trailing spit: its structures and its past and future evolution (Molène archipelago, Finistère, Bretagne, France)	O. BAIN <i>et al.</i>
15h40 - 16h	Pause café	
16h - 16h20	A sedimentological approach to better valorise harbour sediments	A. TRENTESAUX <i>et al.</i>
16h20 - 16h40	Apport de la sédimentologie à la détermination du potentiel bio-indicateur des espèces ingénieuses : le cas de Haploops sp. en contexte d'aménagements éoliens offshore	G. MAILLET <i>et al.</i>
16h40 - 17h	Enregistrement sédimentaire de tsunamis et cyclones lors des derniers 1500 ans BP dans l'arc antillais (Scrub Island, Anguilla)	M. BIGUENET <i>et al.</i>
17h - 17h20	Submarine sediment record of the 2009 South Pacific Tsunami and 1960 Great Chilean Earthquake Tsunami in Tutuila, American Samoa	B. RIOU <i>et al.</i>

Amphithéâtre 2

Session 3.2

Systèmes sédimentaires continentaux : plaéoenvironnements, processus de transport-dépôt, architectures sédimentaires et ressources naturelles

S. LEULEU, S. BOURQUIN, M. SCHUSTER et J.F. GHIEUNE

9h - 9h20	Sédimentologie et géomorphologie sismique 3D des séquences glaciogéniques du Paléozoïque supérieur (Dévonien Supérieur et Carbonifère) du bassin du Chaco (Bolivie)	S. ROUSSE <i>et al.</i>
9h20 - 9h40	The non-glacial diamictite of Toutswemogala Hill (Lower Karoo Supergroup, Central Botswana): implications on the extent of the Late Paleozoic Ice Age in the Kalahari-Karoo Basin	P. DIETRICH <i>et al.</i>
9h40 - 10h	Dynamique fluvio-glaciaire LGM au front du lobe lyonnais dans la région du Bas Dauphiné	C. CROUZET <i>et al.</i>
10h - 10h20	La séquence sédimentaire AIG17III du lac Aiguebelette, archive de l'activité sismique au front des Alpes occidentales depuis la dernière période glaciaire	M. BANJAN <i>et al.</i>
10h20 - 10h50	Pause café	
10h50 - 11h10	Déglaçiation et dynamiques morphosédimentaires dans le système fjord-augé glaciaire de Clyde Inlet, île de Baffin (Arctique canadien)	P.O. COUETTE <i>et al.</i>
11h10 - 11h30	Holocene-long record of flood frequency in the Southern Alps (Lake Iseo, Italy) under human and climate forcing	W. RAPUC <i>et al.</i>
11h30 - 11h50	Incised valley of the Gulf of Gabes (Southern Tunisia) during the Quaternary. Contribution of very high-resolution seismic data	R. ZAHMOUL <i>et al.</i>
11h50 - 12h10	Evolution du système fluvio-lacustre quaternaire (ca. 75 - 10 kyr) de la Feija d'Agadir Tissint (Anti-Atlas, Maroc) : dynamiques sédimentaires et implications paléoclimatiques	A. NUTZ <i>et al.</i>
12h10 - 14h	Déjeuner	
15h - 15h20	Nouvelles données sédimentologiques et réévaluation des anciens forages du Sud du bassin de Paris : une succession permienne complète sous-estimée?	S. BOURQUIN <i>et al.</i>
15h20 - 15h40	Le bassin intracontinental fini-carbonifère - permien de Lucenay-lès-Aix (nord-est du Massif Central) : réévaluation sédimentologique et implications paléoenvironnementales	M. MERCUZOT <i>et al.</i>
15h40 - 16h	Pause café	
16h - 16h20	Paléoenvironnement et paléoclimat des minéraux argileux des bassins phosphatés marocains (Ouled Abdoun, Ganntour et Meskala, Maroc)	H. EL BOUKHARI <i>et al.</i>
16h20 - 16h40	Prédiction des écoulements volcaniques et des réseaux fluviaux triasiques en intégrant les interprétations tectono-sédimentaires et la caractérisation sismique, Nord-Est d'Hassi Messaoud, Algérie	G. MUSIAL <i>et al.</i>
16h40 - 17h	Sédimentologie de faciès et paléo-environnements dans la série syn-rift triasique de la boutonnière d'Imini, Haut atlas de Marrakech, Maroc	R. ESSAMOUD <i>et al.</i>
17h - 17h20	Dynamic of a lacustrine sedimentary system during late rifting at the Cretaceous-Paleocene transition: example of the Yacoraite Formation, Salta Basin, Argentina	R. DESCHAMPS <i>et al.</i>

Amphithéâtre 6

14h - 15h

Conférence plénière - Phil THURSTON

Session 3.1 Sédimentologie Précambrienne

B. GOURCEROL

15h - 15h20 Environnements de dépôt des formations de fer rubanées archéennes de type Algoma B. GOURCEROL *et al.*

15h20 - 15h40 Contexte environnemental des communautés microbiennes archéennes des Josefsdal Cherts (Barberton Greenstone Belt, Afrique du Sud) J. BREHERET *et al.*

15h40 - 16h Pause café

16h - 16h20 Reconstruction multi-échelles de biomes de la vie microbienne dans le Paléoarchéen K. HICKMAN-LEWIS *et al.*

16h20 - 16h40 De la matière organique extraterrestre préservée dans des sédiments vieux de 3,3 milliards d'années F. WESTALL *et al.*

16h40 - 17h Les bassins Archéens dits en succession : une caractéristique répandue associée à de nombreux gisements P. THURSTON *et al.*

Amphithéâtre 7

Session 1.4 Bassins sédimentaires et interactions tectonique-sédimentation dans les zones de convergence

F. CHANIER, J. BAILLEUL, F. GRAVELEAU

9h - 9h20 Structuration et faciès sédimentaires des potentiels réservoirs géothermiques profonds du Dévonien et du Dinantien dans la région du bassin houiller du Nord-Pas-de-Calais A. LAURENT *et al.*

9h20 - 9h40 Analyse tectono-sédimentaire du sud de la Bresse : mise en évidence d'une phase de déformation alpine précoce syn-oligocène B. HUET *et al.*

9h40 - 10h Processus sédimentaire à l'origine des dépôts de l'Eocène-Oligocène dans les Barronies orientales (Bassin du Sud-Est, France) : implications paléogéographiques et morphostructurales A. HAMON *et al.*

10h - 10h20 Stepped transpression tectonic regime recorded in Cretaceous deposits of the southern Subalpine Chains, France S. FERRY *et al.*

10h20 - 10h50 Pause café

10h50 - 11h10 Synsedimentary and Pyrenean deformations in Quercy (France). Combination of field, petrography and geochemical analyses S. BROWN *et al.*

11h10 - 11h30 Evolution sédimentaire et mouvements verticaux de la marge ibérique des Pyrénées du Cénomane au Santonien : implications sur l'âge de l'amorce de la convergence S. ANDRIEU *et al.*

11h30 - 11h50 Le cône alluvial d'Oroel : marqueur de l'histoire tardi-orogénique sud-pyrénéenne et de l'interaction tectono-sédimentaire courte longueur d'onde dans un bassin d'avant pays (Bassin de Jaca, Espagne) P.A. GRIGNARD *et al.*

11h50 - 12h10 Interaction tectono-sédimentaire du système alluvial Orosia-Cancias dans l'avant-pays sud-pyrénéen. (Bassin de Jaca, Espagne) P.A. GRIGNARD *et al.*

12h10 - 14h Déjeuner

15h - 15h20 Du modèle d'analogie terrain à la modélisation géologique des systèmes gravitaires de la marge Hikurangi B. CLAUSMANN *et al.*

15h20 - 15h40 Les Bottom Simulating Reflectors (BSRs) sur la marge active Hikurangi (Île du Nord, Nouvelle-Zélande) : une approche structurale C. GARTNER *et al.*

15h40 - 16h10 Pause café

Jeudi 24 Octobre

Amphithéâtre 1

Session 4.1 Géochimie sédimentaire appliquée à la reconstruction des paléo-environnements

N. TRIBOVILLARD

9h - 9h20	Nitrogen cycling perturbation related to the expansion of deoxygenated conditions in the Vocontian Basin during the Oceanic Anoxic Event 2	J. DANZELLE <i>et al.</i>
9h20 - 9h40	Dépôts anoxiques et bio-événements associés: exemple du Méso-Cénozoïque dans les bassins NW et SW de l'Algérie	A. MAROK <i>et al.</i>
9h40 - 10h	Conditions de développement d'un écosystème dominé par Haploops spp. sous l'influence de sorties de fluides en milieu côtier	G. GREGOIRE <i>et al.</i>
10h - 10h20	Etude de la dynamique de la zone critique dans le bassin versant du lac Iseo (Alpes italiennes) depuis le Petit-Age glaciaire	W. RAPUC <i>et al.</i>
10h20 - 10h50	Pause café	
10h50 - 11h10	Evolution of critical zone processes in the Northern French Alps since the Late Glacial period: lithium isotopes evidence from lake sediments	P. SABATIER <i>et al.</i>
11h10 - 11h30	serac: a R package for ShortlivEd RADionuclide Chronology of recent sediment cores	P. SABATIER <i>et al.</i>
11h30 - 11h50	Minéralogie des argiles du Pliensbachien de la coupe de Rodiles (bassin des Asturies, Espagne) : contrôle climatique et influence diagénétique	J.F. DECONINCK <i>et al.</i>
11h50 - 12h10	Storm-induced concentration of sulfurized, marine-origin, organic matter as a possible mechanism in the formation of petroleum source-rock	N. TRIBOVILLARD <i>et al.</i>
12h10 - 12h30	L'évolution du lit mineur en commun entre la Cesse et l'Aude après la mise en place du canal de Jonction	K. LAHMAR <i>et al.</i>

Amphithéâtre 2

Session 0.1 Contribution de la recherche française au programme IODP

G. LYMER, E. LE BER, C. BOLTON

9h - 9h20	Un aperçu des activités IODP en 2017-2019	E. LE BER <i>et al.</i>
9h20 - 9h40	Astrochronology of the Late Albian from the Mentelle Basin (IODP Site U1513)	M. MARTINEZ <i>et al.</i>
9h40 - 10h	Dynamique de la Mediterranean Outflow Water dans le Golfe de Cadix au cours de deux analogues climatiques du Quaternaire supérieur	P. MOAL-DARRIGUADE <i>et al.</i>
10h - 10h20	Caractérisation de l'évolution de l'état de compaction des sédiments de la marge d'Hikurangi à partir de la CEC et des données de porosité et résistivité des expéditions IODP 372 et 375	J. DUTILLEUL <i>et al.</i>
10h20 - 10h50	Pause café	
10h50 - 11h10	Recall the past to address future scientific challenges: The Core-Log-Seismic Integration at Sea IODP workshop investigates legacy data to advance our understanding of seismogenic subduction zone	G. LYMER <i>et al.</i>

Amphithéâtre 6

Session 1.7

Processus diagénétiques

S. ANDRIEU, B. BRIGAUD et J.P. GIRARD

9h40 - 10h	Etude intégrée des cheminées carbonatées de la marge Hikurangi (Nouvelle-Zélande, Île Nord) : évolution diagénétique et traçage des circulations de fluides en contexte de marge active	R. TOULLEC <i>et al.</i>
10h - 10h20	Processus diagénétiques dans les grès faiblement enfouis du Crétacé inférieur du Bassin de Paris : Vers l'identification d'un processus de chloritisation des sables estuariens	M. VIROLLE <i>et al.</i>
10h20 - 10h50	Pause café	
10h50 - 11h10	Rôle des environnements de dépôt, des processus sédimentaires associés et de la diagenèse sur la distribution des réservoirs, Dévonien, Bassin de Reggane, Algérie	G. MUSIAL <i>et al.</i>
11h10 - 11h30	Variabilité et conditions de formation des ciments précoces formés sous les discontinuités sédimentaires : apport de l'analyse géochimique in situ (SIMS et LA-ICP-MS-HR)	S. ANDRIEU <i>et al.</i>
11h30 - 11h50	U/Pb dating and $\Delta 47$ temperature determination of Jurassic carbonates: implications for early and burial diagenesis within intracratonic sedimentary basins	B. BRIGAUD <i>et al.</i>
11h50 - 12h10	The relationship between dolomite cementation, mudstone/sandstone ratio and reservoir quality in the Permian Rotliegend Sandstones Offshore The Netherlands	J.P. GIRARD <i>et al.</i>

Amphithéâtre 7

Session 1.5

Dynamique des bassins et des plateformes évaporitiques

A. PICHAT et L. GINDRE-CHANU

10h50 - 11h10	Etude des tendances stratigraphiques long terme des bassins des marges africaine et brésilienne pour la compréhension de la mise en place des bassins salifères de l'Atlantique Sud	S. LASPATZIZ <i>et al.</i>
11h10 - 11h30	Contrôles orbitaux et solaires des cycles évaporitiques du bassin salifère Aptien de la marge Congolaise	A. PICHAT <i>et al.</i>
11h30 - 11h50	Exemple d'architecture stratigraphique intra-sel de la Formation aptienne Loémé: Etude de l'ancienne mine de potasse de Holle, Région de Hinda, Onshore Congo	L. GINDRE-CHANU <i>et al.</i>
11h50 - 12h10	Sédimentologie et stratigraphie des évaporites proximales aptiennes de la marge Congolaise	A. PICHAT <i>et al.</i>
11h10 - 12h30	Some Questions and Answers about the Mediterranean Messinian Evaporites	C. GORINI <i>et al.</i>

VARIABILITE ET CONDITIONS DE FORMATION DES CIMENTS PRECOCES FORMES SOUS LES DISCONTINUITES SEDIMENTAIRES : APPORT DE L'ANALYSE GEOCHIMIQUE IN SITU (SIMS ET LA-ICP-MS-HR)

Simon Andrieu ^{*1,2}, Benjamin Brigaud ², Jocelyn Barbarand ², Eric Lasseur ¹, Frédéric Haurine ²

¹ Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – France

² Géosciences Paris Sud (GEOPS) – Université Paris-Sud - Paris 11, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS : UMR8148

*Intervenant - simonandrieu0@gmail.com

Les plateformes carbonatées sont marquées par des périodes d'arrêt de sédimentation à l'origine de la formation de " discontinuités sédimentaires ", dont les mécanismes de formation restent difficiles à caractériser. Ces dernières sont associées à la précipitation de ciments " précoces ", dont la taille dépasse rarement quelques dizaines de micromètres. Leur dimension réduite rend leur caractérisation chimique compliquée car les méthodes d'analyse par spectrométrie de masse après attaque acide nécessitent de prélever des quantités trop importantes de carbonate. La taille d'investigation est, pour la caractérisation des discontinuités, un verrou important pour comprendre leur formation. Dans cette étude, le couplage (1) de la microsonde ionique (SIMS 1280), et (2) d'un spectromètre de masse à source " plasma " couplé avec un système d'ablation laser (*LA-ICPMS-HR*) est proposé afin de travailler directement sur les lames minces à l'échelle des ciments. Ces deux méthodes permettent de déterminer les valeurs en $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$ ainsi que les concentrations en éléments majeurs (Mg, Al, Mn, Fe) et traces (Eléments des Terres Rares) des ciments carbonatés. Le but de cette étude est de caractériser, par l'analyse des ciments calcitiques précoces, les conditions paléo-environnementales pendant la formation des discontinuités. Plusieurs discontinuités clefs d'âge Jurassique moyen et supérieur des bassins de Paris et d'Aquitaine ont été sélectionnées. Les observations aux microscopes photonique, électronique et à cathodoluminescence montrent que les ciments précoces sont diversifiés, composés de dix-huit types différents incluant des ciments fibreux, des " dents de chien " ou encore des ménisques sparitiques à micritiques. Les analyses isotopiques et géochimiques des éléments majeurs et traces montrent que ces ciments cristallisent dans des environnements très variés pendant les périodes de non sédimentation. Cette étude montre que chaque type de ciment précoce présente un spectre de terre rare caractéristique. L'analyse de différents marqueurs d'oxydo-réduction (teneur en FeCO_3 , rapport U/Th, anomalie en cérium) montre, sur un même ciment, des résultats parfois opposés, ce qui appuie l'importance de coupler les proxies et méthodes d'analyse pour effectuer des interprétations fiables. Les discontinuités enregistrent une succession de nombreux événements, incluant des périodes d'émersion, de transgression, des variations des conditions oxydo-réductrices ou de l'activité microbienne. L'étude de la chimie des phases calcitiques précoces ouvre de nouvelles perspectives pour remonter à l'histoire des périodes de non-sédimentation et proposer des modèles de formation des discontinuités sédimentaires tenant compte de l'hydrodynamisme, de l'activité microbienne ou encore des conditions redox.

Mots-Clés: Diagenèse précoce, discontinuités sédimentaires, géochimie, terres rares, $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$, LA, ICP, MS, HR

ÉVOLUTION SEDIMENTAIRE ET MOUVEMENTS VERTICAUX DE LA MARGE IBERIQUE DES PYRENEES DU CENOMANIEN AU SANTONIEN : IMPLICATIONS SUR L'ÂGE DE L'AMORCE DE LA CONVERGENCE

Simon Andrieu ^{*1}, Nicolas Saspiturry ², Marine Lartigau ², Eric Lasseur ¹, Benoit Issautier ¹

¹ Bureau de recherches géologiques et minières – Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – France

² ENSEGID – Institut polytechnique de Bordeaux, Institut Polytechnique de Bordeaux – France

*Intervenant - simonandrieu0@gmail.com

L'intervalle Turonien-Santonien inférieur est habituellement considéré, sur les marges nord-ibérique et sud-européenne, comme une période de quiescence tectonique associée à une subsidence post rift précédant le début de la convergence pyrénéenne durant le Santonien terminal (*e.g.* Roseubaum *et al.*, 2002; Sibuet *et al.*, 2004; Leleu *et al.*, 2009). Ces considérations reposent notamment sur la présence de plissements syn-tectonique compressive dans les séries du Santonien terminal de Provence (*e.g.* Leleu *et al.*, 2009). Sur la marge ibérique, Simo (1986) interprète l'effondrement de la bordure de plateforme carbonatée à la fin du Campanien, au profit de *slumps* et brèches de pente, comme le marqueur du passage d'une activité extensive à compressive. Pourtant, les travaux de Bilotte (1985) et Razin (1989) indiquent une accélération de la subsidence dans le sud du Bassin Aquitain dès le Coniacien, qui ne semble pas cohérente avec une période de quiescence tectonique. De plus, le manque de données paléomagnétiques durant l'intervalle Turonien à Santonien ne permet pas de préciser les reconstitutions cinématiques des mouvements des plaques ibérique et européenne pendant cette période. L'objectif de ce travail est d'apporter, via l'analyse des environnements de dépôts et des architectures sédimentaires des séries du Crétacé supérieur de la marge ibérique, de nouvelles contraintes sur l'évolution des mouvements verticaux, et finalement de préciser l'âge de la transition entre la phase de subsidence thermique post-rift et les premiers mouvements convergents. Une reconstruction de l'évolution tectono-sédimentaire de la marge ibérique, incluant la zone axiale et sud pyrénéenne, est proposée entre le Cénomaniens et le Santonien, sur environ 400 km depuis le Pays Basque jusqu'à la côte méditerranéenne. Cette zone clé, située au sud de la zone nord pyrénéenne, est caractérisée au cours du début du Crétacé supérieur par l'aggradation de dépôts de plateforme carbonatée correspondant à la Formation des Calcaires des Cañons. La description de vingt coupes sédimentaires au sein de cette formation géologique et l'étude d'environ 150 lames minces a permis d'identifier une vingtaine de faciès, se déposant depuis la plateforme externe jusqu'aux environnements continentaux. Neuf séquences de dépôts ont pu être corrélées entre les Pyrénées occidentales et orientales. Le calcul des taux d'accommodation a permis de mettre en évidence l'existence d'une chute généralisée de l'espace disponible sur la marge ibérique durant le Coniacien à Santonien inférieur. Cette dernière s'accompagne d'apports terrigènes dans la plateforme carbonatée, de surfaces d'émersion (paléosol, discontinuité karstifiée ou érosive), ainsi que des lacunes de dépôt pouvant comprendre plusieurs séquences de troisième ordre. Dans un contexte plus global, cette étape est contemporaine d'une augmentation des taux de subsidence dans les bassins pyrénéens (Bilotte, 1985 ; Drzewiecki et Simo, 2002), parfois associée à une tectonique salifère (Mir *et al.*, 2014), et d'une diminution de l'espace d'accommodation associée à une sédimentation condensée et des émergences le long de la marge européenne (Platel, 1996 ; Issautier *et al.*, 2018, communication orale). Cet événement géodynamique d'âge Coniacien à Santonien inférieur se traduit donc par le soulèvement des marges ibérique et européenne, couplé à la flexure des paléo-bassins hyper-amincis jalonnant la Zone Nord Pyrénéenne. Nous interprétons cette étape comme la conséquence de l'initiation de la convergence pyrénéenne au cours du Coniacien à Santonien inférieur, tandis qu'elle est considérée comme d'âge Santonien terminal dans les modèles cinématiques.

Mots-Clés: Pyrénées, convergence, plateforme carbonatée, faciès, Crétacé supérieur

LA PHOTOGRAMMETRIE PAR DRONE AU SERVICE DE LA GESTION DU LITTORAL

Paul Bareix ¹, Guihlem Gabriel ¹, Olivier Bain ¹, Pierre Saulet ¹, François-Xavier Joanny ¹,
Julien Duquennoy¹

¹ Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – France

*Intervenant - paul.BAREIX@etu.unilasalle.fr

Depuis plusieurs années, l'utilisation de drones couplée aux méthodes de photogrammétrie SfM (Structure from Motion) s'est démocratisée. Ils permettent, avec un protocole adapté, d'obtenir des modèles 3D précis à faible coût (Johnson et al., 2014).

Appliquées aux dynamiques littorales, ces techniques aident à comprendre les processus en œuvre via la modélisation des objets sédimentaires et permettent une meilleure gestion littorale et la protection des installations anthropiques (zone urbaines et zones agricoles). La question est donc la suivante : la photogrammétrie par drone permet-elle d'obtenir des modèles numériques assez précis pour une comparaison fine de l'évolution des corps sédimentaires au fil du temps ?

La réponse à cette problématique se fait au travers de l'étude de la Pointe du Hourdel. Cette flèche littorale située à l'extrémité Ouest de la baie de Somme (80) est le cadre de processus sédimentaires marqués engendrant d'importantes variations du trait de côte. L'objectif de l'étude est l'obtention de modèles 3D géoréférencés d'une précision infradécimétrique. Les outils choisis et les méthodes d'acquisition et de traitements sont essentiels pour atteindre ce but. En effet, la qualité des photographies et des données géoréférencées détermine la résolution et la précision des modèles obtenus. Il faut donc y prêter une attention accrue lors des étapes de préparation et d'acquisition.

Les outils utilisés pour les acquisitions de données lors de notre étude sont :

- Deux drones : un 4-8X Dual ATEX équipé d'un capteur Sony Alpha 6000 et un Phantom 4 V2 Pro avec capteur intégré.
- Un DGPS Trimble Geoexplorer utilisé pour le géoréférencement de 15 Ground Control Points (GCP).

La première étape est une phase de préparation. Une étude bibliographique de la zone d'étude et des contraintes qui lui sont propres (législation, contraintes environnementales etc.) permettent de planifier la mission de terrain, définir le matériel à utiliser et les paramètres de l'acquisition aérienne : taux de recouvrement, altitude et plan de vol, réglages du capteur, positionnement des GCP...

Après chaque campagne, les données photographiques obtenues sont traitées sous Agisoft Metashape Pro afin d'obtenir des modèles numériques 3D géoréférencés (nuages de points). Les nuages de points obtenus sont ensuite comparés grâce au logiciel Cloud Compare pour quantifier l'accrétion et l'érosion. A ce jour, trois campagnes d'acquisition aériennes ont été réalisées entre novembre 2018 et juillet 2019. Un protocole pour ces acquisitions, comprenant la phase de préparation, a été mis au point et ajusté en fonction des expériences de terrain. A partir des photographies et des points géoréférencés, des modèles de terrain ont été générés pour chaque campagne et comparés entre eux afin de quantifier le volume de galets déposés sur la période étudiée. L'étude montre une accrétion latérale de douze mètres en sept mois située essentiellement sur la partie nord de la pointe du Hourdel. Cette accrétion est estimée à 11 500 m³ de galets. Ces résultats sont en adéquation avec les informations bibliographiques relatives à la Pointe du Hourdel (Latteux, 2001 ; Bastide, 2011). L'obtention de modèles d'une précision infradécimétrique et la possibilité de comparer les différents jeux de données acquis au fil du temps font de la photogrammétrie par drone une méthode adaptée à l'étude des dynamiques sédimentaires du littoral. La précision des modèles pourra être améliorée avec l'utilisation d'un GPS Real Time Kinematic (RTK). Le protocole d'acquisition est toujours en construction et sera amélioré au cours des prochaines missions. Un protocole de traitement des nuages de points 3D devra être rédigé afin d'optimiser la méthode de calcul de volumes. Les galets accumulés sur la pointe du Hourdel sont régulièrement utilisés afin de recharger des zones menacées par l'érosion. Une meilleure compréhension de la dynamique hydro-sédimentaire de la zone permettra d'optimiser le rythme de ces recharges et la gestion du trait de côte.

Mots-Clés: Photogrammétrie, Drone, SfM, Gestion littorale

RELATION ENTRE REMPLISSAGE SEDIMENTAIRE ET L'ACTIVITE DE FAILLES NORMALES DANS UN BASSIN DE TYPE RIFT

Andrea Barrier ^{*1}, Andrew Nicol ¹, Greg Browne ², Kari Bassett ¹, Victorien Paumard ³

¹ University of Canterbury – Nouvelle-Zélande

² GNS Science – Nouvelle-Zélande

³ The University of Western Australia – Australie

*Intervenant - barrierandrea@gmail.com

Les bassins de type rift favorisent l'accumulation de sédiments au seins de dépôt-centres contrôlés par des failles normales. Dans ce travail nous quantifions la géométrie du remplissage syn-rift à l'aide de profils sismiques en utilisant le ratio de l'épaisseur du remplissage maximal d'un dépôt-centres syn-rift et du rejet syn-rift de sa faille bordière (ce ratio est considéré comme étant le *Sediment Fill Ratio* – SFR). Les mesures ont été effectuées dans sept bassins de type rift, cependant le jeu de données le plus complet provient du bassin de Canterbury en Nouvelle Zélande où 26 000 km linéaires de profils sismiques ont été utilisés. Le SFR permet de reconnaître quatre types de bassins syn-rift : (1) *starved* ($SFR \leq 0.2$), (2) *under-filled* (0.21 seconde TwT) où le taux de sédimentation est localement plus important. Les rifts dont la structure est dominée par des failles à large rejet (> 1 seconde TwT), comme le bassin de Canterbury, tendent à être *under-filled*, et requièrent un apport de sédiments depuis l'extérieur du bassin pour devenir *over-filled*.

Mots-Clés: Bassin Rift, Failles normales: Remplissage Sedimentaire, under filled, Bassin de Canterbury, Nouvelle Zelande

BILANS SOURCE-TO-SINK QUATERNAIRE ET ACTUEL D'UN SYSTEME EOLIEN REMARQUABLE : CAS DU BASSIN DU LUT (IRAN)

Laurie Barrier ^{*1}, Colin Chanteloube ¹, Vincent Payet ², Cyril Gadal ¹, Reza Derakhshani ³,
Clément Narteau ¹

¹ Université de Paris - Institut de Physique du Globe de Paris – Université de Paris, Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS : UMR7154 – France

² École Nationale Supérieure de Géologie – Université de Lorraine – France

³ Université Shahid Bahonar de Kerman – Iran

*Intervenant - barrier@ipgp.fr

Si les rivières et les glaciers jouent un rôle primordial dans les transferts sédimentaires et le façonnement des paysages sur Terre, leur action dans les vastes zones semi-arides à arides du globe reste limitée. Dans ces régions représentant 30% des terres émergées, le transport de sédiments par le vent prend alors toute son ampleur et devient un acteur majeur du modelage des surfaces continentales et des échanges de matière entre les continents, l'atmosphère et l'océan. Pourtant, à l'heure actuelle, il existe très peu de bilans de masse *Source-to-Sink* réalisés dans le cas de systèmes éoliens. Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes donc intéressés au bassin du Lut en Iran qui possède un paysage éolien remarquable avec une large zone en érosion, caractérisée par des dépressions éoliennes et des champs de yardangs, associée à une large zone en accumulation, caractérisée par des champs de dunes. Afin de contraindre l'organisation et le fonctionnement du système éolien du Lut, une cartographie morpho-sédimentaire a tout d'abord été réalisée à partir de topographies digitales (SRTM et AW3D30) et d'images satellite (Landsat, Spot et DigitalGlobe dans Google Earth). Grâce à cette cartographie, la localisation, le type (érosion ou accumulation) et l'organisation (relations des zones sources et puits de sédiments) des différents environnements éoliens présents dans le bassin ont été précisés. Afin d'établir un bilan de masse *Source-to-Sink* entre ces différents environnements pour le Quaternaire (i.e. sur ~2,6 Ma), les informations cartographiques et les topographies digitales ont ensuite été utilisées pour reconstruire des paléo-topographies et estimer des volumes de matière érodés, déposés et déflatés. Afin d'établir un bilan *Source-to-Sink* pour l'Actuel (i.e. sur 40 ans), une cartographie météorologique des propriétés (direction, vitesse et variabilités) des vents actuels et de leur potentiel en terme de transport de sédiments a enfin été produite pour le bassin du Lut. Cette cartographie est basée sur les estimations des ré-analyses climatiques (e.g., directions et vitesses des vents à différentes altitudes, toutes les heures depuis 1979, avec une résolution spatiale de 0,25° x 0,25°) du projet ERA5 conduit par le *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*. À partir des vents de surface simulés à une hauteur de 10 mètres et des lois de transport validées à partir de la dynamique des dunes éoliennes actives, une force de cisaillement exercée sur le sol a pu être estimée pour en déduire un potentiel de transport (i.e. une quantité maximale de sédiments pouvant être transportée par unité de temps), une direction de flux sédimentaire induit et un bilan de matière (érosion ou dépôts) à travers l'ensemble de la zone étudiée. Des volumes érodés, déposés et déflatés ont également pu être évalués. À l'issue de ce travail, la confrontation des bilans de masse établis à long-terme (quaternaire) et court-terme (actuel) pour le bassin du Lut nous permet ainsi de discuter des caractéristiques, de la dynamiques, et des paramètres de contrôle du transport éolien à différentes échelles de temps.

Mots-Clés: Transport éolien, Bilan de masse, Source to Sink, Lut, Iran

NEODYMIUM ISOTOPIC EVIDENCE FOR OCEANOGRAPHIC CHANGE DURING THE COLLAPSE OF THE CRETACEOUS HOTHOUSE

Sietske J. Batenburg ^{*1,2}, Eleanor Drage ², Elaine Yi Gao ², Lauren K. O'Connor ², Hugh C. Jenkyns ²,
Andrew S. Gale ³, Stuart A. Robinson ²

¹ Géosciences Rennes – Université de Rennes 1 : UMR6118, Université de Rennes 1 : UMR6118 – France

² Department of Earth Sciences [Oxford] – Royaume-Uni

³ SEES, University of Portsmouth – Royaume-Uni

*Intervenant - sbatenburg@gmail.com

After the peak hothouse of the Late Cretaceous, ending at ~ 91 Ma, climate was characterised by a gradual decrease in temperatures and CO₂ levels, an absence of major carbon cycle perturbations, and a reorganisation of deep-water circulation patterns. The role of surface-water oceanography in the long-term Late Cretaceous climatic cooling is poorly understood, as reconstructed upper-ocean circulation patterns are based on relatively low-resolution records, often assembled from multiple localities. Here we present a ~ 28 Myr continuous record of neodymium-isotope ratios (ϵ_{Nd}) of fish debris from the Trunch borehole of Norfolk, England, to reconstruct the evolution of upper ocean waters of the Boreal-Tethyan epicontinental shelf during the Late Cretaceous.

During the Cenomanian–Turonian, background ϵ_{Nd} values are in the range of -9 to -10, comparable to published high-resolution datasets from southern England. Unfortunately, OAE 2 is marked by a disconformity in the Trunch core. Surprisingly, our record shows a ~ 5 unit positive excursion during the mid-late Turonian, a larger shift than recorded in England during OAE 2. The ϵ_{Nd} excursion coincides with cooling observed in oxygen-isotope and faunal records in the Chalk Sea, a positive $\delta^{13}\text{C}$ excursion, and sea-level change, suggesting a global driver of climate- and circulation change. High ϵ_{Nd} values up to -5.9 suggest that basalt-seawater inter-action, probably in the Boreal Sea, accompanied the cooling.

After the late Turonian, Nd-isotope values return to relatively steady background levels of -11 to -12 in the Coniacian–Campanian; this long-term stability of circulation in the Chalk Sea suggests that circulation in this region was neither driving nor responding to the long-term global cooling trend. Further, the strongly unradiogenic signature of the Trunch record suggests a decline in influence from other water masses–Boreal or Tethyan-consistent with a restriction of low-latitude Pacific–Tethyan gateways.

Our ϵ_{Nd} data, particularly the unexpected Nd-isotope variability in the Turonian, highlight the necessity to look beyond abrupt climate perturbations and to generate long-term continuous proxy records to gain a thorough understanding of climate processes in a greenhouse world.

Mots-Clés: Greenhouse climate, oceanography, Neodymium isotopes, Cretaceous

LA COMPOSITION CHIMIQUE DES DEPOTS, TRACEURS DE LA DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE. QUELLES METHODES DE TRAITEMENT DES DONNEES ET DE REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE ? APPLICATION A LA BAIE DE SEINE ORIENTALE.

Noémie Baux ^{*1,2}, Anne Murat ^{1,2}, Emmanuel Poizot ^{1,2}, Yann Méar ^{1,2}, Gwendoline Gregoire ^{1,2}, Sandric Lesourd ³, Jean-Claude Dauvin ³

¹ Normandie Univ., UNICAEN, Laboratoire des Sciences Appliquées de Cherbourg, EA 4253, 50100 Cherbourg, France. – Normandie Univ, UNICAEN – France

² Conservatoire National des Arts et Métiers, INTECHMER, 50100 Cherbourg, France – Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM) – France

³ Morphodynamique Continentale et Côtière – Normandie Univ, UNICAEN, Université de Rouen Normandie, UMR CNRS 6143 – France

*Intervenant - noemie.baux@unicaen.fr

Les études qui tracent les sources de particules et les polluants à partir de données géochimiques, utilisent classiquement des techniques cartographiques (SIG) pour mettre en évidence la distribution spatiale des concentrations d'un élément particulier (Coura Borges *et al.*, 2014 ; El-Amier *et al.*, 2017). Certains travaux utilisent, en complément, des analyses multivariées de type Analyse en Composante Principale (ACP) ou Classification Ascendante Hiérarchique (CAH), permettant d'intégrer plusieurs paramètres chimiques et de sélectionner statistiquement les éléments porteurs d'informations. (Delgado *et al.*, 2010 ; Hou *et al.*, 2017 ; Bodrud-Doza *et al.*, 2019 ; Jin *et al.*, 2019). Les paramètres granulométriques sont, quant-à-eux, utilisés pour étudier les transports sédimentaires, notamment à travers l'approche Grain Size Trend Analysis (GSTA), qui en intègre trois : moyenne, classement et asymétrie de la distribution (MacLaren, 1982 ; Gao and Collins, 1994 ; Poizot *et al.*, 2006). Cette approche fait l'objet de nombreux travaux avec parfois d'autres paramètres granulométriques intégrés, sélectionnés *via* des ACP (PGSTA, Yamashita *et al.* 2018).

Une étude géochimique a été menée en baie de Seine Orientale (Baux *et al.* 2019) à partir de 179 échantillons sédimentaires prélevés entre le cap de la Hève et le port d'Antifer ainsi que 16 échantillons prélevés dans les bassins portuaires et l'estuaire de la Seine. La composition élémentaire (18 éléments chimiques calibrés) et la teneur en Carbone Organique Total (COT) ont été analysées par fluorescence à rayon X (XRF) et infrarouge (analyseur CS). Sur ce jeu de données, différents traitements ont été appliqués et les résultats comparés :

- Cartographie de la distribution spatiale des concentrations de chaque élément chimique.
- Analyses ACP et sélection des paramètres porteurs d'information, puis cartographie des résultats de l'ACP (axe 1 et 2).
- Application de l'approche GSTA " classique " sur les trois paramètres granulométriques.
- Intégration " novatrice " des paramètres chimiques et des résultats de l'ACP dans l'approche GSTA.

Les résultats illustrent l'intérêt des marqueurs géochimiques pour l'étude de la dynamique sédimentaire côtière et la mise en évidence de l'impact engendré par une activité anthropique (dépôt de dragage). L'approche GSTA, adaptée aux données géochimiques, confirme la dynamique sédimentaire observée par Baux *et al.* (2019) et apparaît plus robuste que les méthodes classiquement utilisées. Pour généraliser cette approche, une adaptation des concepts gouvernant l'approche GSTA est en cours de développement.

Mots-Clés: analyses élémentaires, XRF, granulométrie, dynamique sédimentaire, analyses multivariées, GSTA, Baie de Seine

LA SEQUENCE SEDIMENTAIRE AIG17III DU LAC AIGUEBELETTE, ARCHIVE DE L'ACTIVITE SISMIQUE AU FRONT DES ALPES OCCIDENTALES DEPUIS LA DERNIERE PERIODE GLACIAIRE

Banjan Mathilde ^{*1,2}, Pierre Sabatier ¹, Erwan Messenger ¹, Alexandre Durain ¹, Anne-Lise Develle ¹, Fabien Arnaud ¹, Charline Giguet-Covex ¹, Emmanuel Malet ¹, Bernard Fanget ¹, Christian Crouzet ²

¹ Université Grenoble Alpes, Univ. Savoie Mont Blanc, CNRS, EDYTEM, 73000 Chambéry, France

² Université Savoie Mont Blanc, Université Grenoble Alpes, CNRS, IRD, IFFSTAR, ISTERRE, Chambéry –France

*Intervenant - mathilde.banjan@univ-smb.fr

L'activité tectonique des Alpes occidentales peut donner lieu à des séismes de relativement forte intensité. Depuis le XVe siècle, plus de vingt séismes d'intensité épicentrale supérieure à VII ont été recensés dans la région Rhône-Alpes. Plusieurs études sur les séquences sédimentaires du lac d'Annecy et du Bourget présentent le matériel sédimentaire comme archive d'événements sismiques récurrents, avec un potentiel événement sismique majeur identifié entre 10 000 et 9000 cal. BP (Arnaud et al. 2012). Ces archives sont essentielles pour comprendre l'évolution de la sismicité au front des Alpes et l'occurrence d'événements majeurs antérieurs aux archives historiques et instrumentales.

A la frontière entre les terrains mésozoïques subalpins et jurassiens, le lac d'Aiguebelette se situe au voisinage du front de chevauchement des Alpes et de trois failles actives depuis l'Holocène : les failles de l'Epine, du col du Chat et de Culoz (De La Taille 2015). Ce lac, formé par le retrait glaciaire à la fin du Würm, est un enregistreur de la déformation post glaciaire. Unique en son genre dans les pré-Alpes, la séquence sédimentaire de 16m prélevée dans le lac d'Aiguebelette est complète, du Tardiglaciaire à l'actuel. Ce matériel constitue une archive de choix pour caractériser à la fois la récurrence des événements sismiques sur les derniers 12 000 ans et les variations climatiques, environnementales et anthropiques.

Une étude sédimentaire multi-traceurs à haute résolution basée sur des analyses sédimentologiques (granulométrie, LOI, microscopie), géochimiques (majeure et traces) et paléomagnétique (anisotropie de susceptibilité magnétique) associées à des datations (14C et radioéléments de courtes périodes) permet de comprendre la dynamique du remplissage de ce lac.

Cette séquence révèle une sédimentation constituée de varves biochimiques sur la majeure partie de l'Holocène au sein de laquelle sont intercalés des dépôts instantanés. L'analyse des propriétés sédimentologiques et magnétiques permet l'identification de 40 homogénites, associées à un effet de seiche de la masse d'eau, générées par un séisme (Campos et al., 2013).

A l'heure actuelle, le calcul de l'aléa sismique s'effectue en prenant l'hypothèse d'une sismicité stable dans le temps. L'archive sédimentaire utilisée comme chronique des événements sismiques majeurs passés permettrait de reconsidérer le calcul de l'aléa sismique dans cette région alpine.

Références:

- Arnaud, F., Révillon, S., Debret, M., Revel, M., Chapron, E., Jacob, J., ... & Magny, M. (2012). Lake Bourget regional erosion patterns reconstruction reveals Holocene NW European Alps soil evolution and paleohydrology. *Quaternary Science Reviews*, 51, 81-92.
- Campos, C., Beck, C., Crouzet, C., Demory, F., Van Welden, A., & Eris, K. (2013). Deciphering hemipelagites from homogenites through anisotropy of magnetic susceptibility. Paleoseismic implications (Sea of Marmara and Gulf of Corinth). *Sedimentary Geology*, 292, 1-14.
- De La Taille, C., Jouanne, F., Crouzet, C., Beck, C., Jomard, H., De Rycker, K., & Van Daele, M. (2015). Impact of active faulting on the post LGM infill of Le Bourget Lake (western Alps, France). *Tectonophysics*, 664, 31-49.

Mots-Clés: Sédimentologie, Paléosismologie, Lacustre, Alpes, Dépôts instantanés, Récurrence, Aléa

SUIVIS PLURIANNUELS DE LA DYNAMIQUE DE GRANDES DUNES TIDALES A L'EMBOUCHURE DE LA RADE DE BREST : EXEMPLE D'UN SYSTEME SEDIMENTAIRE SEGMENTE, IMPLICATIONS GEOMORPHOLOGIQUES ET ARCHEOLOGIQUES

Déborah Belleney ^{*1}, Axel Ehrhold ¹, Nicolas Le Dantec ², Gwenael Jouet ¹, Pascal Le Roy ²,
Marcaurelio Franzetti ²

¹ Laboratoire Géodynamique et enregistrement Sédimentaire - Geosciences Marines – Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer – France

² Laboratoire Géosciences Océan – Université de Bretagne Sud, Institut de Recherche pour le Développement, Centre National de la Recherche Scientifique – France

*Intervenant - deborah.belleney@ifremer.fr

Les fonds de la mer d'Iroise sont reconnus pour être balayés par de puissants courants de marée et des grandes houles tempétueuses Atlantiques. Les questions de dynamique et de transfert sédimentaire des systèmes sableux biogènes qui caractérisent la partie côtière de cette plateforme à écueils et plus largement celle de la Manche, ont été abordées de manière isolée (Franzetti et al, 2013, Ehrhold et al, 2015, Grégoire et al, 2016), montrant l'originalité et la vitalité des flux sédimentaires à l'origine de ces pièges permanents ou transitoires. L'entrée du goulet de Brest est à cette image, à la fois le résultat d'une morphologie héritée de l'évolution du socle géologique armoricain, encore entaillée aujourd'hui par le paléo-réseau fluvial (Fichaut, 1989), et présentant des micro-pièges sédimentaires ou champs de dunes, dans un contexte de sédimentation faible (Ehrhold et al., 2016).

Ce dispositif sédimentaire montre localement une intense dynamique de sédiments bioclastiques et bio-lithoclastiques à quelques centaines de mètre de la côte, sous la forme de champs de dunes " piégées " par la morphologie en dépression entre 15 et 40 m de profondeur (Grégoire, 2017). Le site retenu (une trentaine de grandes dunes tidales en file indienne et à vergence ouest) posé sur un gradient rapide de profondeur à proximité du littoral, constitue un véritable laboratoire pour suivre et comprendre la formation et la migration de ces figures sédimentaires dont les vitesses de migration peuvent dépasser 60 m/an, et d'en examiner le comportement en fonctions des conditions climatiques et tidales.

Cette zone est plus largement le cimetière d'une importante flotte de navires naufragés, ensevelis ou mis à l'affleurement par les mouvements de sable, perturbant les travaux de recherches archéologiques. Elle a été suivie à partir de plusieurs sources de données bathymétriques multifaisceaux (IUEM, Ifremer, Drassm) à l'échelle de plusieurs saisons (été 2018, automne 2018 et printemps 2019), et sur plusieurs années (2011, 2013, 2015, 2016). De dimensions modestes (500 m de large par 4 km de long), ce système dunaire linéaire contrôlé par la vidange de la rade au jusant présente la caractéristique d'être segmenté en plusieurs parties qui vont montrer des comportements et des réponses morphologiques différenciées dont nous avons essayé de définir les facteurs de contrôle.

Mots-Clés: Dunes, littoral, forçages, migration, morphologie, source, bioclaste

LA SEDIMENTOLOGIE, UNE SCIENCE AU SERVICE DU GENIE DE L'EAU

Bachir Benlaoukli *¹

¹ MVRE (ENSH) – ENSH BLIDA ALGERIE, Algérie

*Intervenant - benlaouklib@yahoo.fr

La sédimentologie, une des branches de la géologie qui étudie le comportement dynamique des sédiments durant leur itinéraire migratoire, c'est-à-dire de leur naissance jusqu'au lieu d'inertie final. Les sédiments transportés ou charriés par les eaux ou les vents modifient sensiblement la physionomie et les caractéristiques hydrologiques des bassins versants. Les sédiments comblent ou érodent des espaces dans les lits des cours d'eau. A la fin de leur voyage les sédiments envasent les lacs artificiels entraînant la réduction des capacités de rétention des barrages. La masse formée par les sédiments au pied des barrages forment ainsi une contrainte supplémentaire au parement amont de l'ouvrage. Cette charge déstabilisatrice doit être quantifiée dans le processus de calcul de stabilité de la digue. Plus tard ce volume solide devra faire l'objet d'une opération de dragage dans le but d'assurer les besoins en eau des populations. Dans les cours d'eau des désordres considérables sont créés par les transports solides soit en érodant, soit en déposant des éléments de différents diamètres transportés ou charriés dans des zones jusque là stables engendrant des débordements de part les berges des oueds, et des inondations des sites riverains.

La connaissance de sédimentologie permet au secteur du génie de l'eau d'envisager des mesures pour pallier à des situations à caractères sécuritaires économiques.

Mots-Clés: Sédimentologie, Barrage, Stabilité, Inondations, cours d'eau, Dragage.

LA SEDIMENTOMETRIE, OUTIL INCONTOURNABLE DANS LE DIMENSIONNEMENT DES DRAINS DES BARRAGES EN TERRE

Bachir Benlaoukli *¹

¹ MVRE (ENSH) – ENSH BLIDA ALGERIE, Algérie

*Intervenant - benlaouklib@yahoo.fr

Nous avons tendance lors de la définition du programme de reconnaissance des sols fins des zones d'emprunt de demander parmi les essais d'identification l'essai granulométrique, en occultant l'essai sédimentométrique. Dans les barrages en terre homogène notamment, nous avons comme tâche de protéger le matériau constituant le corps du remblai contre les conséquences néfastes des infiltrations. Cette protection ne peut être réalisée que par un système de drainage bien adapté. Les drains sont constitués essentiellement de filtres de différentes granulométries. Ces dimensions granulaires sont souvent identifiable par les critères établis par Terzaghi, la TVA, ou par l'US Army, car ces critères demandent la connaissance des diamètres d₁₀, et notamment le d₁₅ qui ne peuvent être obtenus que de la courbe granulométrique du matériau devant constituer le massif de la digue. Or cette courbe granulométrique en général n'atteint jamais le d₁₅ d'autant plus le d₁₀, et dans les meilleurs des cas elle atteint le d₂₀. La solution est que cette courbe granulométrique doit impérativement être complétée par un tronçon défini par l'essai sédimentométrique allant jusqu'en dessous du d₅%. Les cas des petits barrages, et retenues collinaires en Algérie septentrionale ont montré cette nécessité impérieuse de donner une importance particulière à l'essai sédimentométrique afin que la conception et le dimensionnement des drains et filtres destinés aux barrages en terre soient fiables et efficaces.

Mots-Clés: Sédimentometrie, Barrage, Granulométrie, Drains, Filtres

DENUDATION HISTORY OF THE FRENCH MASSIF CENTRAL: NEW INSIGHTS FROM THERMOCHRONOLOGY, BASEMENT-BASIN CROSS-SECTIONS AND SEMI-AUTOMATED PLANATION SURFACES MAPPING

Paul Bessin ^{*1}, Guillaume Baby ², Thomas François ³, Julien Baptiste ⁴, François Guillocheau ², Jocelyn Barbarand ³, Eric Lasseur ⁴, Justine Briaïs ⁴, Cécile Robin ²

¹ LPG Le Mans - UMR 6112 *Le Mans Université*

² Géosciences Rennes *CNRS : UMR6118, Université de Rennes I*

³ Géosciences Paris Sud *Université Paris-Sud - Paris 11, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8148*

⁴ Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)

*Intervenant - paul.bessin@univ-lemans.fr

Documenting surface uplift of basement areas is challenging, usually due to large gaps in the sedimentary record. In order to address this issue for the French Massif Central, we here investigate its denudation history through an integrated study that involves planation surface mapping, Apatite Fission-Track (AFT) Analysis and basement to basin cross-sections. First, Planation surfaces were identified using a semi-automated fuzzy classification of pixels based on relationships between DEM derivatives (slope, curvature, ruggedness and incision) and field-recognized training samples. Then, their different generations and age ranges were discriminated from hypsometry, fault partitioning and relationships with dated sedimentary and/or volcanic remnants, providing constraints on basement exhumation. Afterwards, integrating the previous planation surface analysis, geological cross-sections were produced from the Massif Central basement to the surrounding basins (Aquitaine Basin and Paris Basin). These sections provide local thicknesses estimates of the missing sedimentary cover over basement domains. These local thicknesses and exhumation phases were finally used as constraints to produce a thermal history modelling and a denudation map of different areas of the French Massif Central estimated from AFT inversion.

Our results show different burial and exhumation patterns with i) a main burial of its western parts (Limousin, Rouergue) during Jurassic times followed by an important regional denudation (1 to 2 km of missing cover and crystallized basement) during the early Cretaceous and ii) an Upper Cretaceous burial of its northeastern parts (Morvan, Forez) followed by an uppermost Cretaceous to Paleogene exhumation (

(This work is founded and carried out in the framework of the BRGM-TOTAL project Source-to-Sink)

Mots-Clés: Denudation history ; Planation surface ; Thermochronology ; basement ; basin cross ; sections ; Massif Central

ENREGISTREMENT SEDIMENTAIRE DE TSUNAMIS ET CYCLONES LORS DES DERNIERS 1500 ANS BP DANS L'ARC ANTILLAIS (SCRUB ISLAND, ANGUILLA)

Maude Biguenet ^{*1,2}, Pierre Sabatier ², Eric Chaumillon ¹, Fabien Arnaud ², Pierre Vacher ³, Anne-Lise Develle ², Emilie Chalmin ², Thibault Coulombier ¹, Nathalie Feuillet ⁴

¹ Littoral Environnement et Sociétés - UMR 7266 – Université de La Rochelle, Centre National de la Recherche Scientifique

² Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne – Université Savoie Mont Blanc, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5204 – France

³ Laboratoire Systèmes et Matériaux pour la MEcatronique – Université Savoie Mont Blanc – France

⁴ Institut de Physique du Globe de Paris – Institut national des sciences de l'Univers, IPG PARIS, Université Paris Diderot - Paris 7, Université de la Réunion, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7154

*Intervenant - maudebiguenet.mb@gmail.com

Les Petites Antilles sont une zone densément peuplée et très touristique, exposée à des séismes générés par la subduction de la plaque Nord-américaine sous la plaque caraïbe. En plus d'être dévastateurs, ces séismes peuvent entraîner la formation de vagues de tsunamis ravageurs. De même, ces îles sont particulièrement touchées par les cyclones tropicaux. L'ouragan Irma qui s'est produit en septembre 2017 a été l'un des plus puissants et plus coûteux jamais enregistrés dans l'océan atlantique (Cangialosi et al., 2018), ravageant certaines îles et faisant de nombreuses victimes. Cependant, peu de travaux ont été publiés sur l'histoire de ces événements aux Antilles (Oliva et al., 2018), or il est essentiel de disposer de chroniques qui permettront, à terme, d'estimer des temps de retour et des magnitudes maximale pour ces aléas. Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'étude " Coastal Paleoseismology and Tsunami deposits " de l'ANR CARQUAKE (Large earthquakes and tsunamis in the Lesser Antilles arc: impact on coastal and deep offshore sedimentation, reef growth and human settlement). Nous focalisons sur l'étude d'une séquence sédimentaire prélevée en Mars 2018 dans une lagune de Scrub Island (Anguilla), située au nord des petites Antilles. Cet enregistrement sédimentaire de 110 cm couvre les 1500 dernières années et met en évidence plusieurs phases de haute énergie.

Afin de caractériser les différents faciès présents dans cet enregistrement sédimentaire, une étude multiproxy a été réalisée, associant des observations de lames minces en microscopie optique et électronique, des analyses géochimiques, minéralogiques, infra-rouge et granulométriques. Ces analyses ont également été couplées à une approche en 3D par tomographie X et permettent de caractériser les différents faciès du remplissage lagunaire et de mettre en évidence 12 niveaux sableux, témoins d'incursions marines dans le lagon, liées au passage d'ouragans et/ou de vagues de tsunamis. Par ailleurs, un des principaux challenges de cette étude est de distinguer les enregistrements sédimentaires des cyclones de ceux liés à des tsunamis. L'association des différents traceurs avec des données issues de la bibliographie, a permis d'identifier les enregistrements d'au moins deux tsunamis historiques : celui de Lisbonne, qui a eu lieu en 1755 AD (Engel et al., 2016) et un tsunami daté d'environ 500 BP connus sur Anguilla et Saint-Martin (Scheffers and Kelletat, 2006).

Références :

- Cangialosi, J. P., Latta, A. S., Berg, R., 2018. National Hurricane Center tropical cyclone report: Hurricane Irma. NOAA NWS Rep AL112017 111 Pp.
- Engel, M., Oetjen, J., May, S.M., Brückner, H., 2016. Tsunami deposits of the Caribbean – Towards an improved coastal hazard assessment. *Earth-Sci. Rev.* 163, 260–296. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.10.010>
- Oliva, F., Viau, A.E., Peros, M.C., Bouchard, M., 2018. Paleotempestology database for the western North Atlantic basin. *The Holocene* 28, 1664–1671. <https://doi.org/10.1177/0959683618782598>
- Scheffers, A., Kelletat, D., 2006. New evidence and datings of holocene paleo-tsunami events in the caribbean (Barbados, St. Martin and Anguilla), in: *Caribbean Tsunami Hazard*. WORLD SCIENTIFIC, pp. 178–202. https://doi.org/10.1142/9789812774613_0008

Mots-Clés: tsunamis, cyclones, Petites Antilles, lagons, Holocène

LE GISEMENT MANGANIFERE LATERITIQUE DE BINIOMI (GABON)

Jessica Bonhoure ^{*1}, Olivier Pourret ¹, Lucien Corbineau ¹, Julien Feneyrol, Rémi Bosc

¹ Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt – France

*Intervenant - jessica.bonhoure@unilasalle.fr

Le gisement de manganèse (Mn) de Biniomi (Gabon) est situé au sein de plateaux latéritiques, à 75 km à l'est-sud-est du gisement de Moanda (qui à lui seul représente 25 % des réserves mondiales de minerai de Mn). Si le site de Moanda a été bien étudié, celui de Biniomi ne compte actuellement que peu de travaux visant à le caractériser. Il est localisé dans le Bassin de Franceville, lequel se compose de séries sédimentaires paléoproterozoïques non métamorphisées, déposées en discordance sur un socle cristallin Archéen [1]. Les séries carbonatées enrichies en manganèse, intercalées dans des black shales [2], vont constituer le protore à l'origine des concentrations manganésifères secondaires aujourd'hui exploitées. Ces enrichissements sont induits par le haut potentiel d'oxydo-réduction du manganèse, qui se retrouve ainsi concentré dans les formations sédimentaires dès la phase d'oxygénation de la Terre [3]. Le Mn, essentiellement précipité sous forme de carbonates et de silicates, est repris par l'altération supergène pour former des oxydes et oxyhydroxydes de Mn(III/IV) [4][5].

Les faciès rencontrés sur le site de Biniomi sont composés, de la surface vers les zones profondes : d'une croûte latéritique, de pisolites, d'une partie transitionnelle non consolidée à pisolites, fragments de plaquettes et argiles, d'un niveau minéralisé en plaquettes et massif pouvant comporter des intercalations d'argiles latéritiques, d'un niveau minéralisé à ampélites manganésifères et enfin d'un niveau à argiles violacées. Les oxydes et oxyhydroxydes de manganèse ont pu être identifiés par différentes méthodes analytiques : par microscopie optique, par diffraction des rayons X (XRD) et par microscopie électronique à balayage avec spectroscopie à dispersion d'énergie (SEM-EDS). Les résultats ont notamment montré la présence de pyrolusite (MnO₂), lithiophorite [LiAl₂Mn₃O₆(OH)₆], nsutite [Mn₄+0.85O_{1.7}Mn₂+0.15(OH)_{0.3}], manganite (MnOOH), associés à des oxydes et oxyhydroxydes de fer (goethite, hématite) et d'aluminium ainsi que des silicates résiduels.

Afin de caractériser la répartition élémentaire du profil latéritique de la zone de Biniomi, des analyses (roche totale par attaque acide) ont été réalisées sur une série d'échantillons provenant de ce profil. On observe une répartition différente entre le fer et le manganèse le long du profil, ce qui souligne les comportements différents de ces éléments : les niveaux supérieurs (croûte latéritique, grenaille, latérite supérieure) sont enrichis en Fe et comportent peu de Mn ; les niveaux sous-jacents sont à l'inverse enrichis en Mn et ont peu de Fe. En complément, les spectres de terres rares permettent de mettre en évidence un fractionnement le long du profil, illustrant ces phénomènes redox. Les spectres montrent un enrichissement en terres rares légères et, pour les échantillons les plus enrichis en terres rares, un enrichissement en terres rares moyennes. Sur certains spectres, des anomalies en cérium (oxydation du cérium trivalent en cérium tétravalent) sont observées, notamment au niveau de la croûte latéritique et la grenaille. Cela souligne l'influence des phénomènes redox dans les processus de précipitations du Mn.

Thiéblemont *et al.*, 2014 ; [2] Weber, 1968 ; [3] Sawaki *et al.*, 2017 ; [4] Johnson *et al.*, 2016 ; [5] Maynard, 2014.

Mots-Clés: Gisement latéritique, manganèse, Gabon, géochimie, minéralisation, bassin intracratonique

INFLUENCE DES APPORTS SEDIMENTAIRES LIES A L'EXPLOITATION MINIERE DES ALTERITES NICKELIFERES SUR LA QUALITE DES EAUX DE SURFACE (EXEMPLE DE LA NOUVELLE-CALEDONIE)

Aurélie Boula ¹, Christine Laporte-Magoni ¹, Christine Laporte-Magoni ¹, Monika Le Mestre ¹,
France Pattier ^{*1}

¹ ISEA – Université de la Nouvelle-Calédonie, Université de la Nouvelle Calédonie – France

^{*}Intervant - france.pattier@unc.nc

En Nouvelle-Calédonie les gisements nickélifères sont exploités par des mines à ciel ouvert. L'association de fortes précipitations tropicales et l'importance des volumes sédimentaires mobilisés, exerce une pression anthropique forte sur les eaux de surface. Cette activité est à concilier avec la préservation d'une ressource en eau potable pour les populations. En effet, 61% des eaux potables proviennent des cours d'eau et 24% des bassins versants appartiennent à des zones d'exploitation minière. Ces eaux ont révélé de fortes concentrations en éléments métalliques potentiellement toxiques tels que Ni, Co, Cr, et Mn, notamment en période de crue. Pour exemple, les statistiques descriptives d'une base de données issue du suivi environnemental sur 15 ans, d'un bassin versant impacté, indiquent une valeur médiane des concentrations en Cr dissous (filtrat à 0.45µm) de 108µg/l, pour une valeur de Q3 de 153 µg/l. Ces teneurs dépassent largement la valeur seuil de potabilité de 50µg/l, recommandée par l'OMS (2006). Un risque sanitaire existe pour les populations.

En crue, l'échantillonnage des eaux est corrélé à la turbidité, donc aux concentrations en MES. Sur d'anciens sites miniers abandonnés, les transports sédimentaires sont exacerbés lors des crues (ex : [MES] ≤ à 5740 mg/l). Ces sédiments miniers sont majoritairement composés d'oxydes de fer (goethite, hématite) reconnus pour leur capacité à adsorber des éléments métalliques (EM). Les MES représentent un réservoir en EM, susceptibles d'être solubilisés lors du transport. Une meilleure estimation du risque sanitaire encouru par les populations requiert de mieux évaluer les contributions en EM des MES, et d'en décrypter les dynamiques ainsi que les temporalités.

Deux crues ont été échantillonnées, sur la Pandanus, un cours d'eau situé à l'aval du site minier du Massif Koniambo, au Nord de la Nouvelle-Calédonie, lors de la saison chaude de 2015. Des prélèvements ont également été réalisés, afin d'obtenir la ligne de base géochimique hors crue de la Pandanus (absence d'apport sédimentaire). Ce bassin versant a fait l'objet d'un suivi environnemental de pré-exploitation sur une période de 9 ans. Les concentrations ainsi collectées définissent un fond géochimique " naturel ", incluant les périodes d'étiage et de crues. Pour tous les échantillons d'eau, les concentrations totales (MES + dissous) et du dissous (filtrat < à 0.45µm) ont été analysées.

Les concentrations totales en Fe, Ni, Cr, Co et Mn sont parfaitement corrélées aux concentrations en MES lors des crues. Pendant les événements pluvieux, les variations des concentrations totales résultent donc principalement des apports sédimentaires.

A noter que Zn se distingue par un pic de concentration totale visible 4h30 après celui des MES. Ces deux paramètres ne sont donc pas corrélés. La comparaison de la ligne de base avec le fond géochimique naturel montre des concentrations plus faibles pour les mesures hors crue. Seul le Zn présente des valeurs médianes identiques dans les deux cas. Ce résultat et l'absence de corrélation avec les valeurs de MES au cours des crues, indiquent que Zn résulte d'un apport complémentaire. Les eaux souterraines pérennisent l'écoulement de la Pandanus en période d'étiage. Le Zn est sans doute issu du lessivage des péridotites serpentinisées composant ces réservoirs souterrains. Les maxima des concentrations en Fe, Ni, Co et Mn de la fraction dissoute correspondent au maximum en MES, sauf pour le Cr et le Zn dont le pic apparaît 5h après. Ces résultats semblent donc démontrer que le décalage temporel de l'ordre de 5h entre le pic de leurs concentrations et celui des MES marque l'apport plus tardif des eaux souterraines en réponse à l'événement pluvieux. Pour le suivi de la qualité des eaux l'échantillonnage en fonction de la turbidité ne paraît pas être représentatif du risque. La protection sanitaire des populations requiert d'étendre les mesures plus de 24h après l'abaissement des concentrations en MES.

Mots-Clés: Contamination, Mines, MES, Nickel, Chrome

NOUVELLES DONNEES SEDIMENTOLOGIQUES ET REEVALUATION DES ANCIENS FORAGES DU SUD DU BASSIN DE PARIS : UNE SUCCESSION PERMIENNE COMPLETE SOUS-ESTIMEE ?

Sylvie Bourquin ^{*1}, Laurent Beccaletto ², Mathilde Mercuzot ¹, Stéphane Pochat ⁴, Céline Ducassou

¹ Géosciences Rennes UMR6118 – Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS : UMR6118 – France

² Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – DGR/GBS Orléans – France

³ Laboratoire de Planétologie et Géodynamique de Nantes, UR6112 – CNRS : UMR6112, INSU, Université de Nantes – France

*Intervant - sylvie.bourquin@univ-rennes1.fr

L'ère glaciaire de la fin du Paléozoïque (LPIA, 340-300 Ma) a été l'un des événements glaciaires les plus importants de l'histoire de la Terre, avec un maximum de glaciation autour de la limite Carbonifère-Permien. Le réchauffement global qui s'en est suivi a entraîné une diminution des calottes glaciaires jusqu'au maximum climatique du Trias inférieur (i.e. Olenekian). Dans ce contexte, les rôles respectifs de l'évolution du climat et de la tectonique (local vs global, i.e. soulèvement et effondrement de la chaîne hercynienne vs dérive des continents) sont sujets à de nombreux débats. Une clé pour comprendre l'impact de ces deux paramètres sur l'enregistrement sédimentaire serait d'étudier les domaines terrestres intertropicaux de la fin du Carbonifère au Permien, où de nombreuses séries sont préservées. Cependant, dans le domaine terrestre, il est difficile de trouver un enregistrement continu de la sédimentation et des calages stratigraphiques, en particulier en Europe de l'Ouest. Sur la base d'une réévaluation des données de forages, nous suggérons qu'une succession complète du Carbonifère supérieur au Permien supérieur pourrait être présente dans le Sud du Bassin parisien.

Jusqu'à présent, une succession complète du Carbonifère au Permien supérieur n'a pas été trouvée en Europe. En effet, les bassins sédimentaires intracontinentaux ont surtout enregistré une sédimentation d'âge Permien supérieur dans les bassins de l'Allemagne du Nord, y compris en Mer du Nord, tandis que la transition Carbonifère-Permien est principalement enregistrée dans les bassins de l'Allemagne du Sud avec cependant de nombreuses lacunes dans la sédimentation, surtout au Permien moyen.

Dans le Sud de la France, l'attribution stratigraphique est incertaine pour la transition Carbonifère-Permien et la sédimentation date principalement du Permien moyen, i.e. Wuchiapingien. Dans le Nord de la France, les affleurements montrent des successions d'âge Permien supérieur (région des Vosges) ou Permien inférieur (Autun). Récemment, grâce à un retraitement de données sismiques, une épaisse série sédimentaire Carbonifère-Permien sous la couverture sédimentaire Mésozoïque a été mise en évidence au Sud du Bassin parisien.

Sur la base (i) d'une réévaluation des données de forages (dont un avec des données de carottes) du Sud du Bassin parisien, et (ii) d'une comparaison avec les données de subsurface des bassins de Dezice-La Machine et d'Autun, nous proposons un modèle stratigraphique et sédimentologique de cette région où seraient présentes jusqu'à 3000 mètres de séries permienues. Cette zone pourrait être le "chaînon manquant" pour comprendre l'évolution carbonifère-triasique en Europe occidentale.

Des recherches plus poussées avec un nouveau forage carotté dans cette région nous aideraient à mieux comprendre les dépôts sédimentaires carbonifères-permiens, en fournissant de nouvelles données sédimentologiques, géochimiques, géochronologiques et paléontologiques sur cette période cruciale de l'histoire de la Terre.

Mots-Clés: Série continentale Carbonifère à Trias, Bassin parisien, Nord Massif Central, ages ICPMS

CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL DES COMMUNAUTES MICROBIENNES ARCHEENNES DES JOSEFSDAL CHERTS (BARBERTON GREENSTONE BELT, AFRIQUE DU SUD)

Jean Bréhéret ^{*1}, Frances Westall ¹, Keyron Hickman-Lewis ¹, Kathleen Campbell ¹

Diego Guido ¹

¹ GÉHCo EA 6293 – Université de Tours – France

^{*}Intervenant - Jean.breheret@wanadoo.fr

Au sein de la Ceinture verte de Barberton dans l'Archéen de l'Afrique du Sud, les données pétrographiques montrent l'évidence de communautés microbiennes benthiques complexes parfaitement préservées dans le Josefsdal Chert (Complexe de Kromberg) daté de 3,334 Ga. Le contexte sédimentaire dans lequel les communautés de microorganismes se sont développées, ainsi que leurs conditions de préservation sont examinés.

Les dépôts marins (40 m d'épaisseur), s'intercalant entre d'épais épanchements basaltiques, sont composés d'éléments variés : particules provenant pour une faible part de l'érosion continentale (TTG), cendres volcaniques et lapilli, précipités induits par l'activité des microorganismes (dont produits diagénétiques précoces, telle la sidérite) et proportion très élevée de silice issue de la précipitation dans les eaux marines sursaturées et les sédiments superficiels, ainsi que de l'intense activité hydrothermale ; il s'y ajoute la présence du carbone organique d'origine microbienne.

Les sédiments sont largement dominés par des cherts rougeâtres à brun-noir (du fait d'une silicification très précoce voire syndépositionnelle), pour une part à lamination plan-parallèle caractéristique d'un milieu de faible énergie et de l'extension de tapis microbiens, et pour une autre part à structures mécaniques variées : HCS, SCS, gouttières d'érosion, rides de courant, rides de vagues et fentes de dessiccation témoignant d'environnements littoraux parfois émergés. Les silicifications très précoces développées aux dépens des sédiments envahis par les colonies microbiennes soumis à la synérèse sont à l'origine d'abondants nodules et de lentilles siliceuses à structures microstalactitiques vadoses. L'intense silicification post-dépôt a engendré la formation de masses hypersilicifiées irrégulières au sein de ces sédiments, et dont certaines sont manifestement liées à l'hydrothermalisme comme le montrent des exemples de brèches d'explosion associées à des filons hydrothermaux. D'autres brèches résultent, sinon de tempêtes, de séismes associés à l'environnement volcanique. Ces phénomènes expliquent la présence de microslumps développés aux dépens de la mince couverture sédimentaire sur la topographie tourmentée qu'offrent les coulées basaltiques.

Des tufs gris verdâtre, témoins de l'activité volcanique, discrets dans l'ensemble (sporadiques lits millimétriques), forment une couche métrique dans la partie moyenne des cherts et une couche d'environ 10 m dans la partie supérieure. Les lits millimétriques à pluricentimétriques de cendres et lapilli résultent d'une rapide succession de phases explosives séparées par de courtes rémissions ne laissant parfois qu'une lamine millimétrique noire, riche en matière carbonée dont il a été montré qu'une fraction pouvait être d'origine extraterrestre.

Références :

WESTALL F., CAMPBELL, K.A., BREHERET, J.G., FOUCHER, F., GAUTRET, P., HUBERT, A., SORIEUL, S., GRASSINEAU, N., GUIDO, D.M. (2015).- Archean (3.33 Ga) microbe-sediment systems were diverse and flourished in a hydrothermal context. *Geology*, 43, 7, 615–618.

WESTALL, F., HICKMAN-LEWIS, K., HINMAN, N., GAUTRET, P., CAMPBELL, K.A., BREHERET, J.G., FOUCHER, F., HUBERT, A., SORIEUL, S., DASS, A.V., KEE, T.P., GEORGELIN, T., BRACK, A. (2018).- A Hydrothermal-Sedimentary Context for the Origin of Life. *Astrobiology*, 18, 3, 1-35.

DIDIER GOURIER, D., BINET, L., CALLIGARO, T., CAPPELLI, S., VEZIN, H., BREHERET, J.G., HICKMAN-LEWIS, K., GAUTRET, P., FOUCHER, F., CAMPBELL, K., WESTALL, F. (sous presse).- Extraterrestrial organic matter preserved in 3.33 Ga sediments from Barberton, South Africa. *Geochimica Cosmochimica Acta*.

Mots-Clés: Archéen, Chert, silicification, tuf, hydrothermal, environnement, communautés microbiennes

EVOLUTION TECTONO-SEDIMENTAIRE DU BASSIN DU FOREZ (RIFT DES LIMAGNES) : ENREGISTREMENT DU MECANISME D'OUVERTURE

Justine Briaïs ^{*1}, Sandrine Grataloup ¹, Renaud Couëffé ¹, Frederic Lacquement ¹, Christine Barbet ²,
Patrick Lachassagne ²

¹ Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) –France

² Danone Research – Groupe DANONE – France

*Intervant - j.briaïs@brgm.fr

Le bassin du Forez appartient au système de rift ouest européen (ECRIS) qui correspond à une phase de rifting intracontinental couramment attribuée à l'Eocène supérieur-Oligocène, et traditionnellement rapportée à une extension E-W oligocène. La dynamique de l'ouverture de ces bassins dans le contexte compressif lié à la convergence Afrique-Eurasie reste cependant controversée. Plusieurs hypothèses sont évoquées concernant les mécanismes, dont (1) une activité mantellique (Neugebauer, 1978), (2) une extension de la plaque européenne liée à la subduction (Jowett, 1996 ; Stampfli et al., 1992), et (3) une transtension liée à un mouvement décrochant entraîné par les contraintes N-S pyrénéennes et la convergence Apulie-Eurasie (Ziegler et Dezes, 2005 ; Bourgeois et al., 2007).

L'objectif est de mieux comprendre la dynamique de l'ouverture de ces fossés par l'analyse du remplissage sédimentaire et des failles bordières. Nous présenterons ici principalement les résultats acquis sur le bassin du Forez. L'analyse de profils sismiques, de sondages ainsi qu'une réévaluation biostratigraphique ont permis d'identifier trois grandes étapes successives :

(1) Le stade syn-rift est représenté par des dépôts d'âge Lutétien (?) - Bartonien dont le dépôt-centre est très localisé, au NE du bassin, limité par des failles d'orientation N160. A l'inverse la bordure ouest ne semble pas être structurée puisque les dépôts y présentent des géométries en onlap.

(2) L'évolution au cours du Priabonien et du Rupélien montre un bassin bien plus large et subsident limité par les bordures actuelles du bassin. Les structures qui limitaient le dépôt centre Lutétien-Bartonien sont scellées à ce stade. La bordure NE est toujours active puisque des cônes alluviaux sont observés à l'aplomb de cette structure. C'est également le cas pour la bordure SW qui semble se structurer à cette époque, attestée par la présence de cônes alluviaux. A l'inverse les géométries sédimentaires montrent des onlap contre les bordures NW et SE du bassin.

L'architecture du remplissage Lutétien (?) à Rupélien montre une asymétrie du rift qui s'inverse de nord au sud.

(3) L'évolution Oligocène supérieur et Miocène est marquée par deux érosions majeures et par une activité volcanique depuis le Rupélien jusqu'au Serravalien localisée sur des structures tectoniques. La première érosion est enregistrée à la base du Chattien impliquant le soulèvement de la bordure SE du bassin (zone de transfert de Saint-Etienne) ; tandis que la seconde est rapportée au Tortonien. Les origines de ces érosions ne sont pas expliquées, mais elles pourraient être liées au volcanisme ou à un régime compressif en lien avec l'orogène alpin.

En conclusion, le stade syn-rift est enregistré depuis le Lutétien (?) – Bartonien jusqu'au Rupélien. La structuration de ce bassin est rhomboédrique et asymétrique suggérant une ouverture en décrochement (bassin transtensif). Le stade post-rift, Chattien-Miocène, est marqué par des érosions majeures qui sont probablement liées aux contraintes alpines, comme c'est le cas dans le bassin de la Bresse, mais aussi par le volcanisme qui est post-rift.

Mots-Clés: bassin transtensif, sédimentation syn, tectonique, ECRIS, rift

SEAWATER SEASONAL PALEOTEMPERATURE EVOLUTION IN BRACKISH ENVIRONMENTS OF THE ISLE OF WIGHT DURING THE EOCENE-OLIGOCENE TRANSITION: INSIGHTS FROM COMBINED $\delta 180$ - $\Delta 47$ ANALYSES OF BIVALVE SHELLS.

Justine Briard ^{*1}, Marc De Rafelis ¹, Emmanuelle Pucéat ³, Emmanuelle Vennin ³,
Mathieu Daeron ⁴, Valérie Chavagnac ¹, Laurent Emmanuel ⁵, Didier Merle ⁵

¹ Géosciences Environnement Toulouse (GET), Université de Toulouse, CNRS, IRD, UPS, 14 avenue Edouard Belin F-31400 Toulouse. – Université Paul Sabatier - Toulouse III – France

³ Biogéosciences, UMR 6282, UBFC/CNRS, Université Bourgogne Franche-Comté, 6 boulevard Gabriel, F-21000 Dijon

⁴ Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE/IPSL, CEA-CNRS UVSQ, Université Paris-Saclay, F-91191 Gif-sur-Yvette

⁵ Sorbonne Université, CNRS-INSU

*Intervenant - briard.justine@gmail.com

The Cenozoic period encompasses the last transition from the "greenhouse" climate of the late Early Eocene (≈ 50 Ma) to our modern "icehouse" climate with its much lower CO₂ levels and significant polar glaciation. The Eocene-Oligocene transition, that marks the first major ice-sheet build-up on Antarctica, has been extensively studied as it represents the entrance into an icehouse mode¹. Identification of this major step of Antarctic ice-sheet build-up strongly relies on $\delta 180$ and Mg/Ca benthic foraminifera records from ODP / DSDP sites^{2, 3}. By contrast, few records currently exist from shallow environments despite the presence of fossil archives, like bivalve shells, that can give access to environmental variations at the seasonal scale. Yet environmental records from these environments at the transition between open ocean and continents could bring information on how they react to global climate changes and help to further understand the behavior of our climate system. Reconstruction of seawater temperatures in coastal environments using bivalve $\delta 180$ can be impeded by variations in the oxygen isotope composition of local seawater ($\delta 180_{sw}$) linked to fluctuations in the local hydrological cycle. One way to circumvent this limitation is to combine $\delta 180$ with clumped isotope ($\Delta 47$) analyses of bivalve to decipher the evolution of seawater temperature and local $\delta 180_{sw}$. We tested in this work the potential of this combined approach to reconstruct the evolution of temperature and salinity in a brackish environment over the earliest Priabonian to earliest Rupelian interval (≈ 37.8 –33 Ma). Three outcrops have been selected, of the Headon Hill Formation (Whitecliff Bay, Colwell Bay) and of the Bouldnor Formation (Gurnard Bay), on the Isle of Wight in the northern part of the London-Paris Basin. These outcrops yield sediments deposited in restricted shallow (< 50m) marine environments and contain numerous bivalves, composed of calcitic shells (genus *Ostrea*) and aragonitic shells (genus *Venus*) exceptionally well preserved in marly deposits. After careful screening using cathodoluminescence, bivalves were either microsampled along the growth axis to depict seasonal temperature and local $\delta 180_{sw}$ variations, or sampled on a larger area to obtain an average temperature and local $\delta 180_{sw}$ on a large part of the bivalve life. Our new dataset highlights large cyclic variations in carbonate $\delta 180$ within the shells, of about 3‰ that reflect a combination of seasonal temperature variations during the Early Priabonian with humid summers and drier winters. A combination of cooling and marked decrease in salinity is identified at the transition between Bembridge Marls Member and Hamstead Member. This supports the attribution of the Eocene-Oligocene boundary at the transition between these two Members, as was suggested in literature⁴. Our dataset provides new information on both seawater temperature and seasonality evolution within a still understudied region and as such contributes to increase our knowledge of the regional environmental response to global climatic changes during this key interval of Antarctica ice-sheet build-up.

Références:

- 1 Zachos, J. C., Dickens, G. R., & Zeebe, R. E. (2008). An early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon-cycle dynamics. *Nature*, 451(7176), 279.
- 2 Lear, C. H., Elderfield, H., & Wilson, P. A. (2000). Cenozoic deep-sea temperatures and global ice volumes from Mg/Ca in benthic foraminiferal calcite. *Science*, 287(5451), 269-272.
- 3 Billups, K., & Schrag, D. P. (2002). Paleotemperatures and ice volume of the past 27 Myr revisited with paired Mg/Ca and 180/160 measurements on benthic foraminifera. *Paleoceanography*, 17(1), 3-1.
- 4 Hooker, J. J., Grimes, S. T., Matthey, D. P., Collinson, M. E., & Sheldon, N. D. (2009). Refined correlation of the UK Late Eocene–Early Oligocene Solent Group and timing of its climate history. *The Late Eocene Earth: Hothouse, Icehouse, and Impacts*, 452, 179.

Mots-Clés: Paleotemperatures, Eocene Oligocene Transition, Bivalve shells, Isle of Wight

U/PB DATING AND $\Delta 47$ TEMPERATURE DETERMINATION OF JURASSIC CARBONATES: IMPLICATIONS FOR EARLY AND BURIAL DIAGENESIS WITHIN INTRACRATONIC SEDIMENTARY BASINS

Benjamin Brigaud ^{*1}, Magali Bonifacie ², Simon Andrieu ³, Damien Calmels ¹, Thomas Blaise ¹, Frédéric Haurine ¹, Jocelyn Barbarand ¹, Maurice Pagel ¹

¹ Géosciences Paris Sud (GEOPS) – Université Paris-Sud - Université Paris-Saclay, CNRS : UMR8148 – France

² Institut de Physique du Globe de Paris – Université de Paris – France

³ Bureau de recherches géologiques et minières – (BRGM) – France

*Intervenant - benjamin.brigaud@u-psud.fr

Diagenesis is a key process for understanding past circulations and petrophysical evolutions of sedimentary rocks. Many mineral or organic thermochronometers and thermometers such as apatite fission tracks and (U-Th)/He dating, fluid inclusions microthermometry, vitrinite reflectance, RockEval pyrolysis (T_{max}) are used to place the diagenetic processes of a rock sample in a time-temperature trajectory. However, paleo-circulations often include only microscopic carbonate cements between sedimentary clasts, for which temperatures associated with ages are very complicated to obtain. Major technological obstacles need to be addressed. It is first (1) the determination of the timing of crystallization of minerals into intergranular or fractured porous media and then (2) the characterization of the fluid sources and some parameters of the deposition conditions such as temperature, Eh, pH, etc... both into solids and fluids. The difficulty to obtain ages of mineral stages involved in the cementation of sedimentary rocks (calcite, dolomite or quartz) usually prevents a good understanding of the chronology of events leading to petrophysical evolution of rocks. Microdrilling of carbonates, allowing extraction of several mg of powder, is often used before measurements of $\delta 180$, $\delta 13C$, rare earth element contents or U-Pb dating, in order to characterize the sediment and its diagenesis. To understand the physico-chemical processes involved during diagenesis, this technique is however somehow limited. The size of investigation is thus a limitation to many diagenetic studies, especially for early diagenesis which is characterized by very small cements (< 200 μm). The Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (ICPMS), coupled with a laser ablation system (LA), allows geochemical analyses of very small cements (analysis spot from 50 to 110 μm) directly on a thin section, and opens up, in some favorable cases, to date diagenesis modifications. The objective of this presentation is to demonstrate the potential of coupling clumped isotope thermometry ($\Delta 47$) and in situ U-Pb dating on early (isopachous or non-isopachous dogtooth cements) and blocky calcite (sparite) filling the intergranular space of Jurassic limestones of the Paris and Aquitaine basins in France. The first stage filling the inter-granular space are not systematically synchronous to the deposition and great uncertainties lie in the chronology of the beginning of the diagenesis (cementation). When does cementation mainly start: 5 Ma, 10 Ma or 100 Ma after deposition? Preliminary analyses on so-called early cements filling intergranular space display that cementation begins between 3 and 100 Ma after deposition. The coupling of $\Delta 47$ temperatures and U/Pb ages obtained on later blocky calcite from the Paris Basin suggests that abnormally hot fluids may have circulated during the Early Cretaceous and the Eocene-Oligocene (Figure 1), both periods being marked by significant geodynamic events. Clumped isotope temperatures ($\Delta 47$), are clearly higher than (by at least 30°C) the thermal maximum recorded in the host-rock by classical thermochronometers such as apatite fission tracks. Interestingly, coupling the $\Delta 47$ and $\delta 180$ compositions of the sparites analyzed here suggest that the sparite mineralizing fluid has a deep basinal origin. The fluid considered until now at low temperatures was considered as meteoric (Carpentier et al., 2014). The mineralizing fluids interacted with minerals in the crystalline basement or are derived from a mixture from hydrothermal fluids and brines that have dissolved a large amount of carbonates. The coupling of $\Delta 47$ temperatures and U-Pb ages suggests that diagenesis is marked by punctual and hydrothermal events, probably too short to be recorded by organic matter, clay minerals or apatite fission tracks. It appears that these new data call for reconsidering the hypotheses made until now concerning the history of paleo-fluid flows of these basins, and open new perspectives to understand diagenesis and past fluid flow events in many sedimentary basins.

References :

Carpentier, C., Brigaud, B., Blaise, T., Vincent, B., Durllet, C., Boulvais, P., Pagel, M., Hibsich, C., Yven, B., Lach, P., Cathelineau, M., Boiron, M.-C., Landrein, P., Buschaert, S., 2014. Impact of basin burial and exhumation on Jurassic carbonates diagenesis on both sides of a thick clay barrier (Paris Basin, NE France). *Marine and Petroleum Geology*, 53: 44-70.

Mots-Clés: U, Pb, clumped isotopes, carbonate, diagenesis

SYNSEDIMENTARY AND PYRENEAN DEFORMATIONS IN QUERCY (FRANCE). COMBINATION OF FIELD, PETROGRAPHY AND GEOCHEMICAL ANALYSES.

Stephen Brown ^{*1}, Cécile Allanic ¹, Simon Andrieu, Benjamin Brigaud ²

¹ Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – MESRS, MEDDE – 3, avenue Claude Guillemin BP 36009 45060 Orléans cedex 2, France

² Géosciences Paris Sud (GEOPS) – Université Paris-Sud - Paris 11, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS : UMR8148 – France

*Intervenant - stephenb685@gmail.com

The direction of two major hercynian faults in southcentral France plays a large role in the sedimentation and tectonic deformation in the eastern Aquitaine Basin: the N20° Villefranche-Toulouse fault and the N150° West Quercynois accident. These major faults delimit the West-Quercynois Jurassic sub-basin (Dauch 1988). This study combines structural fieldwork with petrography and geochemical analyses with the aim to better spatially characterize the kinematics of the structures with the nature of the associated synkinematic fluids.

In this zone relatively far from the Pyrenean orogen, fieldwork observations show three principal directions of structures in the area, whatever the scale: E-W reverse faults, NW-SE dextral strike-slip faults and NE-SW sinistral strike-slip fault, as documented by multiple authors (Bonijoly 1980, Pélissié 1982, Dauch 1988). Paleostress inversions (Angelier, 1994) evidence that these structures are kinematically coherent, all with a nearly N-S sigma 1, and formed at the same time, likely during the Pyrenean Tertiary compression.

Moreover, extensional synsedimentary faulting exists in several places in the field as well. The latter, less documented in the literature, corresponds mainly to E-W dip-slip normal faulting characterizing a N-S extension stress state.

In order to conduct a petrographic and geochemical study, 30 thin sections are made from calcite cement samples collected from faults and fractures. Observations of thin-sections with alizarin-potassium ferricyanide staining and by cathodoluminescence microscopy allows for precise documentation of the cement stages that precipitated within fractures and faults. Coupled with $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ analyses, it allows for the identification of the type (meteoric vs marine) and relative history of the fluids circulating at different locations in the West-Quercynois sub-basin. The goal is to associate a specific fluid with each deformational phase as well as, if possible, each type of fracture.

The project is a final internship for a Master 2 engineering student at ENSEGID (Ecole Nationale Supérieure en Environnement, Géoressources et Développement Durable) in Talence. It is part of the collaborative project Convergence – Source to Sink between the BRGM (Bureau de Recherche Géologique et Minières) and Total.

Mots-Clés: far field deformations, synsedimentary faults, calcite petrography, fluids, geochemistry, Quercy, Aquitaine Basin

SERAC: A R PACKAGE FOR SHORTLIVED RADIONUCLIDE CHRONOLOGY OF RECENT SEDIMENT CORES

Rosalie Bruel ^{1,2}, Pierre Sabatier ^{*3}

¹ Centre Alpin de Recherche sur les Réseaux Trophiques et Ecosystèmes Limniques (CARRTEL) *Université de Savoie, Institut national de la recherche agronomique (INRA) : UMR0042*

² Rubenstein Ecosystem Science Laboratory, University of Vermont, 05401 Burlington VT

³ Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne *Université Savoie Mont Blanc, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5204*

*Intervenant - pierre.sabatier@univ-savoie.fr

Short-lived radionuclides are measured in surface sediment to provide geochronology over the past century. Age depth models can be produced from ²¹⁰Pbex activities derived sedimentation rates, and confirmed by ¹³⁷Cs and ²⁴¹Am activities using fallout from nuclear weapon test and Chernobyl accident. Different steps for age depth modelling using such data require expertise in lake sedimentation processes. Here we present a package, serac, that allows the user to compute age-depth model and provide an output graph, as well as age model in a text file and metadata, on the free open-source statistical software R. serac ensure the reproducibility of age-depth model, and grant the possibility to test several ²¹⁰Pbex models (CFCS, CIC, CRS) in relation to depth or mass-depth and sedimentation hypotheses (change in sedimentation rates, instantaneous deposits, varved sedimentation, etc.). By tacking several case studies including lakes and lagoon in different environments, we provide diverse situations a user may be confronted to. The rising number of sediment cores for recent paleo studies and the need to correlate among them requires reproducible methods. serac is an user friendly code that accompanies the scientist in age model computation for the past century and encourage the standardisation of outputs.

Mots-Clés: Shortlived radionuclide ; R package ; ²¹⁰Pb model ; ¹³⁷Cs ; age model ; sediment core ; metadata

PARTITIONNEMENT LONGITUDINAL D'UN RIFT ACTIF (GOLFE D'EUBEE, GRECE) : HERITAGE STRUCTURAL ET/OU INFLUENCE DES SEGMENTS DE LA FAILLE NORD- ANATOLIENNE ? (CAMPAGE WATER)

Fabien Caroir ^{*1}, Frank Chanier ¹, Virginie Gaullier ¹, Julien Bailleul ²

¹ Université Lille, CNRS, Université Côte d'Opale, UMR 8187, LOG, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, F59000 Lille

² Bassins Réservoirs Ressources (B2R) – Institut UniLaSalle Beauvais – Institut UniLaSalle Beauvais – France

*Intervenant - fabien.caroir@univ-lille.fr

L'ensemble du domaine égéen est caractérisé par une tectonique active en extension qui se traduit par un important amincissement crustal et le développement de nombreux bassins étirés. Cette tectonique est le résultat de deux mécanismes géodynamiques contemporains : l'extension arrière-arc au sein du domaine égéen induite par le retrait du panneau plongeant africain sous les Hellénides, et l'extrusion vers l'ouest de la plaque anatolienne. Plusieurs grabens orientés WNW-ESE dont les rifts de Corinthe et Sperchios-Golfe d'Eubée accommodent cette extension active au moins depuis la base du Pliocène jusqu'à l'actuel. Le Golfe d'Eubée est soumis à des contraintes principales extensives orientées NW-SE à N-S et les mesures GPS montrent des vitesses de déplacement d'environ 1 à 3 mm/a.

La campagne à la mer WATER (Western Aegean Tectonic Evolution and Reactivations), réalisée en juillet-août 2017 à bord du N/O " Téthys II ", a permis d'acquérir plus de 1300 km de profils de sismique réflexion très haute résolution de type Sparker (50-300 joules) à travers l'ensemble du Golfe d'Eubée, le chenal d'Oreoi, et le sud des Sporades. Ce type de données permet de caractériser très précisément les remplissages sédimentaires et les structures tectoniques récentes. La résolution de cette technique d'acquisition permet également de comparer à une échelle équivalente les données acquises en mer avec les données de terrain.

Les premiers résultats de la campagne WATER illustrent notamment une répartition des dépôts récents du rift actif du Golfe d'Eubée selon trois sous-bassins séparés par des seuils bathymétriques. Ces derniers peuvent être contrôlés par plusieurs zones de failles et/ou par les hétérogénéités structurales ou lithologiques du socle du bassin, qui jouent ainsi un rôle clef dans le remplissage sédimentaire et l'évolution du rift. Ces types de structures possèdent des orientations significativement différentes de celles du rift. La segmentation longitudinale du Golfe d'Eubée dépend donc fortement de l'origine de ces seuils. Les nouvelles données sismiques et cartographiques présentées permettent de discuter de ces seuils, de leur orientation et de leur origine. La segmentation longitudinale du rift s'est développée très probablement récemment, au cours du Quaternaire, alors que le rifting a débuté dès la base du Pliocène. L'apparition de la segmentation peut être contrôlée par des héritages structuraux de la croûte, mais aussi par la propagation plus tardive de certaines branches de la terminaison occidentale de la Faille Nord-Anatolienne.

Mots-Clés: Rifting, Tectonique, Extension, Héritage Structural, Faille Nord Anatolienne

MODELISATION 3D D’AFFLEUREMENTS POUR LA CARACTERISATION DE DEPOTS GRAVITAIRES MARINS PROFONDS : APPROCHE PHOTOGRAMMETRIQUE A PARTIR DE L’EXEMPLE DE LA MARGE HIKURANGI

Corentin Chaptal ^{*1}, Barbara Claussmann ^{1,2}, Frank Chanier ³, Geoffroy Mahieux ⁴, Julien Bailleul ¹

¹ EA 7511, Basins-Réservoirs-Ressources (B2R), Collège Géosciences, UniLaSalle, Beauvais, France – Institut Polytechnique UniLaSalle – France

² Schlumberger, Software Integrated Solutions, London, SW1E 6AJ, United Kingdom – Royaume-Uni

³ Université de Lille, CNRS, ULCO, UMR 8187, Laboratoire d’Océanologie et de Géosciences (LOG), France – Université Lille I - Sciences et technologies – France

⁴ EA 7511, Basins-Reservoirs-Resources (B2R), Université de Picardie Jules Verne, Amiens, France – Université de Picardie Jules Verne – France

*Intervenant - corentin.chaptal@etu.unilasalle.fr

L’étude d’affleurements assistée par drones offre de nouvelles opportunités pour la caractérisation de réservoirs à partir d’analogues de terrain, particulièrement dans les systèmes marins profonds aussi décrits par les données de subsurface (par exemple les données de sismique réflexion marine ou terrestre). Les vues aériennes d’affleurements, couplées aux données de terrain, permettent d’observer et d’analyser, à une résolution élevée, les variations latérales et verticales des corps sédimentaires, leur distribution et les processus responsables de leur dépôt.

Ce travail se focalise sur les systèmes gravitaires miocènes de la marge active Hikurangi, observables sur la côte de la région du Wairarapa, à l’Est de l’île Nord de la Nouvelle-Zélande. L’acquisition des données s’est faite lors d’une campagne de terrain de six semaines, axée sur deux approches : 1) la photographie par drone des affleurements (utilisation de drones DJI Phantom 4 Pro) avec prises de coordonnées de points de contrôle au sol pour la génération de modèles 3D d’affleurements géoréférencés ; 2) l’étude géologique de terrain avec des levés de sections stratigraphiques de précision centimétrique, des mesures de paléocourants et une analyse structurale pour nourrir l’interprétation 3D des modèles numériques.

Les affleurements côtiers (i.e. les falaises et les plateformes tidales) sont des environnements de travail complexes puisqu’ils peuvent évoluer d’un jour à l’autre. En effet, les conditions climatiques, comme l’action des vagues et les événements de tempête, peuvent déplacer d’énormes quantités de sable ou encore affaiblir les falaises. Un estran peut ainsi être recouvert un jour et se découvrir le lendemain. De plus, les horaires de marées, mais aussi de lever et de coucher du soleil doivent être pris en compte pour avoir un accès optimal aux affleurements et pouvoir les observer dans leur globalité. Une fois ces éléments considérés, il faut à cela ajouter les contraintes spécifiques à l’acquisition par drone (conditions de vent, exposition au soleil, conditions de sécurité, ...). Il devient ainsi peu probable de pouvoir réunir toutes les conditions de vol et d’accès à l’affleurement sur une seule journée d’acquisition. Dès lors, il faut s’organiser différemment et adapter tant l’acquisition que le traitement des données photogrammétriques afin de regrouper le maximum d’informations sur un seul et même modèle. Notre étude introduit un nouveau workflow de modélisation 3D d’affleurement utilisant le logiciel Metashape d’Agisoft (Edition Pro). Le scénario travaillé concerne des falaises et des plateformes tidales, celles de Waikaraka et de Homewood 1 respectivement de 500 m et 800 m de long et de 20 à 50 m de hauteur. Ces affleurements ont nécessité plusieurs acquisitions pour capturer des zones découvertes par des événements de tempête à combiner sur le même modèle.

Les modèles d’affleurements finaux sont utilisés pour l’interprétation géologique 3D des systèmes gravitaires. Le couplage d’acquisitions aériennes et de données de terrain classiques permet de multiplier les échelles d’observation donnant ainsi accès à une meilleure caractérisation de l’extension latérale des corps sédimentaires tout en conservant du détail sur les faciès, les processus et l’environnement de dépôt. Ce type de travail rend possible le lien entre les analogues de terrain et les données de subsurface pour les études de caractérisation de réservoirs, via par exemple la conversion des modèles 3D d’affleurement en sismique synthétique.

Mots-Clés: Modélisation 3D, Photogrammétrie, Drone, Terrain, Systèmes gravitaires, MTD, Turbidites

RESSOURCES ENERGETIQUES DES BASSINS SEDIMENTAIRES : EXEMPLE DU BASSIN DE TARFAYA, MAROC

El Hassane Chellai *¹, Mohamed Aquit¹

¹ Université Cadi Ayyad – Université Cadi Ayyad, Faculté des Sciences Semlalia, Département de Géologie, BP 2390, Marrakech,, Maroc

*Intervenant - chell@uca.ac.ma

La région de Tarfaya est la partie septentrionale du bassin de Layoune-Tarfaya. Il s'agit de bassins sédimentaires développés au fur et à mesure de l'ouverture de l'Atlantique centrale.

La région Tarfaya-Layoune représente un ensemble sédimentaire à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest. Son histoire est conditionnée par toute la marge atlantique. Les transgressions et régressions marines depuis le Trias y sont mieux marquées. On distingue plusieurs périodes de transgression marine : entre le Lias et le Bérriasien, à l'Aptien-Albien, au Cénomano-Turonien, au Campanien où se déposent les schistes bitumineux.

La richesse de ses faunes et de ses faciès en font l'un des principaux centres d'intérêt de cette région. Les autres étant les schistes bitumineux du Crétacé supérieur, le phosphate du Maastrichtien-Eocène et les sebkhas.

Le bassin côtier de Tarfaya est le prolongement, vers le Nord, du bassin de la marge atlantique passive appelé bassin Mauritanie-Sénégal-Gambie dont l'ouverture a réellement commencé au Jurassique moyen-supérieur.

Le bassin de Tarfaya est typique des bassins en bordure de craton, très peu déformés pendant le Méso-Cénozoïque.

La bordure ouest de ce bassin, jusqu'à 200 km au large, est constituée par d'épaisses séries jurassiques (5000 m), crétacé inférieur (3000 m), crétacé supérieur (700 à 800 m) et 1000 m de Paléogène et Néogène.

Sur sa bordure orientale, les séries du Crétacé inférieur gréseuses s'appuient, en discordance, sur du paléozoïque du bassin de Tindouf. Dans le bassin de Tarfaya, le Trias est représenté par des sédiments continentaux grés-silteux et des conglomérats rouges. A la partie supérieure s'individualisent des bancs gypseux. Le Jurassique est caractérisé par une grande transgression marine. Le maximum de celle-ci se situe au Jurassique supérieur. Pendant toute la durée de la sédimentation carbonatée à faciès néritiques, le bassin de Tarfaya était subsident, correspondant au début de la période d'expansion océanique. Le contact avec le Crétacé est souligné par une discordance. Le Crétacé inférieur montre le développement des formations détritiques suite à une régression marine. Ces sédiments continentaux composés d'argiles silteux versicolores et de grès ou de sables souvent conglomératiques rouge forment des cônes deltaïques. L'épaisseur très importante de ces dépôts détritiques (1 à 3 km) suppose une subsidence plus forte qu'au Jurassique. Elle s'accompagne de rejeux de failles sur le rebord du plateau continental.

Au Crétacé supérieur, la séquence des schistes bitumineux commence au Cénomaniens, elle se poursuit jusqu'au Campanien.

La sédimentation marno-calcaire à lits bitumineux a une puissance totale importante (700 à 800 m). Les faciès de la carrière Shell-ONAREP sont des schistes bitumineux vert foncé, gris foncé à sombre. Les alternances de calcaire plus clair contiennent un taux de bitume plus faible.

Le milieu de sédimentation des " schistes bitumineux " peut s'expliquer par la richesse en matière organique des sédiments marins et les conditions d'anoxie des fonds marins dépendant de mécanismes d'upwelling régnant au Crétacé supérieur/Paléogène dans le Bassin de Tarfaya. Le Maastrichtien-Paléogène est caractérisé par les dépôts à phosphates du gisement de Boucrâa.

Mots-Clés: Ressources énergétiques, bassins sédimentaires, Tarfaya, Maroc.

ÉVOLUTION AMONT-AVAL D'UN SYSTÈME TURBIDITIQUE MIOCÈNE : ÉTUDE DES AFFLEUREMENTS DE LA FORMATION DE MOTTA SAN GIOVANNI (CALABRE, ITALIE)

Hugo Chirol ^{*1}, Tom Kubiak ¹, Adrien Marchiel ¹, Nathan Rispal ¹

Julien Bailleul ¹, Pascal Barrier ², Sandra Brocheray ¹, Julien Schmitz ³, Sébastien Rohais ³

¹ Bassins Réservoirs Ressources (B2R) – Institut Polytechnique UniLasalle – France

³ IFP Energies Nouvelles – IFP Energies Nouvelles, IFP Energies Nouvelles – France

*Intervenant - hugo.chirol@etu.unilasalle.fr

L'influence de la morphologie des fonds marins contrôlée par la croissance des failles est un défi scientifique et industriel majeur lorsque que l'on s'intéresse à l'évolution d'un système turbiditique et à la distribution des sables associés. Quand la résolution ou la représentativité des données sismiques 3D, des données de puits et de carotte sont insuffisantes, les affleurements peuvent être utilisés comme analogues pour développer un modèle sédimentologique et stratigraphique à haute résolution. De moyens technologiques modernes, comme l'utilisation de drones, permettent aujourd'hui d'améliorer nos connaissances sur les processus de dépôt et les architectures stratigraphiques associées.

En couplant l'acquisition de données par drone aux techniques de terrain conventionnelles, nous avons étudié l'évolution du système turbiditique miocène de Motta San Giovanni (Calabre, Italie).

Lors de la mise en place de ces dépôts, la marge du bassin était divisée en une série de blocs basculés d'environ 10x5km, responsables de l'individualisation de sous-bassins confinés. Les écoulements se dirigeant préférentiellement vers les points bas, ce confinement et la topographie associée ont très fortement influencé la distribution des sédiments dans l'espace.

Le long de la faille normale principale, les chenaux amalgamés épais associés à des dépôts de transport en masse (MTD) constituent les associations de faciès dominantes (Bloc 1 – Amendolea). En 5-10 km, dans la direction de la pente principale, les dépôt-centres sont ensuite caractérisés par des complexes de chenaux et lobes (Bloc 2 – Motta). En 10-15 km, toujours suivant la pente régionale, les dépôt-centres sont alors dominés par des lobes et des dépôts hemipélagiques (Bloc 3 – Cappelli).

Malgré la segmentation, l'évolution des faciès d'une zone à l'autre apparaît ainsi bien représentative d'une distalisation amont-aval de l'ensemble du système gravitaire. Au sein de chaque bloc, le cycle de remplissage du sous-bassin est constitué de dépôts hémipélagiques à macrofaune bathyale et de lobes distaux à la base, recouverts d'un complexe de chenaux et de lobes distributaires, eux mêmes recouverts d'un complexe de chenaux amalgamés.

Mots-Clés: Turbidites, gravitaire, clastique, faciès, proximal, distal, calabre

MODELISATION STRATIGRAPHIQUE DES SYSTEMES GRAVITAIRES DE LA MARGE ACTIVE HIKURANGI

Barbara Claussmann ^{*1,2}, Julien Bailleul ¹, Anatole Gobetti ¹, Sergio Courtade ³, Daniel Tetzlaff ⁴, Frank Chanier ⁵, Geoffroy Mahieux ⁶, Adam Mcarthur ⁴, Per Salomonsen ³, Bruno Vendeville ⁷

¹ EA 7511, Basins-Réservoirs-Ressources (B2R), Collège Géosciences, UniLaSalle, Beauvais, France – Institut Polytechnique UniLaSalle – France

² Schlumberger, Software Integrated Solutions, London, SW1E 6AJ, United Kingdom – Royaume-Uni

³ Schlumberger, Software Integrated Solutions, Oslo Technology Center, Oslo, Norway – Norvège

⁴ Consultant, Houston, United States of America – États-Unis

⁵ Université de Lille, CNRS, ULCO, UMR 8187, Laboratoire d'Océanologie et Géosciences (LOG), Lille, France – France

⁶ EA 7511, Basins-Réservoirs-Ressources (B2R), Université de Picardie Jules Verne, Amiens, France – University of Picardie Jules-Verne – France

⁷ Université de Lille, CNRS, ULCO, UMR 8187, Laboratoire d'Océanologie et Géosciences (LOG), Lille, France – Université Lille 1, Sciences et Technologies - Lille 1 (FRANCE) – France

*Intervenant - barbara.claussmann@unilasalle.fr

L'architecture stratigraphique des bassins de pente perchés sur prisme de subduction est particulièrement complexe en raison des interactions qui existent entre une activité tectonique prédominante, les variations eustatiques et un flux sédimentaire élevé. Le transport et la (re)distribution des sédiments dans ces bassins de pente sont principalement contrôlés par des processus gravitaires. De ce fait, les systèmes turbiditiques et les dépôts de transport en masse (MTDs) caractérisent le remplissage sédimentaire de ces bassins. Dans cette étude, nous intégrons des données de modélisation 3D d'affleurements, de sismique réflexion marine, et de modélisation stratigraphique numérique (i.e., *FSM forward stratigraphic modeling*). Il s'agit ainsi de caractériser plus en détail la distribution et l'architecture des corps sédimentaires, ainsi que les processus de dépôts associés à ces systèmes de pente complexes. Des simulations numériques de processus géologiques ont été créées afin de tester différents scénarios géologiques. L'objectif est de mieux comprendre les relations particulières qui existent entre le développement et la mise en place des systèmes gravitaires et l'évolution globale d'un bassin de pente perché, confiné. Le travail s'est concentré sur les systèmes gravitaires syn-subduction de la marge active Hikurangi, situés dans la province pétrolière du Bassin de la Côte Est (i.e., *East Coast Basin*), à l'Est de l'île Nord de la Nouvelle-Zélande. Principalement présent en mer, mais également émergé au niveau de la Chaîne Côtière (i.e., *Coastal Ranges*), le prisme de subduction Hikurangi offre une occasion unique d'étudier à la fois les expressions terrestres et marines de systèmes gravitaires en contexte de marge active. Une variété de MTDs et de déformations associées a été observée, à la fois sur terre et en mer, avec des dépôts pouvant être modérément déformés (e.g., *slump*) ou alors complètement désagrégés (e.g., coulée de débris et coulée de boue). La diversité en termes de forme, de taille, de faciès (e.g., lithofaciès et séismofaciès), la nature des clastes emballés dans la matrice et les interactions avec les systèmes turbiditiques sous- et sus-jacents suggèrent que différents mécanismes interagissent du déclenchement au dépôt, pour produire ces MTDs. Des images aériennes capturées par drone (DJI Phantom 4 Pro) et des données de terrain plus traditionnelles, telles que des sections stratigraphiques détaillées, ont été collectées le long d'un transect de 40 km d'affleurements côtiers bien exposés. Les modèles d'affleurement numérique 3D permettent d'intégrer des connaissances précises sur la distribution, les géométries et les caractéristiques des roches sédimentaires. En combinant les observations de terrain avec des données de sismique réflexion marine 2D récemment acquises par WesternGeco, il devient possible de proposer une classification des différents MTDs, d'étudier leur relation avec les systèmes turbiditiques, ainsi que celles qui existent entre leur mise en place et l'histoire tectono-sédimentaire du bassin. Le logiciel de FSM développé par Schlumberger (GPM geological process modeling) a été utilisé pour évaluer les paramètres de contrôle dans le développement des bassins de pente perchés. Plusieurs modèles stratigraphiques prospectifs ont été créés afin d'explorer différents scénarios géologiques et de prédire les systèmes et dépôts gravitaires associés. Les modèles géologiques numériques qui en résultent peuvent être considérés comme une approximation assez proche de la réalité. En effet, ils reposent sur un ensemble de conditions dont les paramètres initiaux (conditions paléogéographiques) proviennent des études réalisées à terre et en mer. De tels résultats peuvent avoir des implications majeures pour aider à la compréhension du développement stratigraphique des marges actives, apportant de nouvelles informations sur les contrôles jouant sur le remplissage des bassins sédimentaires en contexte de subduction.

Mots-Clés: systèmes gravitaires, photogrammétrie, modélisation stratigraphique, analogue, MTDs, turbidites, bassins de pente, subduction

DU MODELE D'ANALOGUE TERRAIN A LA MODELISATION GEOLOGIQUE DES SYSTEMES GRAVITAIRES DE LA MARGE HIKURANGI

Barbara Claussmann ^{*1,2}, Corentin Chaptal ¹, Geoffroy Mahieux ³, Frank Chanier ⁴,
Adam Mcarthur ⁵, Bruno Vendeville ⁴, Julien Bailleul ¹

¹ EA 7511, Basins-Réservoirs-Ressources (B2R), Collège Géosciences, UniLaSalle, Beauvais, France – Institut Polytechnique UniLaSalle – France

² Schlumberger, Software Integrated Solutions, London, SW1E 6AJ, United Kingdom – Royaume-Uni

³ EA 7511, Basins-Réservoirs-Ressources (B2R), Université de Picardie Jules Verne, Amiens – University of Picardie Jules-Verne – France

⁴ Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences (LOG) – Université Lille 1 - Sciences et technologies - France

⁵ School of Earth and Environment, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, United Kingdom – Royaume-Uni

*Intervenant - barbara.claussmann@unilasalle.fr

La photographie aérienne d'analogues terrains est devenue une méthode de plus en plus utilisée pour améliorer la compréhension de l'hétérogénéité du sous-sol. Bien que les données de sismique en mer offrent une méthode inestimable pour caractériser l'architecture stratigraphique des systèmes marins profonds et permettent donc de révéler leur potentiel réservoir, l'échelle des observations (autrement dit la résolution) ne permet pas de décrire ou de capturer de façon détaillée la distribution verticale des roches et les processus associés à leur dépôt. Dans cette étude, nous utilisons une combinaison de données photographiques, acquises à partir d'un drone, ainsi que des données de terrain traditionnelles pour cartographier en détail l'architecture stratigraphique et caractériser les propriétés et la variabilité spatiale des systèmes gravitaires syn-subduction. Dans ce contexte, nous nous intéressons plus particulièrement aux dépôts gravitaires du Miocène moyen de l'affleurement côtier de Waikaraka, situé dans la partie émergée du prisme de subduction de la marge active Hikurangi sur l'île Nord de la Nouvelle-Zélande. Ce prisme de subduction est caractérisé par une succession de bassins de pente perchés formés en réponse à la subduction de la plaque Pacifique sous la plaque Australienne depuis 25 Ma. Le remplissage sédimentaire de ces bassins comprend des dépôts de transport en masse (MTDs), des turbidites, des argiles marines et, dans une moindre mesure, des carbonates. Une série de discordances résulte de l'interaction étroite entre l'activité tectonique de la marge active et le développement des bassins sédimentaires associés. L'affleurement de Waikaraka présente une architecture stratigraphique et des relations entre les MTDs et les turbidites (par exemple, des troncatures érosionnelles à grande échelle et à fort pendage) similaires à celles observées sur les données de sismique réflexion acquises en mer par WesternGeco. Cet analogue de terrain, de 500 m de long et 30 m de haut, montre plusieurs occurrences de MTDs syn-subduction, empilées (de 1 à 12 m d'épaisseur chacune) et intercalées avec des turbidites de bancs de taille moyenne (> 0,3 m) à épaisse (> 1 m). Les MTDs sont principalement caractérisés par des coulées de débris polygéniques du Miocène moyen incorporant des éléments pré- et syn-subduction de quelques mm à 10 m de long, dans une matrice riche en boue. Les clastes syn-subduction peuvent être constitués de turbidites miocènes déformées. Ils sont cependant essentiellement constitués de coquilles de bivalves, de gastéropodes et parfois de *Turritella sp.*, généralement bien conservées de 1 à 5 cm de long, et parfois finement broyées. Des travaux précédemment effectués sur la zone (Bailleul *et al.*, 2007, 2013) ont mis en évidence la présence de plateformes silico-carbonatées contemporaines et avec de telles faunes, 30 km plus au nord de la zone d'étude. Les MTDs de Waikaraka pourraient donc être le résultat d'un ou plusieurs épisodes de déstabilisation et d'effondrement de (l'une ou plusieurs de) ces plateformes mixtes. Plus de 1 500 images aériennes haute-résolution de l'affleurement côtier de Waikaraka (falaise et plate-forme tidale) ont été capturées à l'aide d'un drone DJI Phantom 4 Pro et de cinq points de contrôle au sol. Le protocole standard de *Structure from Motion* a été suivi pour le contrôle qualité, le traitement et le rendu des données. Un modèle d'affleurement numérique 3D a ensuite été créé avec l'aide du logiciel Metashape d'Agisoft (Professional Edition) sous la forme d'un maillage triangulé haute résolution et texturé avec les photographies. En parallèle, huit sections stratigraphiques à l'échelle du cm, représentant 238 m d'épaisseur au total, ainsi que des mesures structurales détaillées des structures et des paléocourants ont été recueillies sur le terrain. L'intégration de ces échelles d'observation et de résolutions différentes mais complémentaires (par exemple, m à km pour le drone et cm à m pour les données de terrain) fournit un modèle géologique 3D complet des systèmes gravitaires syn-subduction de l'affleurement côtier de Waikaraka. Ces connaissances permettront ainsi de tester et d'explorer différents scénarios géologiques afin de mieux comprendre l'origine et l'impact de ce type de MTDs dans le développement stratigraphique des bassins sédimentaires de prisme de subduction.

Mots-Clés: systèmes gravitaires, photogrammétrie, modélisation géologique, turbidites, MTDs, analogue, syn, subduction

NUMERICAL MODELING OF TSUNAMI SCENARI AND BOULDER TRANSPORT IN THE AREA OF ANEGADA ISLAND (LESSER ANTILLES)

Louise Cordrie *, Nathalie Feuillet ¹, Audrey Gailler ², Philippe Heinrich ³

¹Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP)

²CEA Bruyère le Châtel - France

³DAM Île-de-France Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives : DAM/DIF

*Intervenant

In the arc of the Lesser Antilles, born from the subduction of the Atlantic oceanic plate under the Caribbean plate, the tectonic processes can initiate Mw 8 or more megathrust earthquakes. The associated tsunamis can reach the closest coasts within a few minutes with amplitudes of several meters. Such kind of destructive event can be considered as a great threat for the population if unprepared. During the last centuries, four tsunamigenic earthquakes have been spotted in this region: the Mw8.5 earthquake of 1843 was followed by a small tsunami in Guadeloupe and Antigua [3]. The Mw6.7 earthquake of 1867, which occurred in the Mona Passage generated up to 10m waves in the Virgin Islands [4][5]. The deep Mw7.5 intraplate earthquake of 1969 was followed by a weak 10-40cm tsunami recorded in Barbados, Antigua and Dominica [6]. In 2004, following a Mw6.6 earthquake the population reported waves reaching more than 2m in Les Saintes and 50cm in the South of Guadeloupe [2][7]. A much older event was recently identified in Anegada with paleoseismological data, and it might have generated ten meters high waves. Tsunamigenic earthquakes in this region are considered rare, not well documented, and the available data are qualitative only (observations of coseismic displacement, intensity of the damages). The island of Anegada, the easternmost of the Virgin Islands, is flat, uninhabited and surrounded by coral reef. Recent field surveys revealed the presence of 500 years old coral boulders and marine deposits several kilometers inland [1]. No tsunami or earthquake has ever been reported from that time and the hypothesis of a big storm cannot be excluded. In order to discriminate the origin of those deposits, a tsunami modeling is performed using the code developed at CEA (Cliona), to test several earthquake scenarii. In parallel, a work on numerical models for boulder transport is under development, in order to implement a boulder transport module in Cliona. Taking into account the mass and size of a particle, the shape of the bathymetry and the flow velocity, the model could, at the end, indicate a range of tsunami intensities necessary to trigger the displacement of the particle and to reproduce its traveled distance. This model will help to have a better understanding of the observed deposits and the associated potential tsunami and earthquake scenarii.

Références:

- [1] Brian F. Atwater, Uri S. ten Brink, Anna Lisa Cescon, Nathalie Feuillet, Zamara Fuentes, Robert B. Halley, Carlos Nuñez, Eduard G. Reinhardt, Jean H. Roger, Yuki Sawai, Michaela Spiske, Martitia P. Tuttle, Yong Wei, Jennifer Weil-Accardo; Extreme waves in the British Virgin Islands during the last centuries before 1500 CE. *Geosphere*.
- [2] F. Beauducel, et al. (2005), The Mw 6.3 earthquake of Les Saintes (Guadeloupe) on November 21, 2004, paper presented at European Seismological Commission Annual Workshop, Int. Assoc. of Volcanol. and Chem. of the Earths Inter., SaintClaude, Guadeloupe.
- [3] N. Feuillet, F. Beauducel, and P. Tapponnier (2011), Tectonic context of moderate to large historical earthquakes in the Lesser Antilles and mechanical coupling with volcanoes, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2011JB008443
- [4] J.F. Lander, Whiteside, L.S., and Lockridge, P.A. A brief history of tsunami in the Caribbean Sea. *Science of Tsunami Hazards*, 2002, v.20, 57-94.
- [5] H. F. Reid and S. Taber (1920), The Virgin Islands earthquakes of 1867/1868, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 10, 930.
- [6] J.B. Shepherd, and Lynch, L.L. An earthquake catalogue for the Caribbean, Part I., The pre-instrumental period, 1502-1990. Paper presented to the Steering Committee, Latin American and Caribbean Seismic Hazard Programme, April 1992, 60 pp.
- [7] N. Zahibo et al, (2005), The earthquake and tsunami of November 21, 2004 at Les Saintes, Guadeloupe, Lesser Antilles, *Science of Tsunami Hazards*, Vol. 23, No. 1, 25-39 (2005)

Mots-Clés: Tsunami ; Lesser Antilles ; Modeling ; Sediment ; Boulder ; Transport

CONTROLE ENVIRONNEMENTAL ET CLIMATIQUE DE LA MINÉRALOGIE DES ARGILES DES SEDIMENTS ALBIENS DU BASSIN DE PARIS ET DU BASSIN VOCONTIEN (FRANCE)

Pauline Corentin ^{*1}, Jean-François Deconinck ¹, Pierre Pellenard ¹, Francis Amédéo ¹, Elise Chenot ¹,
Ludovic Bruneau ¹, Bertrand Matrimon ¹, Emilia Huret ³, Philippe Landrein ³

¹ Biogéosciences – Université de Bourgogne – Dijon

³ Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA) – France

*Intervenant - pauline.corentin@u-bourgogne.fr

L'évolution du climat global à l'Albien est caractérisée par une augmentation régulière de la température jusqu'au maximum thermique enregistré à la limite Cénomanien/Turonien (Friedrich *et al.*, 2012 ; O'Brien *et al.*, 2017; Huber *et al.*, 2018). L'Albien est également marqué par une radiation des Angiospermes, qui se développent dans les plaines d'inondation et par l'émergence d'une ceinture climatique équatoriale humide (Chumakov *et al.*, 1995; Poulsen *et al.*, 2001; Chaboureaud *et al.*, 2014).

La réorganisation des ceintures climatiques serait la conséquence de l'élargissement des océans Atlantique Nord et Sud, à l'origine de climats plus hydrolysants (Chaboureaud *et al.*, 2014). L'Albien correspondrait à une période de transition d'un point de vue climatique qui a pu avoir des conséquences sur le cycle hydrologique et les processus d'altération. Afin de préciser les conditions d'altération sur les continents à cette période, une analyse à haute résolution des minéraux argileux a été effectuée dans le Bassin de Paris et le Bassin Vocontien sur des sédiments de l'Albien inférieur et moyen.

Dans le Bassin de Paris, nous nous sommes intéressés à la formation des Argiles téglines de Courcelles traversées par deux forages Andra réalisés dans l'Aube. Ces données ont été comparées avec la formation équivalente des Marnes Bleues de la coupe du Col de Pré-Guittard dans le Bassin Vocontien (Bréhéret, 1997). Les assemblages minéralogiques déterminés grâce à la diffraction des rayons X, sont composés d'illite, d'interstratifiés illite-smectite de type R0 (smectite) et de kaolinite en abondance, accompagnés de plus faibles proportions de chlorite et de vermiculite. Les minéraux argileux sont très probablement issus de l'érosion physique et de l'altération chimique des roches et des sols qui affleurent sur les massifs varisques qui bordent les zones étudiées. Dans le Bassin de Paris, la co-variation de l'illite et de la kaolinite suggère un remaniement préférentiel de ces minéraux de paléaltérations et de saprolites, associé à un ruissellement intense sur le massif Londres-Brabant. Un climat tempéré chaud aurait favorisé la formation de vermiculite. Dans le bassin vocontien, les sédiments de l'Albien inférieur sont davantage enrichis en smectite du fait du dépôt préférentiel de ce minéral dans des environnements offshore profonds. Dans ce bassin, l'illite et la kaolinite ne co-varient pas, ce qui suggère que la kaolinite serait plutôt issue de l'altération chimique des roches à l'affleurement dans le Massif Central. La distribution stratigraphique des minéraux argileux dans les deux bassins étudiés est compatible avec un climat plus froid et plus sec autour de la transition Aptien/Albien, intervalle pauvre en kaolinite. Une accélération du cycle hydrologique est ensuite suggérée par une proportion croissante de kaolinite de la Zone à *mammillatum* à la transition des Zones à *dentatus* et *intermedius* dans l'Albien moyen. Cet intervalle humide se termine dans la Zone à *intermedius* comme le montre l'augmentation des proportions en smectite dans le Bassin de Paris, qui révèle à nouveau des conditions semi-arides cohérentes avec les données palynologiques. Cet intervalle semi-aride englobant les zones à *niobe* et *biplicatus* (sommet de l'Albien moyen (et éventuellement la zone à *cristatum*, base de l'Albien supérieur) est interrompu à la base de la zone à *pricei* (Albien supérieur) par un retour à un climat plus humide.

Références :

Bréhéret, J.G., 1997. Société géo-logique du Nord, Publ. n° 25, 644 p.

Chaboureaud, A.C., Sépulchre, P., Donnadiou, Y., Franc, A., 2014. PNAS. 111, 39, 14066–14070.

Chumakov, N.M., Zharkov, M.A., Herman, A.B., Doludenko, M.P., Kalandadze, N.N., Lebedev, E.A., Ponomarenko, A.G., Rautian, A.S., 1995.. Stratigr. Geol. Correl. 3, 241–260.

Friedrich, O., Norris, R.D., Erbacher, J., 2012. Geology 40, 2, 107-110.

Huber, B.T., MacLeod, K.G., Watkins, D.K., Coffin, M.F., 2018.. Global and Planetary Change 167, 1-23.

O'Brien, C.L., Robinson, S.A., Pancost, R.D et al., 2017. Earth-Science Reviews 172, 224-247.

Poulsen, C.J., Barron, R.J., Arthur, M.A., Peterson, W.H., 2001. Paleooceanography 16, 6, 576-592.

Mots-Clés: Minéralogie des argiles, Albien, Bassin de Paris, Bassin Vocontien, Paléoclimat

EVOLUTION DE L'ALTERATION CONTINENTALE DE LA MARGE SUD-AMERICAINE AU COURS DU CRETACE SUPERIEUR : UN NOUVEAU REGARD SUR LES LIENS TECTONIQUE-CLIMAT

Pauline Corentin ^{*1}, Emmanuelle Pucéat ¹, Pierre Pellenard ¹, Nicolas Freslon, Guiraud Michel ¹,
Justine Blondet ¹, Germain Bayon ³

¹ Biogéosciences, UMR 6282, UBFC/CNRS, Université Bourgogne Franche-Comté, 6 boulevard Gabriel, F-21000 Dijon – Université de Bourgogne Franche Comté – France

² IFREMER, Unité de Recherche Géosciences Marines – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer – France

*Intervenant - pauline.corentin@u-bourgogne.fr

L'altération continentale joue un rôle majeur dans l'évolution du climat sur de longues échelles de temps (> 1 Ma) à travers la consommation de CO₂ atmosphérique lors de l'altération chimique des minéraux silicatés. Toutefois, la nature des liens entre altération continentale et climat reste très débattue, en particulier en contexte d'orogénèse. Dans ce cadre, l'objectif de cette étude est d'apporter de nouvelles contraintes quant aux liens entre tectonique, altération et climat en se focalisant sur le Crétacé supérieur, période marquée par la coïncidence temporelle d'un épisode de refroidissement climatique majeur et d'un épisode de surrection des continents Africain et Amérique du Sud (Friedrich et al., 2012 ; O'Brien et al., 2017).

Nous avons ici appliqué une nouvelle méthode, basée sur des analyses couplées de la composition isotopique du néodyme et de l'hafnium de la fraction argileuse, permettant d'avoir accès à l'intensité de l'altération chimique sur les continents. Cette méthode a été récemment développée dans des environnements actuels (Bayon et al., 2016) et elle est appliquée ici pour la première fois aux environnements anciens. Elle est couplée à l'analyse de la composition minéralogique des argiles, qui peut dans certains contextes tectoniques très actifs tels que celui choisi ici (marge brésilienne), renseigner sur l'intensité de l'érosion mécanique. Dans le cadre de cette étude, la fraction argileuse (< 2µm) extraite d'échantillons du forage DSDP 356 (marge sud-est américaine) a été analysée pour sa composition isotopique et minéralogique.

Les résultats de la minéralogie montrent un changement dans les apports détritiques sur la marge au passage Santonien – Campanien vers 83 Ma. Ce changement s'illustre par une diminution des apports en illite et chlorite au profit d'une augmentation de la smectite. Il traduit un épisode de transition entre une période d'érosion mécanique, marquée par l'apport de minéraux argileux primaires issus des roches cristallines et une phase de plus forte altération chimique suggérée par l'enrichissement en smectites pédogénétiques. De plus, la diminution progressive des proportions de palygorskite (argile fibreuse formée en contexte évaporitique) tout au long du Crétacé supérieur, témoigne vraisemblablement de conditions de plus en plus hydrolysantes dans cette région jusqu'au Maastrichtien.

Les résultats des analyses géochimiques apportent quant à elles des informations sur les changements de sources dans les roches érodées du continent sud-américain grâce aux variations de l' ϵ Nd qui mettent en évidence une diminution des valeurs. Ce changement pourrait s'expliquer par une contribution plus importante au milieu du Crétacé de roches volcaniques radiogéniques du trapp du Parana-Etendeka dans les sédiments apportés jusqu'au site 356, qui diminuerait progressivement pendant le Crétacé supérieur. Le $\Delta\epsilon$ Hf, qui représente la déviation de l' ϵ Hf des échantillons par rapport à la droite des argiles (Bayon et al., 2016) et qui reflète l'intensité de l'altération des roches sur le continent, en regard du site 356, montre une augmentation marquée au passage Santonien – Campanien. Cette augmentation, qui traduirait une augmentation de l'intensité de l'altération chimique de la marge continentale adjacente, est cohérente avec les données des cortèges argileux montrant conjointement une augmentation de l'hydrolyse. Ce changement mis en évidence de l'altération continentale semble concorder avec la période de soulèvement tectonique du Crétacé supérieur. Ce soulèvement pourrait donc être un facteur de l'intensification des pluies et donc de l'altération continentale.

Références :

Bayon G., Skonieczny C., Delvigne C., Toucanne S., Bermell S., Ponzevera E., Andre L. 2016. Earth And Planetary Science Letters, 438, 25-36
Friedrich, O., Norris, R.D., Erbacher, J., 2012. Geology 40, 2, 107-110
O'Brien, C.L., Robinson, S.A., Pancost, R.D et al., 2017. Earth-Science Reviews 172, 224-247

Mots-Clés: Crétacé, altération continentale, géochimie isotopique, minéralogie des argiles, paléoclimat

DEGLACIATION ET DYNAMIQUES MORPHOSEDIMENTAIRES DANS LE SYSTEME FJORD-AUGE GLACIAIRE DE CLYDE INLET, ILE DE BAFFIN (ARCTIQUE CANADIEN)

Pierre-Olivier Couette ^{*1,2}, Jean-François Ghienne ¹, Patrick Lajeunesse ², Dierk Hebbeln ³, Catalina Gebhardt ⁴, Boris Dorschel ⁴, Etienne Brouard ⁵

¹ Institut de physique du globe de Strasbourg – université de Strasbourg, Institut national des sciences de l'Univers, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7516 – France

² Université Laval – Canada

³ Center for Marine Environmental Sciences (MARUM) – Leobener Street, Allemagne

⁴ Alfred-Wegener-Institut, Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung – Allemagne

⁵ Université du Québec à Montréal – Canada

*Intervenant - pierre-olivier.couette.1@ulaval.ca

La reconstitution des paléo-inlandsis constitue un élément majeur de la compréhension des dynamiques glaciaires puisque leur comportement peut être analogue à celui des inlandsis modernes. Plusieurs interrogations subsistent concernant l'extension maximale de la marge orientale de l'Inlandsis laurentidien au cours de la dernière glaciation. Sa reconstruction demeure plutôt controversée et différents modèles ont été proposés. Une chronologie précise des fluctuations glaciaires est ainsi déterminante pour établir une reconstruction paléoglacilogique complète et comprendre la dynamique quaternaire des glaciers et, par la même occasion, leurs relations avec les changements climatiques globaux. De par leur configuration qui constituent des passages privilégiés pour les courants de glace, et agissant par le fait même en tant que zones tampons entre les calottes glaciaires et l'océan, les fjords fournissent des indices essentiels à la reconstruction d'activités glaciaires à haute résolution d'espace et de temps. Ils sont caractérisés, dans certains cas, par la présence de seuils et de moraines qui leur confèrent un rôle important de trappes à sédiments et favorisent ainsi la conservation formes et de séquences sédimentaires complètes. Des données quantitatives concernant les évolutions glaciaires et les changements climatiques passés peuvent ainsi nous fournir des informations cruciales pour appréhender l'ampleur des changements futurs dans l'Arctique, mais aussi à l'échelle globale. L'utilisation de carottes sédimentaires, combiné aux données de sous-surface et à la bathymétrie, nous permet de mieux comprendre la dynamique morphosédimentaire du secteur de Clyde Inlet, un système fjord-auge glaciaire de 180 km situé dans l'est de l'île de Baffin (Arctique canadien). Nos résultats dévoilent que la retrait de l'Inlandsis sur le plateau continental fût lent et ponctué de stabilisations de courte et moyenne durée, favorisant la mise en place de turbidites et de coulée de débris. La déglaciation dans le fjord fût rapide et marquée de plusieurs stabilisations du front glaciaire contribuant à la formation d'épaisses séquences de sédiments glaciomarins. La sédimentation post-glaciaire est, quant à elle, composée de dépôts hémipélagiques, intercalés de couches sableuses témoignant de réavancées glaciaires ou de drainages de lac. Nos résultats viennent s'ajouter aux données déjà disponible en milieu terrestre et permettent d'affiner les modèles de déglaciation dans l'est de l'île de Baffin. De plus, notre recherche permet d'étendre nos connaissances sur les environnements sédimentaires des fjords de la région, où plusieurs études ont déjà été effectuées sur les systèmes voisins de Clyde Inlet.

Mots-Clés: Glaciaire, Arctique, Carottes sédimentaires, Fjords, Déglaciation

NITROGEN CYCLING PERTURBATION RELATED TO THE EXPANSION OF DEOXYGENATED CONDITIONS IN THE VOCONTIAN BASIN DURING THE OCEANIC ANOXIC EVENT 2

Julien Danzelle ^{*1}, Laurent Riquier ¹, François Baudin ¹, Christophe Thomazo ², Emmanuelle Pucéat ²

¹ Institut des Sciences de la Terre de Paris *ISTEP - UMR CNRS 7193*

² Biogéosciences *UMR 6282*

^{*}Intervenant - julien.danzelle@gmail.com

The Oceanic Anoxic Event 2 (OAE 2), spanning the Cenomanian-Turonian boundary (~94 Ma), was an episode of major perturbations in the biogeochemical cycles, reflected in the widespread burial of organic carbon in the sediments. Extensively recorded in the Central Atlantic and in the Western Tethys, the OAE 2 is also expressed in the epicontinental Vocontian Basin (SE France) by the deposition of the Niveau Thomel. At the Lambruisse section, this level corresponds to a ~22m interval subdivided into four units corresponding to the alternation of dominant grey to dark shales units (TH1 and TH3) and dominant carbonated units (TH2 and TH4). The characterization of the sedimentary organic matter indicates that dark shales correspond to intervals of sedimentary enrichment in marine-derived organic matter, characterized by Total Organic Carbon values up to 3.1 wt% (Takashima et al., 2009; this study). Within these intervals, enrichments in redox-sensitive trace metals (RSTE: Mo, Zn; Enrichment Factors (EFs) up to 10) during TH1 and TH3, not associated to significant enrichments in productivity-associated elements (P, Ba; EFs up to 3), also recorded at the Pont d'Issole section (Danzelle et al., 2018), argue for the development of suboxic-anoxic conditions in bottom waters. We also evidence a period of complete reoxygenation of the basin within unit TH2, evidenced by the absence of organic matter and RSTE enrichments, concordant with a regional to global cooling event called the 'Plenus Cold Event (PCE)'.

A shift toward low sedimentary $\delta^{15}\text{N}$ compositions observed in the Vocontian Basin during OAE 2 indicates a perturbation in the N nutrient cycling characterized by the development of N₂-fixing cyanobacteria within the photic-zone. N₂-fixation process is indicative of partial loss of bioavailable N from denitrification processes, that is prone to occur within a stratified water column with a redox transition zone located in the water column. This interpretation is consistent with the elevated Mo/U ratios measured in the intervals of deoxygenated conditions, which point to slow renewal of deep water masses in the basin (i.e. water mass restriction).

Reoxygenation phases at the termination of the OAE 2 and within the PCE were likely related to climate cooling associated to lower $p\text{CO}_2$ conditions, triggered by a negative feedback loop between $p\text{CO}_2$ and organic carbon burial. Higher Ti/Al and Zr/Al ratios in those intervals are indicative of high energy depositional conditions, interpreted here to reflect re-invigorate bottom water circulation.

Références:

- Danzelle, J., Riquier, L., Baudin, F., Thomazo, C., Pucéat, E., 2018. Oscillating redox conditions in the Vocontian Basin (SE France) during Oceanic Anoxic Event 2 (OAE 2). *Chem. Geol.* <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2018.05.039>
- Takashima, R., Nishi, H., Hayashi, K., Okada, H., Kawahata, H., Yamanaka, T., Fernando, A.G., Mampuku, M., 2009. Litho-, bio- and chemostratigraphy across the Cenomanian/Turonian boundary (OAE 2) in the Vocontian Basin of southeastern France. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 273, 61–74. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2008.12.001>

Mots-Clés : OAE2 ; Anoxia ; Trace elements ; Nitrogen isotopes

MINÉRALOGIE DES ARGILES DU PLIENSBACHIEEN DE LA COUPE DE RODILES (BASSIN DES ASTURIES, ESPAGNE) : CONTRÔLE CLIMATIQUE ET INFLUENCE DIAGÉNÉTIQUE

Jean-François Deconinck ¹, Juan Jose Gomez ², François Baudin ³, Pierre Pellenard ¹

¹ Université de Bourgogne *Biogéosciences*

² Departamento de Estratigrafía, Facultad de Ciencias Geológicas (UCM) and Instituto de Geociencias (CSIC-UCM), 28040 Madrid, Spain

³ Institut des Sciences de la Terre de Paris *Sorbonne Université*

*Intervenant - jean-francois.deconinck@u-bourgogne.fr

Des études récentes de la minéralogie des argiles des dépôts pliensbachiens du Bassin de Cardigan Bay (Forage de Mochras, Pays de Galles) ont montré que d'un point de vue climatique, cet étage est caractérisé par des variations du cycle hydrologique marquées par une alternance d'intervalles riches en kaolinite correspondant à des périodes chaudes et humides et d'intervalles riches en smectite caractérisant des climats semi-arides (Deconinck *et al.*, 2019).

Afin de préciser l'évolution climatique du Pliensbachien en fonction de la paléolatitudes, nous avons étudié la coupe de Rodiles située au Nord de l'Espagne dans le bassin des Asturies (Gómez *et al.*, 2016), à une paléolatitudes un peu plus basse estimée à 32°N, que celle du Bassin de Cardigan Bay. Les assemblages minéralogiques déterminés sur 160 échantillons sont principalement constitués de chlorite (traces à 12%), d'illite (50 à 70%), d'interstratifiés illite-smectite (20 à 35%) de type R1 (I-S riches en feuillets d'illite), et de faibles proportions de kaolinite (traces à 12%). Par rapport au bassin de Cardigan Bay, la coupe de Rodiles se caractérise par l'absence de smectites et par des proportions beaucoup plus faibles de kaolinite. L'absence de smectite peut s'expliquer de deux manières. Soit les conditions d'altération sur les zones pourvoyeuses d'argiles – probablement la Meseta ibérique - ne permettaient pas la formation de ce minéral, soit les smectites ont subi une illitisation (transformation en illite par l'intermédiaire des interstratifiés I-S R1) au cours de la diagenèse d'enfouissement. Afin d'estimer l'intensité de la diagenèse thermique, une vingtaine d'échantillons dont certains riches en matière organique (jusqu'à 5%) ont été analysés par pyrolyse Rock-Eval. Ces analyses révèlent en particulier des Tmax voisins de 450°C ce qui indique que la succession sédimentaire se situe dans la fenêtre à huile et que les températures d'enfouissement ont pu atteindre, voire dépasser, des valeurs de 80 à 90°C. Or, les smectites se transforment en illite dès que les températures d'enfouissement atteignent 60 à 70°. Il est donc vraisemblable que si des smectites étaient présentes lors de la sédimentation, elles aient été transformées en I-S R1, voire en illite lors de l'histoire géologique ultérieure du bassin. Les faibles proportions de kaolinite voisines de 5% sont surprenantes, car au Jurassique inférieur, ce minéral est généralement abondant dans de nombreux bassins sédimentaires européens. Les proportions de kaolinite augmentent au sommet de la coupe dans la partie supérieure de la Zone à *spinatum* et au passage Pliensbachien/Toarcien. Par ailleurs, les proportions de ce minéral augmentent légèrement du sommet de la Zone à *ibex* à la base de la Zone à *margaritatus*, intervalle connu par ailleurs pour sa plus grande richesse en kaolinite (Dera *et al.*, 2009 ; Bougeault *et al.*, 2017) et correspondant à une période plus humide. Les faibles proportions de kaolinite ne semblent pas liées à sa transformation diagénétique, notamment en illite et pour des températures supérieures à 120°C, mais résulteraient plutôt du fait que la Meseta ibérique se situait dans une ceinture climatique semi-aride où l'intensité de l'hydrolyse trop faible ne permettait pas la formation de kaolinite en quantités importantes. L'enrichissement en kaolinite dans la Zone à *spinatum* considérée comme un intervalle plus froid avec formation possible de glaces aux hautes latitudes, pourrait résulter d'une extension de la ceinture humide vers le Sud avec comme conséquence une intensification de l'hydrolyse sur la Meseta ibérique.

Références :

- Bougeault C., Pellenard P., Deconinck J.F., Hesselbo, S.P., Dommergues, J.L., Bruneau, L., Cocquerez, T., Laffont, R., Huret, E., Thibault N. (2017). *Global and Planetary Change* 149, 139-152.
- Deconinck J.F., Hesselbo S.P. & Pellenard P. 2019. *Sedimentology*. doi: 10.1111/sed.12610
- Dera G., Pellenard P., Neige P., Deconinck J.F., Pucéat E. & Dommergues J.L. 2009. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 271, 39-51.
- Gómez J.J., Comas-Rengifo M.J. & Goy A., 2016. *Climate of the Past* 12, 1199-1214.

Mots-Clés : Minéraux argileux ; Jurassique ; Pliensbachien ; paléoclimats

INFLUENCE DE L'ARCHITECTURE SEDIMENTAIRE ET DE LA DIAGENESE SUR LA REPARTITION DES RESEAUX KARSTIQUES DANS LE SYSTEME CARBONATE AALENIEN- OXFORDIEN DE LA BORDURE EST DU BASSIN AQUITAIN

Quentin Deloume-Carpentras ^{*1}, Simon Andrieu ², Benjamin Brigaud ¹, Eglantine Husson ²,
Jocelyn Barbarand ¹, Thomas Blaise ¹, Eric Lasseur ²

¹ Géosciences Paris Sud (GEOPS) Université Paris-Sud - Université Paris-Saclay, CNRS : UMR8148, Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)

² Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), DGR/GBS Orléans

*Intervenant - quentin.deloume@gmail.com

Les aquifères karstiques représentent environ 25% de la ressource en eau à l'échelle mondiale et sont particulièrement vulnérables dans les zones à forte pression sur la ressource hydrique (agriculture, population...). La gestion de ces aquifères en domaine carbonaté nécessite une caractérisation détaillée de leur fonctionnement, qui résulte d'une évolution complexe à l'échelle des temps géologiques : un lien étroit existe entre la localisation des zones d'initiation de la karstification et la répartition des propriétés pétrophysiques dans le réservoir (lien cavité-encaissant carbonaté). Le développement des karsts est favorisé par différents facteurs tels que la présence de zones de faiblesse initiale (fractures, discontinuités sédimentaires), les variations minéralogiques (dolomite *vs* calcite) ou encore les différences locales de faciès ou de diagenèse. Il est admis que la fracturation contrôle de manière significative la répartition des systèmes karstiques, néanmoins des questions demeurent sur le contrôle sédimentaire et diagénétique : (1) quelle est l'influence respective des paléoenvironnements de dépôt et de l'évolution diagénétique sur la formation de faciès « karstifiables » ? (2) Comment le type et la pétrographie des dolomies (primaire ou secondaire, taille des cristaux, porosité, chimie) influencent le développement des karsts ?

Les dépôts du Jurassique moyen et supérieur du Quercy et du Périgord présentent des réseaux karstiques très développés, parfois profonds, mais également d'abondantes occurrences de karstification visibles à l'affleurement. De nombreuses études détaillées ont été menées sur cette zone. Cependant celles-ci se concentrent sur des zones géographiques restreintes et des périodes et thématiques réduites : il manque une mise en cohérence des concepts de sédimentologie de faciès, de stratigraphie séquentielle et de karstogenèse sur l'ensemble de cette série carbonatée.

L'objectif de ce travail est de construire un modèle de l'architecture stratigraphique des dépôts carbonatés Aalénien-Oxfordien du Périgord et du Quercy, puis d'identifier les zones préférentielles d'initiation de la karstification à l'affleurement. Pour ce faire, 80 coupes sédimentaires ont été décrites en détail et environ 250 lames minces ont été réalisées pour caractériser précisément les faciès et les transformations diagénétiques. Un transect nord-sud et des cartes de faciès seront réalisés à partir des coupes sédimentaires de terrain et des données biostratigraphiques de la littérature, permettant un calage temporel précis.

La pile sédimentaire montre latéralement une grande disparité de faciès sédimentaires : durant l'Aalénien se déposent des *wackestones* à oncolithes et des *packstones* bioclastiques auxquels succèdent des faciès dolomitisés. La série bajocienne présente des faciès oolithiques, localement dolomitisés et surmontés par des dolomies stratiformes. Les dépôts du Bathonien sont marqués par des faciès ligniteux, des alternances marno-calcaires et des brèches monogéniques évaporitiques. Les formations calloviennes correspondent à des *mudstones* azoïques et l'Oxfordien montre successivement des *grainstones* oolithiques, des *mudstones* à astartes et des brèches polygéniques.

Dans le système carbonaté Aalénien-Oxfordien du Quercy-Périgord, les niveaux d'initiation des karsts sont contrôlés par la présence de fractures et failles, mais également par l'environnement de dépôt, qui implique des variations minéralogique et faciologique :

- L'intensité de la karstification varie dans les niveaux dolomitiques : (1) les faciès dolomitiques stratiformes sont fortement karstifiés tandis que (2) les faciès sédimentaires à dolomie secondaire sont ponctuellement karstifiés.
- Les faciès de *shoal* à microporosité inter- et intragranulaire sont fréquemment associés à des paléokarsts. Cependant l'intensité de la karstification est plus faible que dans les niveaux à dolomie primaire, mais semblable aux faciès à dolomie secondaire.

Mots-Clés : Architecture sédimentaire ; faciès ; diagenèse ; karstification ; Dogger ; Oxfordien ; Quercy ; Périgord

DYNAMIC OF A LACUSTRINE SEDIMENTARY SYSTEM DURING LATE RIFTING AT THE CRETACEOUS-PALEOCENE TRANSITION: EXAMPLE OF THE YACORAITE FORMATION, SALTA BASIN, ARGENTINA

Rémy Deschamps ^{*1}, Sébastien Rohais ¹, Youri Hamon ¹, Marta Gasparrini ¹

¹ Institut Français du Pétrole et des Energies Nouvelles (IFPEN) – IFP Energies Nouvelles – France

*Intervenant - remy.deschamps@ifpen.fr

The architecture of lacustrine systems are the result of the complex interaction between tectonic, climate, and environmental parameters, and constitute the main forcing parameters on the lake dynamic. Field analogue studies have been performed to better assess those interactions, and their impact on the facies distribution and the stratigraphic architecture of lacustrine systems. The Yacoraite Fm. (Late Cretaceous/Early Paleocene) was deposited during the sag phase of the Salta rift basin in Argentina, is exposed in world-class outcrops that enabled to study the dynamic of this lacustrine system through the facies analysis and the stratigraphic evolution. At the Alemania-Metán-El Rey basin scale, the Yacoraite Fm. is organized in a siliciclastic dominated margin to the West, and a carbonate-dominated margin to the East. The Yacoraite Fm. can be subdivided into four main "mid-term" sequences subdivided into short-term sequences recording high frequency climate fluctuations. The depositional profiles and identified system tracts have then been grouped into two end-members at basin scale: (1) a balanced "perennial" depositional system for the lower part of the Yacoraite Fm., and (2) a highly alternating "ephemeral" depositional system for the upper part of the Yacoraite Fm. The transition from a perennial system to an ephemeral system indicates a change in the sedimentary dynamics of the basin. It was probably linked with the K-T boundary that induced a temporary shutdown of the carbonate factory and an increase in siliciclastic supply.

Mots-Clés: Lacustrine, sedimentary evolution, Yacoraite Fm., K/T, rift basin

LES DISCORDANCES DE RAVINEMENT GLACIAIRE COMME ARCHIVE DES DYNAMIQUES DE DEGLACIATION

Pierre Dietrich ^{*1}, Marie Busfield ², Daniel Le Heron ³, Jean-François Ghienne ⁴, Bernhard Grasemann ³

¹ Géosciences Rennes – CNRS UMR 6118 Géosciences Rennes, Université Rennes1, France – France

² Department of Geography and Earth Sciences, Llandinam Building, Aberystwyth, SY23 3DB – Royaume-Uni

³ Department für Geodynamik und Sedimentologie, Althanstraße 14, Universität Wien, 1190 Vienna – Autriche

⁴ Institut de Physique du Globe de Strasbourg, UMR7516 – CNRS, Université de Strasbourg : UMR7516 – France

*Intervenant - dietrich.pierre.68@gmail.com

Au même titre que les strates, discordances et autres hiatus doivent être décryptés comme le résultat et l'enregistrement d'une combinaison de processus affectant l'évolution du bassin sédimentaire. Si une discordance de ravinement glaciaire apparaît comme une simple surface d'érosion, elle constitue également le 'chaînon manquant' entre le pléni-glaciaire et la bascule vers la déglaciation. Là où elle se sera développée sur du sédiment meuble, la discordance de ravinement glaciaire enregistre les dernières modifications de l'environnement sous-glaciaire, par exemple le degré de couplage en base de glacier ou les vitesses de l'écoulement glaciaire. De telles surfaces sont fréquentes dans les enregistrements glaciaires paléozoïques (Ordovicien supérieur, Carbonifère-Permien). Nous présentons ici deux études de cas dans la Chaîne du Cap en Afrique du Sud, qui permettent chacun de mieux contraindre les dynamiques de déglaciation au Paléozoïque. Les deux surfaces glaciaires ont été cartographiées à l'aide d'un drone, ce qui permet de faire le pont entre étude de terrain et imagerie satellitaire pour l'interprétation de tels enregistrements.

Un très beau 'plancher' glaciaire, affleurant sur plus d'un km² et surmonté par la Formation de Pakhuis Pass d'âge Ordovicien supérieur (ca. 444 Ma), enregistre en Afrique du Sud un écoulement glaciaire vers le SW. Des crêtes gréseuses longues et étroites sont interprétées comme des flûtes sous-glaciaires produites par le profilage d'un till sableux dilatant mal drainé. A cette phase se superpose des plis transverses reflétant une déformation du substrat glaciaire sableux sous un faible glissement basal marquant l'initiation d'un fort couplage. L'ensemble des structures permet pour la première fois de reconstruire dans l'Ordovicien, voire dans le pré-Pleistocène, un cycle complet de crue glaciaire (*glacial surge*) étayant les reconstructions paléogéomorphologiques et les modèles de déglaciations que l'on peut en tirer.

Un autre système géomorphologique célèbre mais restant néanmoins mal compris est connu sous la dénomination de plancher glaciaire d'Oorlogskloof. Il s'agit de la discordance de ravinement glaciaire marquant la base du Groupe du Dwyka d'âge Carbonifère supérieur (ca. 300 Ma). Les relations géométriques indiquent que la discordance de ravinement glaciaire, qui elle aussi se forma dans du sable non consolidé, inclut trois systèmes de déformation successifs. Le Système 1 montre des flûtes et cannelures avec stries surimposées, le tout étant cependant drapé par des micro-éventails sableux transverses descendant des flûtes et s'étalant dans certaines des cannelures. Le Système 2 correspond à des bourrelets de forme arquée qui défléchissent les structures du Système 1. Ces deux premiers systèmes sont intersectés obliquement par les structures du Système 3 associant des stries et quelques flûtes de grande taille. La discordance de ravinement d'Oorlogskloof, formée par une superposition de phases de cisaillement probablement à la proximité d'une ligne d'ancrage glaciomarine, enregistre une évolution complexe de découplage glace-substrat. Après une première phase, la glace se découple temporairement avant de se recoupler à nouveau... et disparaître définitivement. Cette évolution contraste avec les premières interprétations qui envisageaient une simple mise en flottaison de la glace consécutive à une transgression.

Mots-Clés: plancher glaciaire, déglaciation, Paléozoïque, Afrique du Sud

THE NON-GLACIAL DIAMICTITE OF TOUTSWEMOGALA HILL (LOWER KAROO SUPERGROUP, CENTRAL BOTSWANA): IMPLICATIONS ON THE EXTENT OF THE LATE PALEOZOIC ICE AGE IN THE KALAHARI-KAROO BASIN

Pierre Dietrich ^{*1}, Fulvio Franchi ², Rose Prevec ³, Marion Bamford ⁵

¹ Géosciences-Rennes, UMR6118, Université de Rennes 1, 35042 Rennes Cedex, France – CNRS : UMR6118 – France

² Botswana International University of Science and Technology (BIUST) – Botswana

³ Albany Museum – Albany Museum, Somerset Street, Grahamstown 6140, South Africa, Afrique du Sud

⁴ University of Witwatersrand – Afrique du Sud

*Intervenant - dietrich.pierre.68@gmail.com

In the late Carboniferous-early Permian period, during the Late Paleozoic Ice Age (LPIA), southern Africa was covered by one or several ice masse(s) as witnessed by sedimentological and stratigraphic archives and radiometric datings. At the base of the Kalahari-Karoo Supergroup (KKS, Botswana, Namibia, Zimbabwe), the Dukwi Formation (northern equivalent of the Dwyka Group, South Africa) purportedly reflects this glacial epoch in the form of diamictic successions.

In central Botswana, the Toutswemogala Hill, an outlier elevated relative to the surrounding, flat Kalahari plain, exposes the lower part of the KKS sedimentary succession which rests directly on a highly uneven Precambrian crystalline basement. In paleo-topographic depressions, the base of the exposed succession consists of a massive, 15 m-thick diamictite bearing angular clasts that are exclusively locally derived and silicified tree logs. In places, this diamictite is conformably draped by finely-bedded, fine-grained sandstones, at least 5 m in thickness, containing remnants of fossil leaves such as *Glossopteris* and '*Gangamopteris*'. Fossil plants sampled in both the diamictite and the overlying fine-grained sandstones indicate a Permo-Carboniferous age for these deposits, *i.e.* the supposed age of the LPIA in this region. Discordantly overlying the fine-grained sandstones and/or the diamictite and directly resting on the basement exposed along the paleo-highs is a thick (5-10 m) unit of cross-bedded conglomerate mainly made up of well-rounded quartz pebbles. This conglomerate is unconformably covered by a 5 m-thick muddy sandstone bearing abundant rip-up clasts which is sharply overlain by a very coarse, cross-bedded sandstone characterized by abundant impressions of logs and stems.

Although the diamictite has been previously interpreted by some as a glaciogenic (till) unit deposited during the LPIA, the notable absence of faceted/striated clasts in the coarse-grained facies, the absence of ice rafted debris within the fine-grained sandstones as well as a local origin for these clasts, supports a re-interpretation of the diamictite as series of colluvial/alluvial deposits accumulated at the foothills of the paleo-topographic highs. This new interpretation raises questions about the extent in both time and space of the LPIA. We postulate that the ice margin centered over northern South Africa (Cargonian Highlands) may have never reached central Botswana. This finding echoes similar conclusions reached by the reinterpretation of some LPIA successions in South America in which diagnostic evidence for glacial processes is conspicuously lacking. Such conclusions strengthen the emerging model of fragmented ice masses of relatively small extent that waxed and waned diachronously (from late Devonian to middle/upper Permian) over southern Gondwana.

Mots-Clés: Late Paleozoic Ice Age, Diamictite, Botswana, Kalahari, Karoo, *glossopteris*

CARACTERISATION DE L'EVOLUTION DE L'ETAT DE COMPACTION DES SEDIMENTS DE LA MARGE D'HIKURANGI A PARTIR DE LA CEC ET DES DONNEES DE POROSITE ET RESISTIVITE DES EXPEDITIONS IODP 372 ET 375

Jade Dutilleul^{*1}, Sylvain Bourlange², Yves Geraud²

¹ UMR 7359 GeoRessources *Université de Lorraine, Ecole Nationale Supérieure de Géologie, Centre national de la recherche scientifique - CNRS (France)*

² GeoRessources - Ecole Nationale Supérieure de Géologie (ENSG) *Université de Lorraine Rue du Doyen Marcel Roubault 54500 Vandœuvre-lès-Nancy - France*

*Intervenant - jade.dutilleul@univ-lorraine.fr

Les zones de subduction sont le siège de phénomènes géologiques intenses tels que des glissements de terrain sous-marins, des séismes et des tsunamis. La convergence des marges actives est accommodée au niveau de l'interface de plaques et de grands systèmes chevauchants dans la plaque supérieure qui prennent racine dans le décollement et se dichotomisent dans la partie frontale du prisme. Ces failles sont le siège de glissements sismiques et asismiques, en particulier de séismes lents. Le comportement des failles et donc les transitions spatiales et temporelles entre ces différents types de glissements sont contrôlés par les propriétés thermiques, hydrogéologiques, physiques, rhéologiques et mécaniques de la séquence sédimentaire entrante. En particulier, les sédiments de la plaque subduite peuvent transporter des fluides et les libérer au cours de l'enfouissement par compaction et/ou par réactions diagénétiques d'altération et/ou de déshydratation. Ainsi, certaines zones à l'interface de plaques et dans le prisme d'accrétion peuvent développer des pressions de fluides élevées qui, de par leur contrôle sur la contrainte normale effective, jouent un rôle majeur sur les propriétés rhéologiques et de friction des zones de failles.

Depuis l'installation d'un réseau de GPS dans les années 2000, il a été mis en évidence qu'en plus d'être capable de générer des glissements rapides sismogéniques et tsunamigéniques (séismes de mars et mai 1947), l'interface de plaques de la marge d'Hikurangi produit des séismes lents sur 2 à 3 semaines tous les 18 à 24 mois. Ces séismes lents peu profonds (<5 km) viennent compenser en grande partie le déficit de glissement accumulé dans la partie nord de la marge qui flue de manière asismique, excepté dans quelques zones où se déclenchent les séismes lents. En 2017-2018, plusieurs sites ont été forés dans le cadre des expéditions International Ocean Discovery Program (IODP) 372 et 375 sur un transect perpendiculaire à la marge, où les séismes lents ont été mesurés à faible profondeur (≤ 2 km). Ces sites où ont été prélevées des carottes et réalisées des diagraphies permettent de préciser les propriétés lithologiques, structurales, physiques et géochimiques de la séquence sédimentaire entrante d'environ 1 km d'épaisseur, recouvrant le plateau volcanoclastique Crétacé d'Hikurangi. Les sédiments Tertiaire entrants se caractérisent par une hétérogénéité lithologique importante. Une section hémipélagique d'environ 500 m d'épaisseur et d'âge Quaternaire correspondant à des faciès argilo-silteux à sableux de fosse et de pentes recouvre ~340 m de formations carbonatées pélagiques d'âge Pleistocène à Paléocène et les premières unités volcanoclastiques du Plateau d'Hikurangi.

Dans cette étude, nous caractérisons l'état de compaction des sédiments de la marge d'Hikurangi à partir des données de porosité (mesures sur échantillons et diagraphies) et de résistivité (diagraphies) des deux campagnes. La porosité moyenne des sites décroît vers le continent et vaut 48%, 44% et 40%, à 95, 62 et 38 km des côtes respectivement. La porosité est corrigée selon la minéralogie des argiles via des mesures de Capacité d'Echange Cationique (CEC) post-campagne. Porosité liée et porosité interstitielle sont ainsi déterminées. La porosité liée est $\leq 5\%$ dans les formations silicoclastiques et carbonatées où la CEC est $\leq 0,2$ mol/kg mais atteint 25% dans les unités volcanoclastiques du plateau d'Hikurangi où la CEC est élevée (jusqu'à $\sim 0,8$ mol/kg) et où plusieurs minéraux hydratés (smectites, opales et zeolites) ont été mis en évidence par Diffraction des Rayons X. L'évolution de la géométrie du réseau poreux avec la compaction est déterminée à partir de mesures de Résonance Magnétique Nucléaire et de porosimétrie mercure qui montrent des T2 moyens entre 0,7 et 5 ms correspondant à des pores aux seuils d'accès de $\sim 0,01$ à ~ 10 μm . Ces données permettent de contraindre l'évolution de la compaction et de la diagenèse en relation avec la libération in-situ de fluides et le développement de surpressions. Un scénario est également proposé pour expliquer l'évolution des profils de porosité observée d'un site à l'autre.

Mots-Clés : IODP ; Hikurangi ; Nouvelle Zélande ; porosité ; CEC ; résistivité ; argiles ; compaction ; érosion

MAËRL FOSSILE, BIO-MARQUEUR DES FLUCTUATIONS SEDIMENTAIRES ET PALEO-ENVIRONNEMENTALES DEPUIS LES DERNIERS MILLENAIRES EN RADE DE BREST

Axel Ehrhold ^{*1}, Gwenael Jouet ¹, Jacques Grall ², Raffaele Siano ³, Aurélie Penaud ⁴, Muriel Vidal ⁴, Stephan Jorry ¹, Pascal Le Roy ⁴, Natalia Vazquez-Riveiros ¹, Jérémie Gouriou ¹, Angélique Roubi ¹

¹ Laboratoire Géodynamique et enregistrement Sédimentaire - Geosciences Marines – Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer – France

² Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM) – Université de Brest, CNRS : UMS3113 – Observatoire, Séries Faune-Flore, OSU-IUEM, 29280 Plouzané, France, France

³ Ifremer - Brest, DYNECO/Pelagos – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER), Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER - IFREMER – France

⁴ Domaines Océaniques – Université de 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

*Intervenant - axel.ehrhold@ifremer.fr

La reconstitution stratigraphique des dépôts de comblement de la Rade de Brest lors du dernier stade interglaciaire (Grégoire *et al.*, 2017), a permis d'identifier la succession des cortèges sédimentaires et les grandes étapes de l'évolution paléo-environnementale de cette baie depuis le Mésolithique (environ 9000 ans cal. BP). Le cortège de haut niveau marin (HST) concerne les trois derniers millénaires (âge BP.) de l'évolution de la Rade. Il est, dans sa partie la plus estuarienne, le siège d'une sédimentation rythmée argilo-silteuse et sablo-coquillier, dans laquelle s'intercale la mise en place d'horizons pluri-centimétriques d'algues rouges Mélobésiées (maërl). Or le maërl, dont la croissance est très lente (environ 0,5 mm/an), est particulièrement sensible à l'importance des flux terrigènes (turbidité) et au taux de sédimentation (dépôts) qui limitent ses capacités de photosynthèse sur des périodes prolongées jusqu'à entraîner la mortalité des colonies in situ (biocénoses). Les conditions à l'origine du développement des bancs de maërl comme de leur disparition supposent parmi les facteurs limitant, des variations rapides (pluri-annuelles à pluri-décennales) du régime sédimentaire local, en réponse aux fluctuations paléo-climatiques et aux pressions anthropiques régionales. Ce sujet porté par le projet PEPITE* vise à déterminer dans la succession lithologique des sédiments côtiers, l'évolution des conditions environnementales passées. Peu de travaux se sont intéressés aux gisements fossiles de maërl encore préservés dans les sédiments côtiers, notamment en tant qu'archive paléo-environnementale. Les travaux récents en Rade montrent que le maërl primitif s'est établi un siècle environ après le début de la période gallo-romaine (121 ans BC. ou 1829 cal. BP.) alors que les conditions hydrologiques et de profondeur semblaient déjà propices à son épanouissement depuis 5000 ans BP. Les archives sédimentaires permettent de décrire trois phases successives de colonisation, la première à l'époque gallo-romaine (1800-1400 ans cal. BP), la seconde au haut moyen âge (1200-900 cal. BP) et la troisième toujours en cours (560 ans cal. BP à l'actuel). Ces périodes de développement actif des mélobésiées en Rade sont concomitantes de variations palynologiques (grains de pollen et dinokystes fossiles) et correspondent à des phases climatiques plus fraîches (NAO-). Elles sont entrecoupées par plusieurs siècles durant lesquels les colonies disparaissent correspondant à deux périodes marquées par une évolution graduelle des taux de sédimentation et une remobilisation des sédiments en place, en lien avec la dégradation des facteurs climatiques et l'histoire de l'aménagement des bassins versants de la baie. L'étude de ce marqueur bio-sédimentaire actuel et fossile, envisagée à l'échelle des côtes armoricaines semble ainsi prometteuse pour contraindre l'évolution passée des paysages littoraux confrontés aux changements climatiques, à la remontée du niveau marin et à l'accentuation de l'impact anthropique, et envisager leur devenir.

Mots-Clés: Paléo, environnement, holocène, littoral, sédimentation, paléo, écologie, Bretagne

PALEOENVIRONNEMENT ET PALEOCLIMAT DES MINERAUX ARGILEUX DES BASSINS PHOSPHATES MAROCAINS (OULED ABDOUN, GANNTOUR ET MESKALA, MAROC)

Hanane El Boukhari *¹, Mustapha Mouflih ¹, Abdelmajid Benbouziane ¹, Essaid Jourani ², Salem El Ouariti ¹

¹ Laboratoire de Dynamique des Bassins Sédimentaires et Corrélations Géologiques, Faculté des Sciences Ben M'sik, Université Hassan II de Casablanca (UNIVH2C-FSB) – Maroc

² Direction de Géologie, Direction Développement Industriel, Office Chérifien des Phosphates (OCP S.A)/ Maroc – Maroc

*Intervenant - elboukhari.hanane.24@gmail.com

La série phosphatée marocaine d'âge Crétacé Terminal-Paléogène est caractérisée par des concentrations importantes de phosphate sédimentaire. A cette minéralisation, se joigne en intercalation et en association une richesse diversifiée de minéraux argileux à grande valeur ajoutée. Ce travail vise la caractérisation et l'étude de la répartition spatio-temporelle des cortèges argileux de trois bassins phosphatés marocains : Ouled abdoun, Meskala et Ganntour. Les résultats montrent que les trois bassins traduisent une dérive lente relativement régulière de la montmorillonite vers la palygorskite et la sépiolite. On note la dominance des argiles de type montmorillonite du Maastrichtien jusqu'à l'Yprésien et des argiles magnésiennes de type sépiolites en quantité moindre. Les argiles de type palygorskite sont plus fréquentes vers le sommet de la série phosphatée. Cette variation dans le temps mais pas dans l'espace semble avoir une relation directe avec les mêmes conditions de genèse à l'échelle des trois bassins. En effet, les assemblages minéralogiques argileux peuvent résulter de causes différentes, à savoir l'instabilité tectonique, les variations climatiques, l'eustatisme et les conditions diagénétiques. Le retrait de la mer accompagné de l'atténuation de l'activité tectonique durant le Crétacé supérieur ont permis le développement de sols riches en smectites sous un climat chaud à humidité saisonnière contrastée. La montmorillonite qui peut être considérée comme détritique dépend des conditions climatiques régnant sur le continent environnant. Elle peut être transformée en arrivant dans le bassin et donne naissance à la palygorskite dont les caractères chimiques sont voisins. Au contraire, la sépiolite peut être considérée comme néoformée à partir des ions en solution ; elle est étroitement dépendante des variations géochimiques.

Mots-Clés: Phosphate, Montmorillonite, Palygorskite, Sépiolite, Ouled Abdoun, Ganntour, Meskala.

SEDIMENTOLOGIE ET PALEOENVIRONNEMENT DES FACIES PHOSPHATES DE LA REGION D'AZGOUR (HAUT ATLAS DE MARRAKECH, MAROC)

Salem El Ouariti ^{*1}, Mustapha Mouflih , El Mostafa Benfrika ¹, Abdelmajid Benbouziane ¹,
Hanane El Boukhari , Mohamed Amine Nguidi , Amine Bouwafoud ¹, Essaid Jourani ²

¹ Université Hassan II de Casablanca/ Faculté des Sciences Ben M'Sik / Laboratoire de Dynamique des Bassins Sédimentaires et Corrélations Géologiques – Maroc

² Direction de Géologie, Direction Développement Industriel, Office Chérifien des Phosphates (OCP S.A) – Maroc

*Intervant - s.elouariti@yahoo.com

La série sédimentaire d'âge Crétacé Terminal-Paléogène à l'échelle du Maroc, se caractérise par des dépôts phosphatés d'un grand intérêt économique ; à savoir les gisements des Oulad-Abdoun, des Gantour, Meskala et Oued Eddahab. A côté de ces gisements, le sous-sol marocain recèle d'autres concentrations phosphatées dont l'intérêt économique est relativement moins important. C'est le cas des dépôts résiduels du Moyen-Atlas et du Haut-Atlas de Marrakech.

Nos travaux visent la prospection et l'exploration des gisements de phosphates dans la partie orientale du Haut-Atlas de Marrakech. A la différence des gisements du Maroc Central, les phosphates de ces occurrences sont peu documentés sur le plan de la composition, de la quantité et de la qualité. Dans cette optique, les régions de Tessilat-Médirat, Douar Sour et Moulay Brahim, ont fait l'objet d'une étude cartographique, sédimentologique et stratigraphique. Cette approche a permis la caractérisation et l'évaluation de l'importance de la phosphatogenèse dans le temps et dans l'espace.

Les premiers résultats révèlent des compositions pétrographiques très similaires aux phosphates du Maroc Central. En effet, ces cortèges phosphatés montrent des proportions variables en grains phosphatés, foraminifères benthiques, ostracodes et algues. L'abondance de l'exogangue se démarque par sa richesse en quartz et lithoclastes détritiques. La qualité et la quantité de ces dépôts phosphatés sont très variables d'un secteur à l'autre traduisant l'influence du fond marin et des fluctuations du niveau marin. La présence de la matière organique végétale, de la matière organique en bois et les spores traduit un environnement de dépôt marin de fond de golf très influencé par des apports détritiques et des sources d'eau douce.

Mots-Clés: Phosphate, Phosphatogenèse, Sédimentologie, Paléogène, Haut, Atlas de Marrakech.

GLISSEMENTS GRAVITAIRES SOUS-MARINS DE GRANDE ECHELLE EN BORDURE D'UNE PLATEFORME CARBONATEE ISOLEE ET ENNOYEE (BANC DE LANSDOWNE, SUD-OUEST PACIFIQUE)

Samuel Etienne ^{*1,2}, Julien Collot ², Pascal Le Roy ³, Walter Roest ⁴, Elsa Tournadour ^{2,4}, Martin Patriat ⁴, Camille Clerc ⁵, Belinda Dechnik ⁶, Kelsey Sanborn ⁶, Maria Anola Largeau ⁷, Fanny Lepareur ⁸, Jeremy Horowitz ⁹, Jody Webster ⁶, Stephan Jorry ⁴, Jean Roger ¹⁰, Arnaud Gaillot ⁴

¹ ADECAL Technopole 1bis rue Berthelot - Doniambo - B.P. 2384 - 98 846 Nouméa - Nouvelle-Calédonie

² Service Géologique de Nouvelle-Calédonie

³ Université de Brest *Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM)*

⁴ Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer – Brest *IFREMER*

⁵ Université de la Nouvelle Calédonie

⁶ University of Sydney

⁷ Intechmer *CNAM-INTECHMER*

⁸ Muséum National d'Histoire Naturelle *Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN)*

⁹ James Cook University

¹⁰ Institut de Recherche pour le Développement

*Intervenant - samuel.etienne@gouv.nc

Le Banc de Lansdowne est une vaste plateforme carbonatée isolée de 4000 km², partiellement ennoyée entre 30-100 m de profondeur d'eau, située à l'extrémité nord de la Ride de Fairway, au large de la Nouvelle-Calédonie dans le Sud-Ouest Pacifique. De nouvelles données multifaisceaux (EM1002), sismiques THR (SPARKER) ainsi que des échantillonnages par dragues à roches et carottages gravitaires ont été acquises sur le banc et ses pentes durant la mission SEDLAB en Avril 2018 sur le N/O L'Alis. Le principal objectif était de caractériser les morphologies, facies sédimentaires et l'architecture stratigraphique de cet objet. Ces nouvelles données révèlent la morphologie générale de la plateforme, marquée par une couronne récifale quasi-continue d'environ 4 km de large située entre 30-60 m de profondeur d'eau. Celle-ci entoure un paléolagon s'approfondissant vers la partie interne de la plateforme, jusqu'à 100 m de fond. Etonnement, très peu de morphologies suggérant des transferts sédimentaires pérennes à travers la plateforme telles que des passes, chenaux internes, shoals tidaux ou dunes sédimentaires n'ont été imagées sur la plateforme. Par contre, sur les pentes, d'importantes morphologies d'origine gravitaire, tels que des canyons, chenaux et ravines ont été imagées. Egalement, de spectaculaires déstabilisations de la bordure de la plateforme ont été cartographiées. Sur la bordure du banc et sur la pente supérieure, elles sont mises en évidence par des cicatrices d'arrachement d'échelle pluri-kilométrique, induisant une géométrie festonnée de la marge. En pied de pente, de vastes chaos de blocs kilométriques sont présents, au droit des cicatrices. Les variations relatives du niveau marin (notamment les phases d'exondation de la plateforme pouvant induire un sapement des bordures du banc), les phases d'érosion rétrogressive des canyons sous-marins, les échappements de fluides et la sismicité locale sont discutés comme facteurs de déclenchement possibles de ces glissements. Par ailleurs, une modélisation du potentiel tsunamigénique de ces glissements a été initiée avec GEOWAVE. A terme, l'intégration de toutes les données de la campagne, couplée à des analyses sédimentologiques, biostratigraphiques et radiométriques apporteront des éléments sur i) les processus sédimentaires structurant la plateforme et ses pentes; et ii) les facteurs contrôlant son initiation, aggradation et ennoiement, notamment les variations climato-eustatiques mais aussi les mouvements tectoniques régionaux. Plus largement, nous considérons ce chantier comme prometteur pour l'amélioration des connaissances sur les processus et les transferts sédimentaires plateforme-bassin dans ces contextes relativement peu étudiés.

Mots-Clés : Glissements sous marins ; plateforme carbonatée isolée ; Sud Ouest Pacifique ; Nouvelle Calédonie

A DUSTY PLANET: MARS DEPOSITS REVISITED

Serge Ferry ^{*1,2}

¹ 6D avenue Général de Gaulle, 05100 Briançon, France – Université de Lyon – France

² Université Claude-Bernard Lyon1 (retraité) – Aucune – France

*Intervenant - serge.ferry@yahoo.fr

Erosional features on Mars look strongly similar to those known on Earth deserts through wind deflation and abrasion, especially closed saddles which can hardly be explained otherwise. As in the Sahara, pictures show that possible wind-created craters (without ejectas) on Mars may occur close together and eventually coalesce to built "meandering channels" without any river logics.

Secondly, HiRise pictures of deep crater walls, and landscapes photographed by rovers show the ubiquity and large thickness (reaching a ten of km in Valles Marineris) of evenly stratified deposits which look the same everywhere at close range (even lamination and low-angle cross-bedding). How to explain such uniformity vs. the high diversity of sedimentary facies found on Earth where water dominates deposition ?

Cracked bedding surfaces looking like desiccation features may result from high temperature differences between night and day. Analysis of rovers pictures suggests that these cracks are enlarged by wind abrasion and produce "conglomerates" after being rounded by winds, and therefore possibly judged "fluvial" at some places.

As shown by features on snow on Earth mountains, inversion of relief through wind erosion on Mars stratified deposits may produce mimick features (I think wrongly) interpreted as "lacustrine deltas", which cannot resist to the simplest calculations about sedimentary processes involved.

Thirdly, the rather uniformity of Chemcam analyses suggest that stratified deposits result from the accumulation of dust of basaltic composition. This accumulation could have occurred in high wind regime during the early life of the planet., as deduced from widespread low-angle cross bedding and antidune features, known on Earth in basal surges of volcanic eruptions. The huge thickness of such widespread deposits also suggest a catastrophic collapse of basaltic dust at the beginning of the planet history rather than depositon in water-dominated environments.

Other observations like calcium sulfate polygonal veins crossing the stratification, as observed by rovers, are probably produced by meteorite impacts shaking the dust pile, suggesting that some fluids may be present in the deep. But how much water ? The presence of some water in the Mars atmosphere explains that salty coatings may occur on rocky valls.

At last, evidences of water flows on crater slopes have been revisited as possible dry dust flows. It is also interesting to see that these reworkings are always located on the lee side of crater walls vs. dominant winds.

All these observations and comparisons on Earth vs Mars cast doubts about current sedimentology of Mars deposits. Mars could have been a dry planet from the beginning and most of its sedimentary cover due to catastrophic dust collapse, later carved by residual winds.

Mots-Clés: Mars, eolian

STEPPED TRANSPRESSION TECTONIC REGIME RECORDED IN CRETACEOUS DEPOSITS OF THE SOUTHERN SUBALPINE CHAINS, FRANCE

Serge Ferry ^{1,2}, Danièle Grosheny ³

¹ 6D avenue Général de Gaulle, 05100 Briançon, France – Université de Lyon – France

² Université Claude-Bernard Lyon1 (retraité) – France

³ Université de Lorraine – GeoRessources, UMR 7359 CNRS-UL – France

*Intervenant - serge.ferry@yahoo.fr

Sedimentary data (facies maps, new biostratigraphic data) acquired over the last few years bring solid evidences that the Vocontian Trough (VT) experienced a progressive but stepped closure, beginning at least during the so-called "Austrian" phase" (Aptian-Albian boundary) known as far as the whole North African craton. It is even possible that the mechanism started earlier from the Barremian. After the early Albian step, a second pulse occurred briefly during the widely-known Cenomanian-Turonian Boundary Event (CTBE), also linked to a probable world-wide tectonic event, as shown by sequence stratigraphy data along many basin margins. A third, even stronger step occurred during the late Turonian which is also recorded, through a major sequence stratigraphy heterogeneity (relative sea level changes out of phase depending on places) in many areas along the Tethyan margins. E-W folds of the Vocontian Trough were acquired during this phase. A fourth step occurred around the Santonian-Campanian boundary, responsible of a major paleogeographic change in the southern French Alps. At that time, the E-W trending VT was completely filled and the paleogeography acquired a curved "Alpine" one, that lasted during the Paleogene ("Nummulitic" foreland basin phase). All these data lead to two major suggestions: (1) tectonics do not seem to operate in a regular way but through pulses, even if the motor (ocean ridges spreading) could be relatively steady; (2) methods of geodynamics would have to take into account the sedimentary data to have a finer pattern on how global tectonics works.

Mots-Clés: cretaceous, French Alps, tectonics, paleogeography

LES BOTTOM SIMULATING REFLECTORS (BSRS) SUR LA MARGE ACTIVE HIKURANGI (ÎLE DU NORD, NOUVELLE-ZELANDE) : UNE APPROCHE STRUCTURALE

Clara Gartner ^{*1} Emeline Soudant ¹, Geoffroy Mahieux ¹, Frank Chanier ², Aurélien Gay ³, Sébastien Potel ¹, Julien Bailleul ¹

¹ EA7511 Bassin-Réservoir-Ressource UPJV-UniLaSalle – University of Picardie Jules-Verne – France

² Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences (LOG - UMR 8187 CNRS-Lille1-ULCO) – Université Lille 1, Sciences et Technologies –

³ Géosciences Montpellier – Institut national des sciences de l'Université : UMR5243, Université de Montpellier : UMR5243,

*Intervenant - clara.gartner@unilasalle.fr

La marge active Hikurangi (Est de l'Île du Nord, Nouvelle-Zélande) est un système compressif au sein duquel d'importantes migrations et expulsions de fluides s'expriment : échappements de gaz, suintements d'huile, cheminées de gaz, et accumulations d'hydrates de gaz.

Certaines études antérieures, menées à terre, montrent que les témoins de circulation de fluides semblent se distribuer en relation avec les principales structures tectoniques (e.g. le long des principales failles ou des axes anticlinaux dans les bassins). Cependant, les descriptions restent éparpillées sur l'ensemble de la côte Est. En mer, l'interprétation de données de sismique pétrolière permet de caractériser les différents indicateurs de circulation de fluides et de déterminer leur répartition spatiale comme temporelle. Cette étude vise, non seulement, à identifier les différents types de circulations de fluides, mais aussi à évaluer leurs relations avec les structures de la marge ainsi que leur évolution dans le temps. L'analyse de la sismique marine permet une couverture régionale de la marge.

Trois axes sont pour l'instant abordés :

- Le premier axe s'intéresse aux réseaux de failles polygonales comme chemins de migration privilégiés pour les circulations de fluides. Il s'agira de comprendre la répartition géographique de ces réseaux et d'appréhender leurs relations aux circulations de fluides.

- Le second axe concerne le développement du système combiné cheminée-pockmark. Bien que les pockmarks soient souvent liés à des remontées de fluides via des cheminées, il est moins évident de les associer directement à des failles majeures. De plus, à l'instar des différentes phases de déformations qui marquent l'évolution tectonique du prisme de subduction, plusieurs réseaux de circulation de fluides pourraient se développer successivement dans le temps, séparés par des surfaces à pockmarks et scellés par une certaine épaisseur de sédiments. Ces niveaux de paléo-pockmarks pourraient mettre en évidence des épisodes successifs d'échappements préférentiels de fluides sur la marge.

- Le troisième axe relève des liens existants entre les circulations de fluides et le BSR. Seule la thématique du BSR, interface entre la *Gas Hydrate Stability Zone* et la *Free Gas Zone*, sera abordée dans le cadre de ce congrès. Il s'agira de comprendre comment et dans quelle mesure le BSR interagit avec les systèmes de circulation de fluides, quel mécanisme de formation du gaz libre domine entre sa solubilisation ou son recyclage. S'il est couramment décrit que le BSR se développe en domaine marin profond sous les têtes anticlinales, il a été observé que celui-ci pouvait exister en zone de pente à la transition entre le plateau et le bassin profond, ainsi qu'en environnement de plateforme. Bien que la continuité du BSR entre ces différentes zones ne soit pas démontrée, il est nécessaire de déterminer s'il s'agit d'un même BSR affecté par la structuration, ou bien s'il s'agit de BSRs distincts ayant pour origine des fluides de nature différente (*thermogenic vs biogenic*). Toutefois, quel que soit sa localisation, le BSR est affecté par la déformation du prisme de subduction, permettant l'apparition de différents types structuraux de BSRs (continu, discontinu, *plumbing*,...).

Mots-Clés: BSR, circulations de fluides, marge active Hikurangi, interprétation sismique, structuration

EXEMPLE D'ARCHITECTURE STRATIGRAPHIQUE INTRA-SEL DE LA FORMATION APTIENNE LOEME: ETUDE DE L'ANCIENNE MINE DE POTASSE DE HOLLE, REGION DE HINDA, ONSHORE CONGO

Laurent Gindre-Chanu ^{*1}, Alexandre Pichat ², Vincent Delhay-Prat ³

¹ Consultant Geosciences

² E2S-UPPA, CNRS, Univ. Pau & Pays Adour, 64013, Pau *Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs-IPRA, UMR 5150*

³ TOTAL SA *CSTJF*

*Intervenant - laurentgindre17@gmail.com

L'exploitation de sylvite (KCl) à haute teneur en K₂O (max. 16%) au sein de la Formation salifère Loémé, d'âge Aptien, opérée par les Mines de Potasse d'Alsace (MDPA) au début des années 1960 dans le bassin sédimentaire côtier du Congo s'est achevée par l'ennoiement accidentel de la mine de Holle en 1977. Les données minières recueillies permettent d'étudier la nature hétérogène des évaporites composées de sel gemme massif (halite NaCl) inter-stratifié avec des couches de potasses telles que la carnallite (KClMgCl₂·6H₂O), la bishofite/tachyhydrite (MgCl₂/2MgCl₂CaCl₂·12H₂O) et enfin la sylvite (KCl). La Formation Loémé est constituée de 10 séquences de dépôt évaporitiques, corrélées régionalement le long du domaine halokinetique stable du Congo et du Gabon (Pichat et al., 2019). Les séquences correspondent à des événements de recharge hydrique, dominés par des argiles, carbonates et halite, suivis par des phases de concentration d'eau de saumure ou les potasses magnésiennes et calcitiques en constituent les termes ultimes. En dehors de la « caprock » sommitale, les sulfates ne sont représentés que dans la partie supérieure de la série par quelques bancs d'anhydrite. La mine de Holle fut excavée au sein de ces évaporites autochtones recoupées de nombreuses failles normales s'enracinant dans les séries anté-sel (Pedley et al., 2016). Des panoramas photographiques prises à l'intérieur de la mine, combinés aux données de sub-surface exploitables (croquis, puits, plaques minces, lignes sismiques 2D, géochimie), permettent d'illustrer l'architecture géométrique interne de la série salifère, de documenter la variation latérale des hétérogénéités intra-Loémé et de proposer un modèle chronologique des phases de déformation syn- et post- précipitation des évaporites sur une étendue de 100 km² environ. Ainsi, les analyses sédimentologiques, pétrologiques, sismiques et cartographiques révèlent :

- Un canevas stratigraphique régional de la formation Loémé, composé de 10 séquences de dépôts. Les cycles sont parallèles et conformes, affectés par une déformation plicative post-dépôt en bordure de faille normale, représentée par des plis anticlinaux et synclinaux, étroits (<1-2 kms) et orientés NW-SE sur une longueur de plus de 10 km.
- Une discordance angulaire au sommet des évaporites, liée à la cannibalisation des crêtes anticlinales par les eaux phréatiques sous-saturées contenues dans les séries post-sel. La dissolution *per descensum* est responsable de la transformation incrémentale des couches carnallitiques en sylvite en toit de formation, qui par excès d'hydratation peut aussi se substituer en halite secondaire. Les analyses géométriques et géochimiques confirment l'origine diagénétique de la sylvite, ainsi que son mode de formation.
- Le développement localisé de mini-basins intra-Loémé de courte (<5 m) à grande longueur d'onde (>5 km), adjacents à des diapirs de sels immatures, scellés par les séquences de dépôt évaporitiques supérieures. Le remplissage des mini-basins montre une configuration divergente de la carnallite, de la halite inter-stratifiée et de la bishofite, traduisant une précipitation de certains niveaux de potasses contemporaine de mouvements verticaux de sel précoces.
- Les corrélations géochimiques du brome confirment que les poussées diapiriques sont synchrones des couches divergentes en remplissage et que le stock de sel en croissance était alimenté pendant les recharges hydriques à très haute fréquence (ennoiements).
- Des discordances progressives intra-sel sont parfois présentes le long des flancs diapiriques intra-Loémé, ainsi que des sutures inter-lits soulignant un fluage vertical et horizontal rapide.
- Une migration des mini-basins vers et/ou à l'opposé des diapirs montre que les vitesses de croissance halokinetiques sont contrebalancées par celles des fluctuations du niveau de base de saumure.

L'ensemble de ces observations révèle une configuration géométrique complexe intra-sel de la Formation Loémé, fournissant des éléments d'interprétation dans le mode de dépôt des évaporites, des relations syn-cinématiques existant avec des diapirs de sel contemporains de leur précipitation, ainsi que sur l'origine de certaines discordances angulaires.

References:

- Pedley A., Neubert J. and Van der Klaw S. (2016). Potash deposits in Africa. Episodes, 39, 2, p.447-457.
Pichat A., Delhay-Prat V., Pedley A., Gindre-Chanu L. (2019). Sedimentology and stratigraphy of the cretaceous evaporites of the west african margin. Insight from the proximal domain of the south Gabon, Congo and Cabinda area. AAPG Congress, Poster

THE MESSINIAN SALINITY CRISIS CARBONATE/EVAPORITIC SEDIMENTATION IN ACTIVE ACCRETIONARY WEDGE BASINS (NORTH CALABRIAN ARC, SOUTHERN ITALY)

Laurent Gindre-Chanu ^{*1}, Edoardo Perri ², Mario Borelli ², Antonio Caruso ³, Salvatore Critelli ²

¹Geosciences consultant

² Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra, Università degli Studi della Calabria

³ Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare, Università degli Studi di Palermo

*Intervenant - laurentgindre17@gmail.com

Arc settings constitute unique locations where local to regional tectonic deformations, sea-level fluctuations and siliciclastic influx interact together to enable the development of particular depositional systems. The Messinian deposits of Rossano and Belvedere Basins respectively developed along fore-arc and back-arc areas of North Calabrian accretionary wedge, and represent key areas to study the evaporitic/carbonates, precursors of giant saline conditions developed during the Messinian. Based on the integration of fieldwork, wireline logs and seismic interpretations, a revision of the general stratigraphy permitted to define four main eustatic controlled depositional sequences:

Sequence 1 (Serravallian-Tortonian), characterized by a basal clastic transgressive unit (TST) that passes upward into a regressive mixed carbonate/siliciclastic deposits (HST).

Sequence 2 (Tortonian-lower Messinian), formed by transgressive claystones (TST) in turn overlaid by a lower Messinian prograding platform to slope carbonates, made up of microbial-dominated carbonates and shallow-water evaporites (Calcare di Base – CdB 1). A forced regression unconformity (SB-2), interpreted as indicative of a significant relative sea-level fall, caps the CdB 1.

Sequence 3 displays a forced regression lowstand wedge (LSW) in the Rossano Basin, composed of clastic and primary sulphates, whilst the sedimentation in the Belvedere basin gets starved. The correlation with subsurface data in the Rossano Basin shows that the basinward sedimentation keeps ahead with massive halite (BFE – Late LST). Transgressive claystone (TST) drapes over the CdB 1 shelf and is overlain by a regressive unit made up of microbial-dominated carbonates (HST) (CdB 2).

Sequence 4 is characterized by the presence of clays with gypsum directly following the CdB 2, indicating a transgression (TST) after the HST of the CdB 2. According to this interpretation, a sequence boundary (SB-3) located at the top of the CdB 2 should be present. Inland, these clays are covered by an olistostrome, consequently there is no evidence for a prosecution of this Sequence after the TST. However, the subsurface data, highlights the presence of a sulphate-dominated evaporite body that, for analogy with the previous halite body, should represent the second event of basin-fill evaporites (BFE) deposition due to a new sea-level drop that follows the CdB 2 and that potentially created the SB-3. The Upper Messinian alluvial to brackish terrigenous deposits of the Lago Mare Fm testifies a major regional reflooding that mark the last phase of the salinity crisis.

The Rossano and Belvedere Basins experienced intense tectonic deformations during the Messinian, in response of the dynamic evolution of respective fore-arc and the back-arc settings of the Calabrian arc. Tectonism is responsible for the platform typology of the Calcare di Base and the coeval high sediments exportation basinwards, associated with the rapid reduction of accommodation space. However, in both settings, at least two Messinian depositional sequences (comprising CdB 1 and 2) can be correlated, revealing the influence of sea level variations.

Mots-Clés: carbonates hypersalins ; Messinien ; Italie ; evaporites ; Chaîne avant pays

THE RELATIONSHIP BETWEEN DOLOMITE CEMENTATION, MUDSTONE/SANDSTONE RATIO AND RESERVOIR QUALITY IN THE PERMIAN ROTLIEGEND SANDSTONES OFFSHORE THE NETHERLANDS

Jean-Pierre Girard ^{*1}, Johannes Miocic ²

¹ TOTAL - France

² Freiburg Univ. – Allemagne

*Intervenant - jean-pierre.girard@total.com

The Upper Permian sandstones of the Rotliegend formation constitute important gas reservoirs in The Netherlands and the southern North Sea. These aeolian and fluvial sandstones, deposited in the Southern Permian Basin, have been extensively studied since the 70's. Presently lying at burial depths of 3-4 km, their reservoir properties have been strongly impacted by diagenesis. A variety of diagenetic processes have been described but the main factors controlling reservoir quality and their cause remain debated.

In order to identify the prime factor controlling the quality of these prolific reservoirs we performed a detailed diagenetic study of the Lower Slochteren formation (Rotliegend sandstones) occurring offshore The Netherlands, more specifically focused in the K6 licence and the immediate surrounding blocks. The aim was to precisely document and quantify diagenetic transformations, and their impact on reservoir quality. A total of 700 thin sections from 21 wells, covering all recognized depositional facies (i.e., mainly dry eolian, damp eolian, proximal fluvial, distal sheet-flood shaly sands and playa-lake shales) were studied by optical microscopy, and quantitative point-counting was performed on a subset of 200 of them. Observations indicate that the main diagenetic cements include (chronological order): Fe-oxide coats, dolomite, kaolinite, quartz, siderite, anhydrite, barite and illite. Petrophysical plug data show highly variable porosity (0-22%) and permeability (< 0.01 to 1000 mD) values, which are not directly related to depositional facies. Indeed, although all reservoir facies plot along a unique Phi-k trend they show extensive overlap of their Phi-k values. This illustrates that diagenesis has a major impact on reservoir properties in the studied sandstones. However, integration of petrographical observations with log data and core description reveals that the distribution of diagenetic cements is not driven by depositional facies.

Among the different diagenetic cements, the early intergranular pore-filling dolomite is the most impacting in volume, as it can reach up to 40% BRV abundance. Quartz cement (up to 15%) and feldspar dissolution/kaolinisation (up to 10%) appear as second order factors on the control of reservoir quality. Detailed analysis of the distribution of the dolomite cement shows that it is more distinctly present and abundant near mudstones or in intervals exhibiting a high mudstone/sandstone ratio. Statistics calculations (using a sliding vertical window) further document that the depositional stacking pattern represents a key element in the development of dolomite cementation. Sandstones occurring as thin beds in mudstone-rich depositional sequences (high mudstone/sandstone ratio) typically exhibit strong pervasive carbonate cement regardless of sedimentary facies, while thick sandstones beds occurring in mudstone-poor sequences (low mudstone/sandstone ratio) are usually free/low in dolomite cement. This led us to conclude that the main driver for the development of dolomite cement is the proximity and frequency of mudstones, which act as Ca-Mg-HCO₃ providers for the diagenetic reaction.

This study demonstrates that reservoir quality in the Rotliegend sandstones offshore The Netherlands is primarily controlled by early dolomite cementation, and that the latter is preferentially developed in areas with high (> 75%) vertical mudstone/sandstone ratio. The implication for future exploration is that best reservoirs should be expected in areas of shale-deprived depositional stacking pattern, i.e. away from playa-lake and distal sheet-flood fluvial deposits.

Mots-Clés: Rotliegend sandstones, The Netherlands, reservoir quality

MODELISATION STRATIGRAPHIQUE AU SEIN DE BASSINS CONFINES : EVALUATION DES RELATIONS ENTRE LE DEVELOPPEMENT DE RIDES STRUCTURALES ET L'ARCHITECTURE SEDIMENTAIRE SUR LA PENTE DU PRISME DE SUBDUCTION HIKURANGI (NOUVELLE ZELANDE)

Anatole Gobetti *¹, Julien Bailleul ¹, Barbara Claussmann ^{1,2}, Sergio Courtade ³, Frank Chanier ⁴, Geoffroy Mahieux ¹

¹ EA7511 Bassin-Réservoir-Ressource UPJV-UniLaSalle

² Schlumberger London

³ Schlumberger Stavanger

⁴ Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences (LOG) Université Lille I - Sciences et technologies, CNRS : UMR8187, Université du Littoral Côte d'Opale

*Intervenant - anatole.gobetti@etu.unilasalle.fr

Les bassins de pente perchés sur les prismes de subduction sont des bassins confinés, de forme étroite et allongée, généralement parallèles à la limite de plaque. Classiquement, dans le cas des prismes d'accrétion au sens strict, ils prennent naissance à la fosse, lors de la mise en place de chevauchements qui créent progressivement des rides structurales souvent anticlinales. Ce sont ces rides qui constituent ainsi les bordures de ces bassins de pente.

Le développement et l'architecture sédimentaire des bassins de pente sont donc intimement liés à l'activité tectonique causée par le processus de subduction. Cela vient donc compliquer les contrôles exercés par ailleurs par les variations eustatiques et les apports sédimentaires complexes. Le remplissage sédimentaire de ces bassins est majoritairement de type silicoclastique, d'origine gravitaire, dominé par les Mass Transport Deposits (MTD) et les turbidites. Le bassin d'Akitio est un bassin Miocène à remplissage marin turbiditique, large de 12km pour 50km de longueur environ. Sa formation résulte d'une histoire tectonique complexe comprenant des épisodes compressifs mais aussi extensifs, causés par la subduction de la plaque Pacifique sous la plaque Australienne, commencé il y a 25 Ma. En raison d'une surrection au Plio-Quaternaire, il se trouve aujourd'hui à l'affleurement au Sud-est de l'île Nord de la Nouvelle-Zélande. La formation de ce bassin a fait l'objet de travaux au cours des dernières années, études basées sur des données de terrain et fournissant une importante base de données sédimentologique le concernant. Ce travail a ici pour objectif premier de discuter et valider les contrôles sur l'architecture stratigraphique du bassin d'Akitio tels que proposés dans les travaux. Il s'agit ainsi de modéliser numériquement l'impact sur leur stratigraphie des paramètres qui régissent la formation de ces bassins. Une attention particulière sera portée aux paramètres tectoniques et à la prise en compte des processus gravitaires. Pour ce faire, notre approche utilise les principes du Forward Stratigraphic Modeling avec le logiciel GPM (Geological Process Modeling) de Schlumberger. GPM est un logiciel de modélisation stratigraphique. Il se base sur le principe de conservation de la matière et de l'énergie pour simuler l'érosion, le transport et la sédimentation de sédiments clastiques et biogéniques. GPM est capable de réaliser des modèles hydrauliques, qui peuvent donc simuler de manière réaliste la sédimentation silicoclastique, la topographie et l'écoulement.

Dans le cadre de cette étude, le workflow a consisté en plusieurs étapes:

- Etude des données de modélisation à partir de la bibliographie, compréhension des objectifs de la modélisation.
- Choix des paramètres de modélisation et des paramètres de succès du modèle.
- Création de profils topographiques fidèles restituant les effets de l'activité tectonique étape par étape
- Création de cartes d'activité tectonique avec taux de surrection ou de subsidence associés, pour chaque étape.
- Ajustement de l'activité tectonique jusqu'à ce que les paramètres de succès soient respectés.
- Ajout au modèle de la simulation des processus sédimentaires gravitaires, particulièrement les écoulements turbiditiques
- Ajustement des paramètres jusqu'à ce que les paramètres de succès soient respectés.
- Analyse des résultats de modélisation et application des résultats et paramètres aux bassins de pente plus jeunes visibles en sismique marine 2D

La finalité de ce travail est d'identifier et de tester grâce à GPM les paramètres responsables de l'architecture stratigraphique du bassin d'Akitio, puis de réaliser des modélisations stratigraphiques de bassins de pente uniquement visibles en sismique.

MotsClés :GPM ; Geological ; Process ; Modeling ; modelisation ; stratigraphique ; Tectonique ; Sédimentaire ; Akitio ; Trench ; Slope ; Bassin ; Pente ; Hikurangi ; Nouvelle ; Zélande ; Nouvelle Zélande Turbidites ; Géolab ; B2R ; UniLaSalle ; MFE

SOME QUESTIONS AND ANSWERS ABOUT THE MEDITERRANEAN MESSINIAN EVAPORITES

Christian Gorini ^{*1}, Lucien Montadert ²

¹ Université Pierre et Marie Curie

² Beicip-Franlab

*Intervenant - christian.gorini@upmc.fr

The partial or complete sequestration of the Mediterranean Sea from adjacent oceans at the end of the Miocene caused an evaporation surfeit (the Messinian Salinity Crisis- MSC) leading to the deposition of 2 to 3 km thick evaporites on the sea floor of the deep basins. The deposition of these evaporites occurred within the extant geodynamic setting of the basins: either old Mesozoic basins of the Neo-Tethys in the central and eastern Mediterranean, or young Oligo-Miocene back-arc basins in the western Mediterranean. Margins of these basins display a variety of physiographies because they are of different ages and tectonically passive or active (compressional or transform) during the MSC. Since the 1960's and the first DSDP leg in 1970s (Ryan and Hsü, 1973) which proved the existence of the deep basinal evaporites and proposed the deep-desiccation model after the leg, the MSC was been the subject of a considerable debate for half a century. Currently, the remain topic of discussion concerns the amplitude of the late Messinian sea-level fall and the paleo-bathymetry during deposition of the evaporites. This presentation will try to propose answers to these questions.

A sea-level fall was inferred first from onshore observations, in particular the presence of deep canyons of Messinian age and change in the base level of rivers such as the Rhône and Nile. The seismic surveys now available on the margins of the whole Mediterranean, display an ubiquitous Messinian erosional surface (MES) extending from the shelves where it erodes previously deposited evaporites in the peripheral areas to the pinch-out of the evaporites in deep basinal settings. The sea-level drop is estimated to be ~1500 m. The broad coverage of seismic data also shows considerable aerial extent of the homogeneous large bodies of halite and of clastic intra-evaporitic deposits. This implies that a large part of the deep Messinian evaporites would have been deposited in extensive brine ponds in relatively deep basins that were at about 2500m water depth before the evaporite deposition. We suggest that there is no inconsistency between the deposition of the first evaporites in deep basinal setting and a major sea-level fall of 1500 m.

The bathymetry of the evaporites at the end of the MSC will be discussed. The DSDP wells penetrated essentially the upper part of the evaporites in deep basin setting. Cores interpretation from the scientists on board was that bathymetry probably did not exceed some 10's of m and even that desiccation could have occurred. This implies that the accommodation space was almost filled up. At the same time, it is proven that huge influx of fresh water created shallow but extended ponds.

The large volume of the evaporites deposited in the deep basin also implies a permanent connection with the world ocean concomitant with a high evaporation rate during the MSC. Deep evaporitic basins extent corresponds with the base of slope of the modern continental margins. However, the distribution and thickness of the evaporites in the late Messinian were also dependent on configuration of these basins that was more extensive at 6 Ma prior than to-day due to the convergence of Africa and Eurasia and subduction of the oceanic crust. At the convergent front, the evaporites not engaged in the subduction piled up in the fore-arc position (e.g., south of Cyprus, on the Mediterranean Ridge, along the Calabrian Arc).

The MSC ended with the rapid reflooding of the Mediterranean at the early Pliocene. This flooding is associated with abrasion surfaces cutting large sea floor reliefs (Florence Ridge, in the northeastern Levant Basin, eastern part of the Cyprus Arc) or even much less prominent features of the sea floor.

Mots-Clés : evaporites ; Messinian ; bassin

ENVIRONNEMENTS DE DEPOT DES FORMATIONS DE FER RUBANEES ARCHEENNES DE TYPE ALGOMA

Blandine Gourcerol ^{*1}, Phillips Thurston ², Daniel Kontak ²

¹ Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – France

² Mineral Exploration Research Centre – Canada

*Intervenant - b.gourcerol@brgm.fr

Les formations de fer rubanées (BIF) de type Algoma sont des roches sédimentaires d'origine chimique, constituées d'une alternance de minéraux riches en fer et de chert, stratigraphiquement associées à des roches volcaniques sous-marines et situées dans des ceintures de roches vertes archéennes. Ces roches sont parfois associées à des gisements aurifères.

Les conditions menant à la formation des BIF et leurs caractéristiques géologiques demeurent controversées, principalement en raison de la superposition des effets de la déformation post-sédimentaire et du métamorphisme associé, mais également en raison de l'absence de formations analogues modernes permettant de réaliser des études comparatives. Récemment, il a été suggéré que l'abondance des éléments du groupe des terres rares (ETR) et de l'yttrium dans les bandes de chert, lesquelles sont peu réactives et très résistantes aux modifications post-déposition et ainsi beaucoup plus susceptibles de conserver leurs caractéristiques géochimiques primaires, pouvait fournir des informations fiables sur l'environnement de dépôt des BIF.

L'analyse géochimique par ablation laser et spectrométrie de masse à plasma couplé par induction (LA ICP-MS) a été effectuée sur des bandes de chert de trois gisements aurifères canadiens (Meadowbank, Meliadine et Musselwhite) associés à des BIF. Le chert de ces trois sites est caractérisé par : 1) un enrichissement en ETR lourdes couplé à une anomalie positive en La et Y indiquant l'interaction de l'eau de mer avec des oxyhydroxydes de fer; 2) l'anomalie positive en Eu indiquant une contribution variable de fluides hydrothermaux de haute température (> 250°C); et 3) un rapport Y/Ho près des valeurs chondritiques (Y/Ho ≈ 27) et des concentrations en ETR cohérentes témoignant d'une contamination détritique variable. Les valeurs de pH de la colonne d'eau au moment de la précipitation du chert ont été évaluées en utilisant le rapport Ce/Ce*_{MUQ}. Ainsi, un ratio positif suggère des conditions relativement acides (pH ≤ 5) pour la plupart des échantillons, alors que des conditions plus alcalines (pH ≥ 5) illustrées par un rapport négatif, sont indiquées pour les échantillons montrant une précipitation d'oxyhydroxydes de fer dans les bandes de chert.

Mots-Clés: BIF, Algoma, Précambrien, ceintures de roches vertes, géochimie

CONDITIONS DE DEVELOPPEMENT D'UN ECOSYSTEME DOMINE PAR HAPLOOPS SPP. SOUS L'INFLUENCE DE SORTIES DE FLUIDES EN MILIEU COTIER

Gwendoline Gregoire ^{*1,2}, Anne Murat ^{1,2}, Agnès Baltzer ⁵, Jean-Baptiste Champilou ⁶, Aurelia Mouret ⁶,
Meryem Mojtahid ⁶, Edouard Metzger ⁶

¹ Institut des Sciences et Techniques de la Mer (INTECHMER)

² Laboratoire Universitaire des Sciences Appliquées de Cherbourg (LUSAC) *Université de Caen Normandie : EA4253*

⁵ Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géolittomer) *CNRS : UMR6554, Université de Nantes BP 81227, 44 312 Nantes Cedex 3 - France*

⁶ Bio-Indicateurs Actuels et Fossiles, Université d'Angers

*Intervenant - gwendoline.gregoire@lecnam.net

Dans les sédiments des zones côtières, l'accumulation de gaz est commune. D'origine biogénique ou thermogénique, son stockage et sa formation sont fonction des transgressions et régressions marines qui régulent les taux de sédimentation, les paléo-environnements et *in fine* les types de dépôts. Ces accumulations gazeuses peuvent être observées dans différents environnements côtiers mais elles sont généralement associées à une ancienne production de matière organique enfouie et recouverte par des niveaux plus grossiers, servant de réservoir, puis drapée par un niveau plus argileux jouant le rôle de couverture imperméable au gaz et permettant son stockage en profondeur. Ces niveaux sont reconnus en sismique par la présence d'un masque acoustique bloqué par un réflecteur très marqué. Depuis une dizaine d'années, la communauté scientifique a mis en évidence sur les fonds meubles côtiers des dépressions sub-circulaires nommées « Pockmarks », associées à des expulsions des fluides vers la surface. En France, le plus grand champ connu se situe en baie de Concarneau (36 km²) à des profondeurs comprises entre 20 et 40 m, il présente la plus forte densité mondiale publiée (Ehrhold et al., 2006 ; Baltzer et al., 2014). Ce champ est associé à un écosystème particulier dominé par des amphipodes suspensivores vivant dans un tube ancré dans le sédiment (*Haploops nirae*). Aucune cause écologique ou physiologique n'a pour l'instant permis de comprendre cette association, de récentes études proposent que la cheminée fournirait les particules organiques et sédimentaires nécessaires à leur survie et l'établissement de leur tube au moment des expulsions de fluides (Champilou et al., (Accepted)). Cette association a été récemment observée au large du Croisic au nord de l'embouchure de l'estuaire de la Loire (Champilou et al., (Accepted)). Plusieurs campagnes géophysiques (POPCORE16 et HOOPLA17/18) et de prélèvements sédimentaires (ANAI17, HOOPLACOR18) ont permis d'acquérir plus de 800 km de profils sismiques CHIRP à très haute résolution ainsi que des carottes sédimentaires d'interface (< 1 m de long) et kullenberg (entre 3 et 5 m de long). L'objectif de cette étude est de comprendre les conditions de mise en place de cette association Pockmarks/ *Haploops* spp. par une double approche : (1) caractériser la profondeur du masque acoustique et son évolution entre 2016 et 2018 par l'étude des réflecteurs des profils sismiques et (2) étudier les variations sédimentaires par analyses géochimiques (fluorescence X) et granulométriques (laser) de 3 carottes sédimentaires kullenberg et de 2 carottes d'interface. Nos résultats montrent qu'au large du Croisic, le gaz est localisé dans une dépression formée par le substratum et est stocké entre – 7 et – 11 m de profondeur dans le sédiment sur plus de 80 % de la zone étudiée. L'association du champ de pockmarks avec les *Haploops* spp. s'observe uniquement à l'aplomb de cette cuvette, sans lien direct avec la profondeur de stockage du gaz. L'étude par analyse en composante principale des paramètres sédimentaires mesurés a souligné la variabilité spatio-temporelle des faciès : des niveaux, les plus anciens, grossiers terrigènes, aux niveaux coquilliers plus récents jusqu'à un évènement d'affinement ubiquiste marquant une homogénéisation de la sédimentation juste avant le développement de l'écosystème à *Haploops* spp. sur le centre la zone. Les parties les plus latérales au champ de pockmarks se caractérisent par un retour à une sédimentation plus grossière et carbonatée.

Références :

Baltzer, A., Ehrhold, A., Rigolet, C., Souron, A., Cordier, C., Clouet, H., & Dubois, S. F. (2014). Geophysical exploration of an active pockmark field in the Bay of Concarneau, southern Brittany, and implications for resident suspension feeders. *Geo-Marine Letters*, 34(2-3), 215-230.

Champilou, J., Baltzer, A., Murat, A., Reynaud, M., Maillet, G.M, Nardelli, M.P. & Metzger M. (Accepted). New evidence of perfect overlapping of Haploops and pockmarks filed: is it a coincidence?

Ehrhold, A., Hamon, D., & Guillaumont, B. (2006). The REBENT monitoring network, a spatially integrated, acoustic approach to surveying nearshore macrobenthic habitats: application to the Bay of Concarneau (South Brittany, France). *ICES Journal of Marine Science*, 63(9), 1604-1615.

Mots-Clés : pockmarks ; fluides ; géochimie sédimentaire

EVOLUTION SECLAIRE DES COTES D'ACCUMULATION SABLEUSES DE NORMANDIE

Elise Grenard-Grand *¹, Bernadette Tessier ¹, Sophie Le Bot ¹

¹ Morphodynamique Continentale et Côtière (M2C) - Caen – Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6143, Université de Caen Normandie, 24, Rue des tilleuls Université de Caen (Campus 1) 14000 Caen cedex FRANCE – France

*Intervenant - elise.grenard-grand@unicaen.fr

Dans le contexte actuel du changement climatique et de l'élévation du niveau marin, les littoraux sableux constituent des environnements particulièrement vulnérables. Un grand nombre de travaux s'intéressent à travers le monde au problème de leurs érosion et recul, mais peu encore considèrent leur évolution à l'échelle du prisme côtier dans son ensemble, prenant en compte en particulier les stocks sableux accumulés dans l'avant-côte qui peuvent alimenter les plages. Nous avons entrepris de développer cette approche globale pour étudier la situation des littoraux sableux à l'échelle régionale des côtes de Normandie. L'étude s'inscrit dans le cadre du projet régional " SELINE " (les Sédiments des Littoraux de Normandie) qui s'intéresse à toutes les sources d'apports et aux dynamiques de leur transport. Les littoraux normands présentent une forte variabilité en lien avec la nature et la structuration du substratum géologique, les types de sédiments accumulés, le marnage et l'incidence et l'énergie des houles. L'objectif général de notre étude est d'apporter des connaissances sur le fonctionnement global de ce type de système littoral composite en s'intéressant au prisme sédimentaire côtier dans sa totalité. L'étude repose basiquement sur la quantification des stocks sédimentaires dans le domaine subtidal et le suivi de leur mobilité ainsi que celle du trait de côte au cours des derniers siècles. La dynamique des transports sédimentaires longshore et cross-shore est également examinée. La finalité des travaux est de définir les relations entre les évolutions subtidales et intertidales, et d'appréhender le synchronisme des évolutions à l'échelle régionale afin d'évaluer leur origine locale ou globale.

Les données déjà disponibles sur le domaine côtier normand nous ont permis préalablement d'identifier les secteurs d'accumulations sableuses ciblées pour notre étude. Une base conséquente de données, traitées et intégrées sous SIG, a été constituée, compilant des cartes anciennes, des photographies aériennes, des données géophysiques (sismique, sonar, sondeur multifaisceaux) et des prélèvements. Par ailleurs, des levés sismiques et des relevés au sondeur multifaisceaux ont été réalisés dans les secteurs n'en disposant pas.

Les premiers résultats obtenus à partir de la comparaison des nombreux documents produits et archivés depuis le XVIII^{ème} siècle permettent d'illustrer les mouvements naturels du littoral et son artificialisation progressive. Les zones les plus mobiles sont généralement situées aux embouchures ou à proximité des estuaires. Concernant les stocks subtidiaux, les données sismiques permettent de caractériser la distribution spatiale de la couverture sédimentaire et de son épaisseur sur le substratum géologique. Les zones à accumulations les plus épaisses se situent au nord, à l'approche du prisme Picard, et en Baie de Seine. La comparaison des cartes anciennes met en évidence des différences de volumes significatifs. De nouvelles campagnes de prospection sismique sont programmées ainsi que des prélèvements par carottages pour définir la nature des stocks et estimer la durée de leur constitution.

Mots-Clés: stocks sédimentaires subtidiaux, prisme côtier, Normandie, campagnes géophysiques

LE CONE ALLUVIAL D'OROEL : MARQUEUR DE L'HISTOIRE TARDI-OROGENIQUE SUD-PYRENEENNE ET DE L'INTERACTION TECTONO-SEDIMENTAIRE COURTE LONGUEUR D'ONDE DANS UN BASSIN D'AVANT PAYS (BASSIN DE JACA, ESPAGNE)

Pierre-Alexandre Grignard *¹, Cédric Bonnel ¹, Charles Aubourg ¹, Guilhem Hoareau ¹, Jean-Paul Callot ²

¹ Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs – Université de Pau et des Pays de l'Adour - UPPA (FRANCE) – France

² Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA) – LFCR, E2S-UPPA – France

*Intervenant - pierrealexandregrignard8@gmail.com

En contexte compressif, les dépôts de cônes alluviaux sont communément localisés au front de structures tectoniques qui en font de bons témoins de l'activité structurale synsédimentaire. L'érosion du domaine soulevé alimente alors le système sédimentaire en aval. La morphologie de ce dernier est contrôlée au premier ordre par l'activité tectonique renouvelant le bassin versant mais également par la déformation plicative qui affecte la zone de dépôt et les axes de transit. Lorsque les sédiments clastiques arrivent sur un ensemble stratigraphique ductile, avec des évaporites ou des séries argileuses, le plissement peut être contrôlé par la tectonique du prisme orogénique, mais aussi par la charge sédimentaire. Dans le Bassin de Jaca (Pyrénées Sud), les formations deltaïques, fluviales et alluviales surmontent une très épaisse série argileuse d'âge Eocène. Les reliques des cônes alluviaux sont associées à des plis de décollement superficiels très cintrés avec des phases tectoniques diachroniques, identifiées par les strates de croissance.

Comme exemple type, nous proposons l'étude du cône alluvial de la Peña Oroel (Sud de Jaca) associés aux plis de décollement de Yebra de Basa et d'Atarés. A partir d'observations de terrain et de la caractérisation des géométries synsédimentaires, nous proposons un découpage séquentiel de la mise en place de ce cône alluvial. Cette étude met en évidence la compartimentalisation du bassin en plusieurs dépocentres qui vont être épisodiquement connectés. Les phases de fonctionnement de ces zones de dépôts peuvent être caractérisées par les variations d'épaisseur de part et d'autre des anticlinaux.

Nous suggérons une interaction très marquée entre l'apport des sources clastiques et la dynamique du plissement. D'une manière plus large, notre modèle implique le contrôle du plissement dans le Bassin de Jaca : 1) par la dynamique du prisme orogénique ; 2) par l'apport de sédiments clastiques sur une série stratigraphique à dominante argileuse qui va agir comme niveau de décollement superficiel, partitionner les bassins et contrôler la croissance des plis.

Mots-Clés: Cône alluvial, bassin d'avant pays, déformation synsédimentaire, tectonique argileuse

INTERACTION TECTONO-SEDIMENTAIRE DU SYSTEME ALLUVIAL OROSIA-CANCAS DANS L'AVANT-PAYS SUD-PYRENEEN. (BASSIN DE JACA, ESPAGNE)

Pierre-Alexandre Grignard ^{*1}, Cédric Bonnel ¹, Charles Aubourg ¹, Guilhem Hoareau ¹, Jean-Paul Callot ²

¹ Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs – Université de Pau et des Pays de l'Adour - UPPA (FRANCE) – France

² Université de Pau et des Pays de l'Adour (UPPA) – LFCR, E2S-UPPA – France

*Intervenant- pierrealexandregrignard8@gmail.com

L'histoire tardi-orogénique du bassin d'avant pays de Jaca est bien contrainte dans sa partie sud par l'étude des cônes alluviaux miocènes (Fm. Uncastillo). La caractérisation des mouvements verticaux enregistrés au front du chevauchement sud-pyrénéen est documentée par l'étude des discordances internes et les éventails sédimentaires visibles au sein de ces cônes (*Arenas et al. 2001 ; Millan et al. 2000 ; Oliva-Urcia et al. 2019*). Plus au nord, à la terminaison du bassin en piggy-back d'Hecho, nous pouvons identifier un ensemble de cônes alluviaux tardi-Eocene à Oligocène dont l'évolution syntectonique est moins contrainte. Des travaux récents (*Roigé et al. 2017*) ont permis de préciser l'origine et l'alimentation de ces systèmes sédimentaires dont une grande partie est aujourd'hui érodée, mais l'interaction entre ces objets et l'évolution tectonique du bassin reste à caractériser.

Nous proposons, en nous appuyant sur des données de terrain et d'observations cartographique (MNT Lidar), un modèle séquencé de la mise en place du système alluvial Eocene-Oligocène d'Orosia-Cancas. Nous proposons que le séquençage soit contrôlé 1) par l'activité du chevauchement d'Oturia, qui amène le bassin en piggy back d'Hecho sur le bassin de Jaca, 2) par le pli de décollement superficiel très cintré de Yebra-de-Basa qui affecte la zone de dépôt du cône. Notre modèle implique une interaction forte entre le démantèlement de la zone soulevée qui va nourrir le cône alluvial, et la charge de ces dépôts, qui en retour, vont contrôler la dynamique du plissement. Les séries plurikilométriques argileuses vont d'une certaine manière accommoder l'afflux de sédiments clastiques dans des scénarios proches de la tectonique salifère.

Notre travail a permis d'identifier de nouvelles discordances et de cartographier finement des éventails sédimentaires successifs. Ces observations, combinée à une analyse faciologique, nous permettent de mettre en évidence plusieurs cycles de progradation-rétrogradation des systèmes alluviaux. Nous interprétons ces cycles comme directement liés aux périodes d'activités de l'anticlinal de Yebra de Basa. En replaçant ces géométries dans un calendrier tectono-sédimentaire, nous discutons de l'interaction entre la structuration de l'avant-pays et le dépôt des systèmes sédimentaires continentaux, en mettant l'accent sur les phénomènes de connexion-partitionnement du bassin.

Mots-Clés: Cône alluvial, bassin d'avant pays, courte longueur d'onde, tectonique argileuse

STRATIGRAPHIE DE L'AVANT-PAYS SUD-PYRENEEN : NOUVELLES CONTRAINTES TEMPORELLES PAR DATATION U-PB DES CARBONATES LACUSTRES ET IMPLICATIONS PALEO GEOGRAPHIQUES SUR LES SYSTEMES CONTINENTAUX

Pierre-Alexandre Grignard ^{*1}, Guilhem Hoareau ¹, Cédric Bonnel ¹, Charles Aubourg ¹

¹ Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs – Université de Pau et des Pays de l'Adour - UPPA (FRANCE) – France

*Intervenant - pierrealexandregrignard8@gmail.com

Dans l'avant-pays sud-pyrénéen, l'endoréisme du bassin daté à 36 Ma (Priabonien, *Costa et al. 2010*) s'accompagne d'une continentalisation totale des domaines marins. Dans le bassin de Jaca, cet événement est synchrone du transport du bassin piggy-back d'Hecho, dont l'érosion alimente un système de cônes alluviaux depuis le nord dans l'actuel synclinal de Guarga (Groupe Campodarbe, Fm. Bernués). Cet ensemble peut être subdivisé en 4 sous-unités alluviales qui résultent de la mobilité du système dans l'espace et dans le temps (Santa-Orosia, Peña Cancias, Peña Oroel et San-Juan). Hormis la mise en place du cône le plus ancien établie à ≈ 37 Ma d'après *Hogan & Burbank (1996)*, la datation directe de ces systèmes est peu contrainte. Les travaux de ces 30 dernières années attribuent, principalement à partir de données magnéto-stratigraphiques dans le sud de la zone, un âge Eocène supérieur à oligocène inférieur à la Formation Bernués (*Jolley 1988 ; Montes 2002 ; Oliva-Urcia et al. 2015 ; Teixell 1996*). Cependant les résultats récents de datations sur zircons détritiques, obtenus par *Roigé et al. (2019)* à la base de la formation Bernués du système de San Juan, donnent un âge minimum Oligo-Miocène pour la mise en place de ce système (23,3 Ma), correspondant aux âges initialement proposés par *Puigdefabregas (1973, 1975)*. Afin de clarifier le calendrier tectono-sédimentaire de cette zone, nous présentons dans ce travail nos résultats de datation U-Pb par ablation laser obtenus dans les carbonates lacustres de la formation Bernués associés à la fin du système du cône alluvial d'Oroel. Ces âges absolus compris entre 32.9 ± 1.5 Ma et 31.5 ± 2.0 Ma sont en accord avec les conclusions de *Montes (2002)* et *Teixell (1996)*, qui mettent en évidence que l'abandon du système alluvial d'Oroel est contemporain de la mise en place du cône alluvial de San Juan. En se basant sur la corrélation de logs stratigraphiques et d'une cartographie haute résolution réalisée à partir du MNT Lidar (résolution de 5m), nous discutons des implications de ces résultats sur la dynamique de la Formation Bernués, notamment sur la possibilité d'une période de quiescence entre les deux systèmes et l'implication de surfaces d'érosion liés à l'importante activité tectonique synsédimentaire qui affecte la zone de dépôt de ces cônes.

Mots-Clés: Cônes alluviaux, bassin d'avant pays, carbonates lacustres, datations U/Pb, LA ICP MS

CHAMPS DE DEFORMATION ET FRACTURATION DES SERIES MEZO-CENOZOÏQUES SUR LE POURTOUR SUD-EST DU PLATEAU ARDECHOIS

Jean-Louis Grimaud ^{*1}, Catherine Homberg ², Françoise Bergerat ², Caroline Mehl ¹, Dominique Bruel ¹

¹ MINES ParisTech - Centre de Géosciences – MINES ParisTech, PSL Research University – France

² UPMC Univ Paris 06, Sorbonne Univ, CNRS, Inst Sci Terre Paris ISTeP – UPMC Univ Paris 06, Sorbonne Univ, CNRS, Inst Sci Terre Paris ISTeP – France

*Intervenant - pierrealexandregrignard8@gmail.com

L'exploitation géothermique des anomalies de températures suspectées à grandes profondeurs (ca. 3-6 km) en France passe par la modélisation de la fracturation des cibles envisagées. C'est le cas au sud du bassin de Valence où la fracturation des roches réservoirs est héritée d'une histoire géologique polyphasée dont le rift ouest-européen (ECRIS) et la compression alpine sont les deux derniers événements majeurs connus. On cherche à estimer la densité et l'orientation de la fracturation et l'état de contrainte au voisinage des zones de faille ciblées. La seule mesure de la fracturation sur des analogues à l'affleurement n'est pourtant pas représentative du fait d'une histoire géologique différente avec celle des séries encore enfouies. Il est nécessaire de connaître la variabilité régionale du champ de déformation. Cette étude présente les résultats préliminaires d'une analyse de l'évolution cénozoïque de la marge entre le Nord du bassin d'Alès et le Sud du bassin de Valence. L'objectif est d'apporter de nouvelles contraintes sur l'expression des déformations ECRIS et alpine dans cette zone structurées autour du faisceau de failles cévenoles. Les dépôts mésozoïques et cénozoïques montrent en effet une évolution qui n'est pas cylindrique. A partir des données de forage disponibles, un modèle géologique 3D est construit et restitué à partir de trois coupes géologiques E-O. En complément, de nouvelles mesures de cinématiques et d'orientation sont présentées. Dans cette première phase, nous nous focalisons sur les accidents au voisinage de dépôts syn-extension oligocènes. Les résultats préliminaires montrent l'impact des propriétés mécaniques et des épaisseurs des séries sédimentaires mésozoïques sur la géométrie des accidents, en particulier la transition entre les faciès urgoniens et vocontiens du Crétacé terminal et la distribution des évaporites triasiques à la limite avec le bassin d'Alès. Ces données, couplées à des mesures des paramètres mécaniques des roches, permettront d'alimenter une série de modèles numériques de la distribution des contraintes et des déformations de la région d'étude au Cénozoïque.

Mots-Clés: Ardèche, fracturation, géothermie

INTEGRITE DU SIGNAL STRATIGRAPHIQUE : TESTS DE SENSIBILITE A PARTIR DE SIMULATIONS NUMERIQUES DE DEPOTS FLUVIATILES MEANDRIFORMES

Jean-Louis Grimaud ¹, Fabien Ors ¹, Martin Lemay ¹, Isabelle Cojan ¹

¹ MINES ParisTech - Centre de Géosciences *PSL Research University*

*Intervenant - jean-louis.grimaud@mines-paristech.fr

Les archives sédimentaires constituent un enregistrement précieux de la dynamique de la surface terrestre et de l'influence des forçages environnementaux (climat, tectonique) sur l'évolution des paysages et les flux sédimentaires. Or l'enregistrement stratigraphique est par nature incomplet. Cet aspect est inhérent aux processus sédimentaires lesquels sont discontinus dans le temps et peuvent générer l'érosion des sédiments déposés auparavant. Pour pouvoir remonter au flux sédimentaire initial, il est donc nécessaire d'évaluer l'intégrité de la préservation des dépôts associés. Par exemple, dans le cadre de systèmes méandriformes, le déplacement latéral du chenal efface par érosion les archives des berges. De même, par avulsion une partie d'un bassin peut être sujette à déposition ou non-déposition (stasis).

Cette étude propose de tester les lois de préservation et donc d'évaluer l'intégrité du signal stratigraphique (completeness) dans des dépôts sédimentaires de type méandriforme. Afin de palier la difficulté de mesurer cette préservation sur le terrain, des réalisations numériques sont effectuées avec le logiciel Flumy. Les dépôts fluviaux méandriformes générés sont échantillonnés à intervalles réguliers afin de mesurer la proportion des dépôts érodés et remaniés entre chaque stade. Les résultats montrent que la mesure du taux de remaniement des dépôts est proportionnelle à la mobilité latérale des méandres et inversement proportionnelle au taux d'aggradation et à l'intervalle de mesure. Ces résultats synthétiques sont utilisés pour adapter le modèle générique d'évaluation de l'intégrité stratigraphique de Sadler (1981) aux systèmes méandriformes. Ce modèle se base sur essentiellement deux ratios : épaisseur des strates sur profondeur du chenal et mobilité latérale du chenal sur intervalle de mesure. Il est proposé de mesurer les paramètres contrôlant ces ratios pour estimer l'intégrité des dépôts dans les systèmes naturels.

Mots-Clés : stratigraphie ; fluviale ; érosion ; Flumy

A TECTONO-STRATIGRAPHIC APPROACH FOR SYN-RIFT TO POST-RIFT TRANSITION: THE CASE OF THE NORWEGIAN SEA (UPPER JURASSIC TO LOWER CRETACEOUS)

Romain Grime ^{*1,2}, Bernard Pittet ¹, Sten Rasmussen ², Francesco Borraccini ³, Carmen Brazon ⁴

¹ Université de Lyon, UCBL, ENSL, CNRS, LGL-TPE, 69622 Villeurbanne, France – Université Claude Bernard-Lyon I - UCBL (FRANCE) – France

² Edison Norge AS, Jattavagveien 18 – Troll Building, 4065 Stavanger, Norway – Norvège

³ Edison E P SpA – Egypt Branch, Block 17, City Center, 5th Settlement, New Cairo, Egypt – Égypte

⁴ Emerson EP Software, 1 rue Gramont, 75002 Paris, France – Emerson E-P Software – France

*Intervenant - romain.grime@univ-lyon1.fr

During the Atlantic rifting, basins and sub-basins of the Norwegian Sea were controlled by an important tectonic activity. The combination of sea level rise and rifting activity contribute to accumulate thick siliciclastic deposits along the rift hanging wall during the Jurassic. Syn-rift period is favorable for the development of thick Gilbert delta-type successions. These deposits contain mostly re-worked fossils and are difficult to date biostratigraphically. Gilbert delta-type facies are often coupled to shallow marine environments such as shoreface to foreshore that are better defined by biostratigraphy data which enable the possibility to relatively date the delta deposits. The post-rift period corresponds to the filling of the basins mostly with marine offshore shale and episodic Subaqueous Sedimentary Density Flow (SSDF) deposits during the Cretaceous period. Biostratigraphic data are more frequent for the post-rift sediments giving good time constrains.

Transition between syn-rift to post-rift is complex in term of tectonic activities and regarding paleoenvironment successions. Several families of faults with varying activity periods can be observed. In the Norwegian Sea, most of the faults are inactive at the end of the Jurassic. Only major faults will continue to be active until the end of the lower Cretaceous, possibly controlling the sporadic occurrence of turbidites. At centimeter to millimeter scales, different type of shoreface and foreshore deposits are observed. Some shallow marine deposits are close to the river mouth with very coarse grains to granules whereas some other are very distant from the sediment source and are formed of medium to coarse grains. Gilbert delta facies can be classified based on their sedimentary flow types such as hyperconcentrated/concentrated density flow deposits that are deposited in more proximal settings than turbidites. Debris flow deposits are also observed and have a pseudoplastic rheology. Cretaceous turbidites are in general more distal to the sediment sources and are mostly composed of fine to very fine grains with local presence of super-critical current structures.

To understand properly the sedimentary succession of a syn- to post-rift transition, a tectono-stratigraphic approach is highly recommended. The combination of the seismic interpretation of a 3D seismic data and the interpretation of subsurface data such as well log analysis, biostratigraphy and core description allows to understand the major controlling factors of these deposits. A tectono-stratigraphic model regarding the involved sedimentary processes will be presented and discussed. An evolution through time of the sedimentary succession during syn- to post-rift will be proposed aiming to better understand the proven petroleum systems that give the perfect combination of reservoirs, source rocks, seals and traps (both structural and stratigraphic).

Mots-Clés: Rift, Gilbert delta, Shoreface, Foreshore, Petroleum system

NEOGENE TIDE-DOMINATED SILICI-CLASTIC SYSTEM ACROSS THE CHOTT BASIN (SOUTHERN TUNISIA)

Faten Hallek *¹, Mohamed Ouaj ², Jean Yves Reynaud ³, Amiri Adnen ⁴,
Mohamed Hedi Inoubli ⁴

¹ Université de Gabès – Tunisie

² University of Gabès, Faculty of Sciences of Gabes, Erriadh-Zrig City, 6072, Gabes, Tunisia – Tunisie

³ Laboratoire d'Océanologie et des Géosciences – Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences – France

⁴ Faculté des Sciences de Tunis, Département de Géologie – Tunisie

*Intervenant - fatenhallek@gmail.com

The neogene deposits in the Oudref region (Gabes) and in the Sidi Bouhellel area (Tozeur) have previously been interpreted as a purely fluviolacustrine environments. This contribution provides evidences of their formation within intertidal to subtidal tide-influenced environment. The Oudref deposits, at the westward end of the Chott area, close to the Mediterranean modern shoreline, are exposed in numerous sand pits where 3D reconstruction of their architecture is possible. They consists of at least three facies units stacked over 20 m above a locally outcropping, rubefied erosional unconformity interpreted as the floor of a valley incised in the Cretaceous or Eocene substratum of the Jeffara plain. The lower unit is composed of cross-sets of well-sorted fine to medium sand, interpreted as large subtidal dunes and bars with a dominant accretionary tip toward the ESE. This unit grades upward to a brownish-clay dominating IHS facies interpreted as a tide-influenced meander belt. Both of these facies are locally scoured over 5-10 m by a channelized, conglomerate-rich deposits with large-scale trough cross-stratification and paleocurrent in a dominantly NS direction. This latter facies unit is interpreted as a fluvial braided system. Although the stratigraphic attribution of these facies units remain speculative in the absence of biostratigraphy or absolute ages, the upper facies resemble those described in the top of Segui formation (Mio-Pliocene) in the Southern coastal area of Tunisia. A similar succession is found in Sidi Bou Hellel, at the southern border of the Jerid range, 130 km westward in the Chott basin area. There, these deposits are locally interstratified with *Cardium coquina* beds which are interpreted a paleoshorelines of the Chott. The *Cardium coquinas* are also found in scattered places around the Jerid and Fejej Chotts, where they deliver d13C, d18O and 87/86Sr values indicating a marine origin and a Neogene age (see Reynaud et al., this volume). Our hypothesis is that the Oudref and Sidi Bouhellel tidal sands, together with the *Cardium* deposits could be the remnants of an earlier, marine highstand stage of the Chotts basin. In favor of high eustatic levels of the Miocene and Lower Pliocene, the marine connexion would have be made through the Oudref area. The large size of the Chott basin would be responsible for a large tidal prism, bringing about strong tidal currents in the Oudref valley which would thus have acted as a tidal inlet.

Mots-Clés: tide dominated, palaeo valley, ria, silici clastic, Neogene, chott basin, southern Tunisia.

PROCESSUS SEDIMENTAIRE A L'ORIGINE DES DEPOTS DE L'Eocene-OLIGOCENE DANS LES BARRONIES ORIENTALES (BASSIN DU SUD-EST, FRANCE) : IMPLICATIONS PALEO GEOGRAPHIQUES ET MORPHO STRUCTURALES

Alexandre Hamon ^{*1}, Caroline Mehl ¹, Damien Huyghe ¹, Jean-Paul Callot ²

¹ MINES ParisTech - Centre de Géosciences – MINES ParisTech, PSL Research University – France

² Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs (E2S-UPPA, Total, CNRS, LFCR-IPRA) – Université de Pau et des Pays de l'Adour [UPPA], TOTAL – 64013 Pau, France

*Intervenant - alexandre.hamon@mines-paristech.fr

La région des Baronnies orientales est localisée dans le bassin du Sud-Est, entre Sisteron à l'Ouest et le front de la nappe de Digne au Nord et à l'Est. De nombreuses déformations se sont superposées durant le Mésozoïque (extension Liasique et orogénèse Pyrénéenne) et ont ainsi complexifié l'architecture de la zone au cours du temps. Au Cénozoïque, la transition Eocène-Oligocène est, dans le bassin du SE, une période charnière d'un point de vue tectono-sédimentaire car elle marque (1) une reprise de la sédimentation après un hiatus de 70 à 100 Ma dans la zone et (2) le passage d'un régime extensif (rifting Ouest européen) à un régime compressif (collision Alpine) se traduisant par l'inversion des grands accidents tectoniques et la formation de reliefs dans la zone d'étude. Les premiers dépôts d'âge Tertiaire dans la région correspondent le plus souvent à des brèches dont l'âge, la cartographie et les processus à l'origine de leurs dépôts sont de précisions variables dans la bibliographie. Plusieurs sites ont ainsi été observés dans l'autochtone (Ravin de St-Symphorien, demie fenêtre de Barles) et dans le para-autochtone des écailles de Valavoire et Faucon du Caire. Les premiers résultats ont montré que les dépôts bréchiques ont une stratigraphie plus complexe que celle décrite jusqu'à maintenant. En effet, la nature et taille des clastes ainsi que la minéralogie de la matrice varient latéralement et verticalement tandis que le contact entre la brèche et son substratum mésozoïque diffère entre les zones étudiées. Ces variations de faciès au sein des brèches laissent suggérer une combinaison de processus de mise en place différents (mud-flow, gravitaire) pour les différentes zones étudiées. La reconstitution des paléogéographies à l'Eocène terminal, Oligocène inférieur et Oligocène supérieur grâce à des coupes structurales et la cartographie des contacts Mésozoïque/Cénozoïque permet de déterminer les paléo-reliefs et ainsi d'identifier les potentielles sources sédimentaires. Ces informations permettent de confronter les reconstitutions des paléosystèmes fluviaux de la bibliographie avec les paléogéographies déterminées.

Mots-Clés: Tectonique, Sédimentologie, Cénozoïque, Eocène, brèche, bassin du Sud Est

RECONSTRUCTION MULTI-ECHELLES DE BIOMES DE LA VIE MICROBIENNE DANS LE PALEOARCHEEN

Keyron Hickman-Lewis ^{*1}, Blandine Gourcerol ², Daniela Manzini, Frances Westall ¹, Barbara Cavalazzi

¹ Centre de biophysique moléculaire – Université d'Orléans : UPR4301, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale : UPR4301, Centre National de la Recherche Scientifique

² Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – BRGM, F-45060 Orléans, France – France

*Intervenant - keyron.hickman-Lewis@cnsr-orleans.fr

Il existe, sur Terre, de nombreuses preuves biologiques de la vie primitive dès le Paléoarchéen (3,5–3,2 Ga). La plupart de ces preuves sont basées sur des signaux morphologiques et/ou isotopiques, qui sont rarement assimilés par des modèles holistiques calibrés de la coévolution de la Terre et de la Vie. L'évaluation au niveau de l'écosystème reste donc une question largement ouverte.

À des échelles millimétriques et centimétriques dans la stratigraphie des horizons fossilifères, les spectres de terres rares et yttrium (REE+Y) normalisés des sédiments précambriens peuvent être considérés comme équivalents à ceux des sédiments plus jeunes et peuvent être utilisés pour contraindre la géochimie du paléoenvironnement. En étudiant quatre horizons fossilifères couvrant 150 Ma du paléoarchéen d'Afrique du Sud (le 3,47 Ga Middle Marker horizon, le 3,45 Ga Hooggenoeg chert H5c, le 3,33 Ga Footbridge Chert et le 3,33 Ga Josefsdal Chert), nous montrons que les biomes (écosystèmes dans leur contextes environnementaux) photosynthétiques microbiens de cette époque ont existés dans des bassins épicontinentaux localisés et restreints à l'apport d'eau de mer, fortement influencés par les apports continentaux (volcaniques, comme indique la stratigraphie et contraints en composition par les éléments traces), et par des fluides hydrothermaux de haute température. Ces apports sont différents à l'échelle centimétrique (donné par les analyses ICP-MS de roches totales) et micrométriques (donné par les analyses LA ICP-MS in situ). Cela souligne l'importance des influences terrigènes pour la vie photosynthétique anoxygénique dans le Paléoarchéen. L'importance à la fois des apports continentaux et des apports marins influencés par l'hydrothermie est évidente par leur signature combinée forte (déséquilibres paléoenvironnementaux) qui est en corrélation avec les biosignatures microbiennes les mieux développées.

Les approches complémentaires d'éléments traces et de terres rares in situ fournissent un cadre pour comprendre les fossiles dans lequel on peut apprécier l'évolution de la vie primitive avant le grand événement d'oxygénation (GOE) daté à ≈ 2.4 Ga. Une approche chronologique permettant de déduire l'importance relative des biomes dans les horizons fossilifères au fil du temps pourrait, si on tenait en compte des potentiels de préservation de différents paléoenvironnements, faciliter la compréhension des trajectoires évolutives microbiennes du point de vue de la reconstruction de l'environnement.

Mots-Clés: Barberton greenstone belt, vie primitive, paléontologie microbienne, reconstruction paléoenvironnementale, éléments de terres rares

MORPHO-SEDIMENTOLOGIE ET ESTUAIRE SOUTERRAIN DE LA PLAGE DU MENTOR; TOMBOLO DE QUIBERON, BRETAGNE SUD

Hélène Howa ^{*1}, Aurélia Mouret ¹, Bernadette Tessier ²

¹ Laboratoire des Bio-Indicateurs Actuels et Fossiles – CNRS : UMR6112 LPG-BIAF; 49045 Angers – France

² Morphodynamique Continentale et Côtière – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS : UMR6143; 14000 Caen – France

*Intervenant - helene.howa@univ-angers.fr

Petit secteur de ≈ 8 km de long sur la façade atlantique française, la plage du Mentor est le compartiment Ouest du tombolo sableux qui rattache l'île de Quiberon au continent. Cette plage, grossièrement orientée $\approx$ NNW-SSE, est largement exposée aux fortes houles de l'Atlantique, et subit un régime 'low-macrotidal' avec un marnage atteignant $\approx 5,8$ m en vives eaux d'équinoxe. Une dérive littorale intense, nourrie de l'érosion des roches armoricaines au Nord, alimente la plage du Mentor en clastes peu matures, de tailles contrastées, de galets grossiers à sables fins. Conjointement à l'étude morphologique (tachéométrie 2DV) et sédimentaire (granulométrie, figures sédimentaires), la géométrie du toit de la nappe phréatique sous la dune côtière a été repérée par GPR, et sous la plage intertidale par 25 tranchées* qui ont aussi permis la mesure des caractéristiques de l'eau souterraine (température, salinité, pH et teneur en oxygène).

La morphologie de la plage du Mentor est typique de son contexte hydro-sédimentaire. Un système de barres subtidales très aplaties, est relayé par un replat intertidal sans morphologie 3D, qui donne un caractère très dissipatif au bas de plage. Ce replat reste humide pendant toute la période d'émersion à marée basse, donnant un caractère semi-fluide au sable fin déposé dans cette zone. Le profil du haut de plage se redresse devenant réflexif en front de berme. Les sables grossiers et graviers sont ici interlités en lits plans, avec une augmentation des tailles de particules et des épaisseurs de lits vers la zone de déferlement de marée haute, en 'shore break'. En 2DH (longshore), la berme est constituée de croissants de plage, à corne de galets/graviers, d'une longueur d'onde d'environ 20 mètres. Toutes ces caractéristiques indiquent de forts apports sédimentaires dans un contexte hydrodynamique sévère. Ce prisme grossier se vidange complètement à marée descendante, laissant les sédiments " secs " jusqu'au montant suivant. Au-dessus du replat de berme où se situent les laisses de haute mer de vive eaux, se développe une dune embryonnaire de sable fin, appuyée sur la dune éolienne bordière, d'une dizaine de mètres d'altitude.

L'écoulement de la nappe phréatique d'eau douce et son mélange avec les eaux marines d'infiltration se fait par l'intermédiaire d'un d'estuaire souterrain. Sous le système dune/dune embryonnaire, les eaux restent douces et peu oxygénées jusque sous la zone de laisse de haute mer. Au niveau de la berme, qui se remplit et se draine à chaque marée, les eaux souterraines deviennent, en moins de 10 m cross-shore, salées et oxygénées. L'infiltration de ces eaux ainsi renouvelées à chaque marée, garantit une accrétion active de la berme au-dessus du toit oscillant de la nappe. Sous cette lentille d'eau à caractère marin, l'eau douce de la nappe continentale s'écoule vers le large en se salinisant peu. Ces eaux saumâtres et peu oxygénées sub-émergent en pied du prisme grossier de haut de plage, et saturent les sédiments fins du replat de bas de plage dont l'eau interstitielle se renouvelle donc peu à marée haute.

La superposition des caractéristiques de cet estuaire souterrain (topographie du toit de la nappe et sa géochimie) avec la topographie de la plage, indique de fortes rétroactions qui contrôlent la dynamique et la morphologie des dépôts sédimentaires intertidaux. Le suivi du comportement de ces processus pendant un cycle entier de marée manque pour quantifier les flux sédimentaires particuliers (morphodynamique de plage) ou dissous (circulation des eaux souterraines).

* Merci aux 17 étudiant-e-s de la promotion 2018-2019 de L3 *Géosciences et Environnement* de l'Université d'Angers

Mots-Clés: silico, clastique, intertidal, plage exposée, nappe phréatique, estuaire souterrain

ANALYSE TECTONO-SEDIMENTAIRE DU SUD DE LA BRESSE : MISE EN EVIDENCE D'UNE PHASE DE DEFORMATION ALPINE PRECOCE SYN-OLIGOCENE

Bastien Huet ^{*1}, Amir Kalifi ^{1,2}, Jean-Loup Rubino, Philippe Sorrel ², Hervé Leloup ², Bernard Pittet ²

¹ Centre scientifique et technique Jean Féger – TOTAL, CSTJF, Pau – France

² Laboratoire de Géologie de Lyon: Terre, Planètes, Environnement (UMR 5276 CNRS), Université Lyon 1 – Université Claude Bernard - Lyon I – France

*Intervenant - byb-tr@hotmail.fr

Le bassin de la Bresse, qui constitue le prolongement nord du couloir rhodanien, est structuralement considéré comme un fossé d'effondrement Eocène-Oligocène lié à une extension est-ouest induite par le rifting ouest européen [Sissingh, 1997]. Le remplissage sédimentaire a débuté à l'Eocène et s'est prolongé jusqu'au Miocène. Les sédiments se sont déposés sur un substratum mésozoïque hétérogène et faillé [Sissingh, 1997]. Le rapport entre la Bresse et le Bas-Dauphiné plus au sud demeure peu documenté. Il n'existe que très peu d'études sur la mise en place des sédiments tertiaires en relation avec le substratum jurassique dans ce secteur. Ce travail a pour objectif de contraindre l'évolution tectono-sédimentaire de ce bassin dans un secteur correspondant au sud de la Bresse et à la terminaison nord du Bas-Dauphiné, bordé au sud-est par l'Ile Crémieu. Cette étude s'appuie sur la réinterprétation de données de subsurface industrielles (sismique 2D et puits) ainsi que de nouvelles données de terrain.

Dans la partie sud de la Bresse, la corrélation des données de sismique et de puits met en évidence un remplissage sédimentaire tertiaire relativement épais (supérieur à 1000m). Il s'agit de dépôts principalement oligocènes constitués de marnes et calcaires continentaux sous des sables marins et des marnes lacustres miocènes. Ces dépôts sont majoritairement présents dans un sillon nord-sud dans la partie orientale de la Bresse. En périphérie, et notamment au front de l'Ile Crémieu, la sismique révèle que ces formations sont au contact d'un anticlinal qui n'avait jamais été décrit. D'une longueur d'onde d'une dizaine de kilomètres, cet anticlinal d'axe SW-NE affecte les séries d'âge jurassique et est bordé à sa base par un chevauchement à vergence nord-ouest. En aval de l'anticlinal, les formations tertiaires basales d'âge oligocène inférieur se déposent de manière divergente puis progressivement, la divergence s'estompe et le remplissage devient purement passif. Ceci implique que la déformation est d'âge oligocène inférieur et qu'elle s'arrête au cours de l'Oligocène. La structure plissée est finalement recouverte par les sédiments de l'Oligocène supérieur, du Miocène et du Quaternaire, qui demeurent à ce jour non déformés.

En surface, les observations de terrain ont permis de mettre en évidence que les séries calcaires jurassiques du plateau de l'Ile Crémieu, supposées monoclinales et bordées à l'Ouest par une faille normale, sont en fait affectées par un pli en genou. Cartographiquement, ce pli affecte le flanc est de la structure anticlinale observée sur la sismique. Historiquement considérée comme la bordure d'un fossé d'effondrement, l'Ile Crémieu correspondrait en fait au flanc d'un pli formé lors d'une compression SE-NW. La présence de sédiments miocènes [Guérin & Mein, 1971] dans une cavité karstique dans le Jurassique de l'Ile Crémieu permet d'établir qu'au Miocène ce plateau était émergé. Cette observation est compatible avec l'hypothèse que le relief anticlinal était déjà formé, constituant alors une péninsule émergée au sein de la mer.

Plus au nord, le plissement du Jura est récent (≈ 15 Ma dans l'interne [Beck et al., 1998 ; Deville et al., 1994] et 6 ± 3 Ma dans l'externe [Becker, 2000]), et est interprété comme marquant la propagation progressive des chevauchements alpins depuis les zones internes (front pennique Eocène-Oligocène [e.g., Pfiffner et al., 2002] vers les zones externes de la chaîne. L'existence d'une phase de plissement NW-SE syn-Oligocène en position frontale, si elle est confirmée, remettrait cette vision en cause et ouvre de nouvelles perspectives pour la compréhension de la formation des Alpes.

Mots-Clés: Bassins sédimentaires, tectonique, Bresse, déformation alpine

CROISSANCE ET SIGNAL GEOCHIMIQUE CHEZ LES BIVALVES : QUELS ENSEIGNEMENTS POUR LES RECONSTITUTIONS PALEOENVIRONNEMENTALES ?

Damien Huyghe ^{*1}, Marc De Rafelis ², Mathieu Daeron ³, Laurent Emmanuel ⁴, Dominique Blamart ³,
Vincent Mouchi ⁴, Michel Ropert ⁷, Nathalie Labourdette ⁴, Maurice Renard ⁴, Franck Lartaud ¹⁰

¹ Mines ParisTech *Université PSL*

² Géosciences Environnement Toulouse (GET) *Observatoire Midi-Pyrénées, Université Paul Sabatier [UPS] - Toulouse III*

³ Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, LSCE/IPSL, CEA-CNRS UVSQ, Université Paris-Saclay *CNRS, Université Paris Sud*

⁴ Sorbonne Université, CNRS-INSU, Institut des Sciences de la Terre Paris, ISTE P UMR 7193, F-75006 Paris.

⁷ Ifremer *Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER)*

⁸ Laboratoire d'Ecogéochimie des environnements benthiques (LECOB) *CNRS : UMR8222, Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI*

*Intervenant - damien.huyghe@mines-paristech.fr

Les coquilles de mollusques se révèlent être un support fiable de l'information environnementale et sont classiquement utilisées pour les reconstitutions (paléo)environnementales et (paléo)climatiques en domaine littoral à partir de l'utilisation de marqueurs géochimiques. De nombreuses études ont pu montrer que ces organismes minéralisent leur coquille de manière quasi continue pendant plusieurs années et le plus souvent à l'équilibre isotopique avec l'eau de mer, ce qui permet notamment de contraindre fiablement le gradient saisonnier de températures. Toutefois, le signal géochimique peut être altéré par l'impact du métabolisme, via notamment des variations du taux de croissance. Bien qu'elles soient couramment utilisées dans les études paléoenvironnementales, il n'existe à l'heure actuelle pas d'étude à haute résolution de la croissance des huîtres permettant de tester son influence sur le signal géochimique.

Cette étude repose sur l'analyse sclérochronologique (observation en cathodoluminescence) et géochimique ($\delta^{18}O$ et $\Delta 47$) de coquilles d'huîtres, élevées en milieu contrôlé dans la Manche, où les données environnementales ont été mesurées de manière journalière pendant une étude de deux années. Des marquages mensuels au Mn^{2+} des huîtres révélés en cathodoluminescence, permettent d'établir une chronologie précise au sein des coquilles et une mise en relation entre la croissance à haute résolution, les fluctuations des paramètres environnementaux et les signaux géochimiques. Les résultats montrent que deux intervalles peuvent être distingués dans la vie des huîtres.

Tout d'abord, durant la partie juvénile (< 1 an), les huîtres présentent une croissance variable, avec tout d'abord un pic de croissance associé à la minéralisation de plus de cinq incréments de calcite par jour, puis un intervalle où moins d'un incrément est minéralisé par jour. Au cours du pic de croissance, la minéralisation de la coquille se fait en déséquilibre avec la composition isotopique de l'eau de mer, aussi bien pour le $\delta^{18}O$ que pour le $\Delta 47$ induisant une surestimation des températures reconstituées pour cette période. Le déséquilibre isotopique enregistré est donc interprété comme résultant d'un effet cinétique dû à ce pic de croissance.

Par la suite, durant la partie adulte de la vie de l'huître (> 1 an), la croissance des huîtres suit une imbrication de plusieurs rythmes, avec la minéralisation de 2 incréments par jours traduisant une influence tidale, et des variations du taux de croissance selon des cyclicités lunaires et saisonniers. Au cours de cette période, la minéralisation se fait à l'équilibre avec l'eau de mer pour le $\delta^{18}O$ et le $\Delta 47$, garantissant la reconstitution de températures proches de celles mesurées dans l'eau de mer.

Etant donné ces résultats, nous recommandons de contrôler précisément la croissance à haute résolution des mollusques avant d'utiliser des marqueurs géochimiques afin de reconstituer des (paléo)températures fiables.

Mots-Clés: isotopes stables ; sclérochronologie ; clumped isotopes ; cathodoluminescence ; huîtres

FROM SUBMARINE VOLCANOES TO MODERN CARBONATE PLATFORMS: NEW INSIGHTS FROM THE MOZAMBIQUE CHANNEL (SW INDIAN OCEAN)

Stephan Jorry *¹

¹Marine Geosciences *Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER – IFREMER*

*Intervenant - stephan.jorry@ifremer.fr

Although the long-term evolution of isolated shallow-water carbonate platforms leading to guyot and atoll formation has been the subject of numerous studies during the last decades, its driving processes are still under debate. The Mozambique Channel is characterized by several modern carbonate systems, ranging from 11°S to 21°S in latitudes. These carbonate systems are characterized by reef margins mostly developed on windward sides with internal parts blanketed by sand dunes and numerous reef pinnacles, or by Darwin-type atolls with enclosed lagoons. Dredge sampling, underwater observations and geophysical acquisitions carried out during recent oceanographic cruises (PTOLEMEE and PAMELA-MOZ1) in the vicinity of these modern systems have evidenced the occurrence of flat-top terraces and seamounts corresponding to shallow-water carbonate platforms overlying submarine volcanoes. Microfacies analysis and chronological data indicate that those carbonate platforms have developed in tropical settings from Early Miocene to Late Miocene/Early Pliocene times. Faulting, submarine volcanism and karstification evidences affecting the top of the drowned edifices demonstrate that tectonic deformation, rejuvenated volcanic activity and subaerial exposure occurred after, and potentially during, the aggradation of the Neogene platform. Topographic irregularities inherited from volcanism, tectonic and/or subaerial exposure conditions may have influenced the development of these platforms until modern times. Throughout the Quaternary, carbonate gravity systems developed on the slopes edging carbonate platforms, indicating therefore major export processes of carbonate sands and muds to deep-water environments.

Mots-Clés : carbonate platforms ; Neogene ; Volcanism

EVOLUTION DE LA SEDIMENTATION PENDANT LES DERNIERS MILLENAIRES EN BAIE DE CONCARNEAU (BRETAGNE SUD-OUEST); IMPACT SUR LA CIRCULATION DES FLUIDES AU SEIN DU REMPLISSAGE SEDIMENTAIRE

Gwenael Jouet ^{*1}, Axel Ehrhold ¹, Vincent Riboulot ², Déborah Belleney ¹, Shânkar Sommer-Delfolie ¹, Agnès Baltzer ³, Sabine Schmidt ⁴, Maud Fabre ⁵, Yannick Thomas ², Pauline Dupont ², Pascal Le Roy ⁵, Elodie Marches ⁶, Patrick Guyomard ⁶

¹ Laboratoire Géodynamique et enregistrement Sédimentaire - Geosciences Marines – Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer – France

² IFREMER Géosciences Marines – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – France

³ Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique (LETG - Géolittomer) – CNRS : UMR6554, Université de Nantes – BP 81227, 44 312 Nantes Cedex 3, France

⁴ Observatoire aquitain des sciences de l'Univers – Université Sciences et Technologies - Bordeaux 1, Institut national des sciences de l'Univers

⁵ Laboratoire Géosciences Océan – Université de Bretagne Sud, Université de Brest, Institut de Recherche pour le Développement, Centre National de la Recherche Scientifique – France

⁶ Service Hydrographique et Océanographique de la Marine – Ministère de la Défense – France

*Intervenant - gwenael.jouet@ifremer.fr

La baie de Concarneau est le siège d'une activité de remontées de fluides à l'origine d'un des plus denses champs de pockmarks, connus proche du littoral en domaine tidal (Ehrhold et al, 2006, Baltzer et al, 2014 et 2017). Les grandes lignes structurales de ce bassin sédimentaire et la géométrie du paléo-réseau fluvial avaient été dessinées dès 2003, par les travaux de Menier (Menier et al, 2010). Dans le cadre du projet SYPOCO*, la baie de Concarneau, et son ouverture vers le plateau médian, constitue un site privilégié pour étudier et comprendre, par faible profondeur, les processus de migration des fluides au sein de la colonne stratigraphique. L'interprétation des jeux de données sismiques haute résolution Sparker (Sypoco, 2018) montre que le réseau hydrographique fossile et l'épaisseur de remplissage sédimentaire sont très différents au nord et au sud, de part et d'autre de l'alignement Trévignon-Glénan. Cette compartimentation du bassin profond résulte de la nature géologique de l'encaissant et de la tectonique régionale (failles-N60 et Kerforne-N150). Mais cette géomorphologie du socle, a également profondément modulé la nature et l'épaisseur des dépôts lors de la phase terminale de remontée du niveau marin à l'Holocène.

L'organisation et la nature et des unités sédimentaires les plus superficielles ont été définies grâce à l'interprétation de données sismiques (SBP) très haute résolution (Pock&ploops, 2011; Pock&tide, 2014; Dynsédim, 2016) et l'étude des carottes sédimentaires (Dynesédim, 2016; Sypoco, 2018). La base de ces dépôts correspond, en sismique, à un réflecteur continu de plus ou moins forte amplitude associé à la présence d'un niveau sédimentaire grossier coquillier mis en place entre 6000 et 500 ans cal BP. Cet intervalle enregistre plus probablement la sédimentation autour de 2000 ans cal BP. et pourrait résulter de la détérioration climatique à cette période, ayant entraîné une augmentation des tempêtes et un vannage intensif des dépôts peu profonds (Van Geel et al, 2014). La dernière unité sédimentaire est venue recouvrir cette surface de ravinement pendant les 5 derniers siècles et est fortement affectée par la circulation des fluides interstitiels biogéniques. Le champ de pockmarks exceptionnellement dense en surface témoigne de cette activité. La distribution et la taille des pockmarks semblent contraintes par la répartition et l'épaisseur non-homogènes de cette unité sédimentaire silto-argileuse superficielle. Finalement, au cours du dernier siècle, et malgré la présence en forte densité des communautés d'amphipode tubicole grégaire (Rigolet et al, 2014), le fond de mer a été régulièrement perturbée, probablement à cause de l'impact anthropique des activités de pêche dans la baie de Concarneau et du confinement à terre des sources sédimentaires au sein des rivières et fleuves côtiers. La conséquence est la chute drastique des taux de sédimentation en surface (< 2 mm/an) sur le dernier siècle, contribuant à donner une image en partie " fossile " de l'activité du champ de pockmarks.

*(SYstèmes sédimentaire et de Pockmarks de la baie de Concarneau)

Mots-Clés: Holocène, hiatus, fluides, thanatocénose, sismique, paléoenvironnement, sédimentation

HIGH-RESOLUTION SEISMIC REFLECTION IN LAKE ALTAUSSEE (SALZKAMMERGUT, AUSTRIAN ALPS): PRELIMINARY RESULTS AND IMPLICATION FOR PALEOENVIRONMENTAL RECONSTRUCTIONS

Guillaume Jouve ^{*1}, Alban Bouchard ¹, Damien Leloup ², Emmanuel Chapron ³, Erwin Heine ⁴

¹ iXblue – Sonar System Division – France

² Walter Munk Foundation for the Oceans – États-Unis

³ Université Jean Jaurès – GEODE – France

⁴ University of Natural Resources and Life Sciences – Autriche

*Intervenant - gui.jouve@gmail.com

Alpine lake sediments have proven their efficiency to record regional climate variability and geohazard history at several time-scales. However, the understanding of lake responses to external environmental factors depends on a precise knowledge of internal lake functioning, such as the influence of groundwater on sedimentary dynamics. It is particularly true in carbonate environments where several origins (biogenic, authigenic and detrital) often coexist. High resolution imaging of lake sedimentary infill derived from seismic reflection measurements can provide a general overview of lake sediment architecture that is crucial to unveil internal and external factors impacting sedimentary processes. In memory of Walter Munk and to his considerable contribution to underwater geophysics, we present a compilation of high-resolution 29 survey lines of seismic reflection data, recently acquired with iXblue Echoes 10KHz sub-bottom profiler, that are used to characterize lacustrine sedimentary infill and main sedimentological context of Lake Altaussee (Austrian Alps), the Walter Munk hometown lake.

Lake Altaussee is situated at about 713 m a.s.l. in Northern Calcareous Alps (NCA) beneath the Loser Plateau, which is part of the Totes Gebirge mountain range in the Salzkammergut of Austria. Lying on Triassic and Jurassic limestones, lake depression is about 2.6 km long, 1 km width and mean water depth is 53 m. Very few is known about sedimentological, biological and archeological history of the lake and its watershed. Preliminary results of sedimentary architecture of Lake Altaussee shows two main types of seismo-facies:

- (1) Alternation of continuous and undisturbed high/low intensity reflectors following the lake bed topography,
- (2) Kaotic, massive and discontinuous structures, situated at the eastern part of the lake.

First type, representing at least 3-5 meters of sediments, suggests a great potential to reconstruct historical floods, landslides, seismic shaking and/or rockfalls events. Second type, about 3 meters of sediments, is located on top of holes and water resurgence, which are visible in the seismic profile and in the bathymetric map derived from multibeam echosounder data. This seismo-facies is attributed to carbonate sedimentation due to supersaturation and oxygenated conditions at the karstic system output. Using Delph Seismic software, we also estimated sediment volume for each acoustically homogeneous layer offering a quantified spatial distribution of sedimentary infill of the lake.

We encourage future collaborations to core and obtain age-depth sedimentary model, in order to provide Holocene paleoenvironmental reconstructions in Northeastern European Alps. The seismic-derived sedimentary model of lake infill will then help at better anticipating future impact of climate changes in this poorly known natural environment. In collaboration with an international consortium(1), this work also contributes to a multi-proxy study of cultural and ecological surveys that will provide historical, technical, and limnological data important to this Alpine community, and nearby European residential areas that surround lake regions.

(1)International consortium: Walter Munk Foundation for the Oceans (USA), iXblue Sonar System Division (France), Flinders University (Australia), University of Natural Resources and Life Science (Austria), the Richard Lounsbery Foundation (USA), Viadonau (Austria), Aix-Marseille University (France), Scripps Institution of Oceanography in California (USA), and The Explorers Club (USA/Worldwide).

Mots-Clés: seismic reflection, sub, bottom profiler, karst, water resurgence, lake, alps

FORMATION ET PRESERVATION DES BRECHES SEDIMENTAIRES SYN-TECTONIQUE EN CONTEXTE EXTENSIF

Tarik Kernif ^{*1}, Thierry Nalpas ¹, Pierre Gautier ¹, Sylvie Bourquin ¹, Marc Poujol ¹

¹ Université de Rennes, CNRS, Géosciences Rennes, UMR 6118, 35000 Rennes, France.

*Intervenant - tarik.kernif@univ-rennes1.fr

Une brèche est une roche composée de clastes anguleux dont la formation peut résulter de plusieurs types de processus géologiques (sédimentaire, tectonique, hydraulique, magmatique, etc...). Nous cherchons à comprendre la formation et la mise en place de brèches sédimentaires d'épaisseur importante (plusieurs dizaines à centaines de mètres) en contexte extensif, en comparant un système géologique récent (les dépôts Pléistocène-Holocène de la côte sud de la Crète, dans la région de Chora Sfakion), à un système géologique ancien (les brèches du Jurassique supérieur et les brèches dénommées ebr (Crétacé-Tertiaire ?) du bassin du Bas-Agly, dans les Pyrénées orientales). Dans les deux cas, les brèches sont essentiellement constituées d'éléments carbonatés.

Les premiers résultats montrent que :

- le long de la côte de la région de Chora Sfakion, les brèches sont préservées au front d'un escarpement de faille normale sur environ 20 km de long. Leur formation résulte de la déstabilisation de la topographie créée par le jeu de la faille et est liée à des processus de glissements terrestres ou sous-aquatiques. Leur préservation est favorisée par la subsidence à l'avant de la faille. Ces brèches sédimentaires semblent s'être préférentiellement formées au dépend de niveaux dolomitiques ayant subi une intense fracturation au cours d'une déformation plus ancienne.

- les brèches sédimentaires du bassin du Bas-Agly ont des caractéristiques comparables à celles de Crète, à savoir une déstabilisation d'une topographie que l'on attribue à la présence d'une faille normale.

Pendant la déformation extensive, la formation de brèches sédimentaires apparaît liée à la présence d'une pente, tandis que la préservation d'importantes épaisseurs de ces brèches serait liée à la subsidence. L'extension semble donc favoriser la production et la préservation de brèches sédimentaires, qui deviennent ainsi un marqueur de ce régime tectonique.

Mots-Clés : brèche ; sédimentaire ; syntectonique ; extension ; Crète ; Pyrénées orientales.

L'EVOLUTION DU LIT MINEUR EN COMMUN ENTRE LA CESSE ET L'AUDE APRES LA MISE EN PLACE DU CANAL DE JONCTION

Karim Lahmar ^{*1,2}, Jean Pierre Larue ¹

¹ Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne - Paris 12

² Université de Monastir - University of Monastir

*Intervenant - karim_357@hotmail.com

La Cesse, le dernier affluent de l'Aude avant de se prolonger dans la Méditerranée, a connu une forte modification après la mise en place du canal de Jonction. Cette mutation a touché et sa morphologie et son dynamique hydro-sédimentaire. La conjonction de plusieurs sciences (hydrologie, géomorphologie et géochimie) m'a été très utile pour montrer que la dynamique sédimentaire de la Cesse a changé après la mise en place du canal de Jonction. Par ailleurs un phénomène de sur- sédimentation a été prouvé dans la partie Amont du canal. Cette étude a été accentuée par une étude radiologique en se basant sur une datation en spectre gamma puis raffiner par une étude géochimique.

Les résultats obtenus ont dévoilé aussi que le lit mineur en commun entre l'Aude et la Cesse a connu des changements en trajectoire et en forme. La dynamique des eaux abondante a du changé et la vitesse cinétique a diminué. Cette diminution a causé une sur- sédimentation dans la partie amont du canal.

On a pu aussi retracer un profil longitudinal de la zone d'étude. Dans cette dernière, on a pris en considération la forme initial c'est-à-dire avant la mise en place du canal et la forme actuelle et ont proposé des solutions pour éviter le phénomène de colmatage et récupérer la dynamique naturelle des deux cours d'eau.

Mots-Clés : Aude ; la Cesse ; lit mineur en commun ; vitesse de sédimentation ; sur ; sédimentation

ANALOGIE ENTRE LES CARBONATES MESOZOÏQUES DES « ECAILLES SUBBRIANÇONNAISES » DU SECTEUR DE LA BONETTE-RESTEFOND (ALPES MERIDIONALES FRANÇAISES), ET LES MUD-MOUNDS AU SENS GÉNÉRIQUE

Labeur Aurélie*, Louison Mercier ¹, Christian Ravenne, Pierre Masse ², Jean-Loup Rubino ²

¹ TOTAL *FINA ELF*

² TOTAL-Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF)

*Intervenant

Plusieurs édifices carbonatés à dominante boueuse communément appelés « mud-mounds », datés du Précambrien au Cénozoïque, et dont la majorité est d'âge mésozoïque, sont observables à l'affleurement dans divers bassins. D'origine biologique (activité microbienne et/ou bioconstructeurs) ou biodétritique (squelettes d'organismes branchus ou encroûtants), ces bioconstructions présentent des propriétés communes au cours des temps géologiques. Leurs caractéristiques principales sont leur forte composante boueuse (boue carbonatée à péloïdes ou micritique), ainsi que leur forme bombée et arrondie. Ils présentent également une association de faciès spécifique, avec des géométries particulières. Le premier faciès typique, ou faciès « mound », est formé d'un corps central arrondi sans organisation stratigraphique visible. Latéralement, il passe à des brèches en haut de pente et à des slumps sur les flancs. Le troisième faciès caractéristique, dit faciès « intermound » est à lithologie marno-calcaire, bien stratifié, et vient en onlap contre les mounds stricto-sensu.

Au Nord-Ouest du massif cristallin externe de l'Argentera, dans le secteur de la Bonette-Restefond, des écaillles dites « subbriançonnaises » constituées de carbonates du Jurassique moyen, dont la stratigraphie n'a pas encore été décrite, pourraient faire penser aux mud-mounds mésozoïques répertoriés dans la littérature. Notre étude a pour objectif de vérifier cette hypothèse. L'ensemble de cette série est daté du Bajocien et du Bathonien, par analogie à des faciès peu profonds similaires affleurant dans la région, mais aucune datation directe n'a été réalisée jusqu'à présent sur ces édifices, ni sur les faciès peu profonds les recouvrant. Notre étude visera également à clarifier l'âge de la série.

En effet, les édifices concernés forment des dômes, dont les caractéristiques géométriques et faciologiques semblent identiques. Ils sont composés de cœurs massifs sans stratification apparente, et bordés de couches glissées ou bréchiques. En comblement des dépressions séparant les buttes massives et en drapage de ces dernières, sont également présents des faciès peu profonds tels que des barres tidales oobioclastiques et des clinofomes oolitiques. Enfin, des mudstones du Crétacé supérieur drapent l'ensemble de la série jurassique.

Une mission de terrain de plusieurs semaines, organisée pendant l'été 2019 dans le cadre d'un stage de Master 2, visera à clarifier l'hypothèse des mud-mounds. Les études menées à l'affleurement dans ce secteur permettront de dégager les propriétés de ces carbonates. La stratigraphie ainsi que les faciès de ces édifices carbonatés, ainsi que de la série sus-jacente, seront caractérisés. Une campagne d'échantillonnage permettra également de réaliser en laboratoire une étude à l'échelle de la lame mince, afin de préciser les descriptions faciologiques réalisées à l'échelle macroscopique. Des essais de datations de la série seront réalisés. L'ensemble de ces travaux ainsi que leur interprétation seront alors illustrés et exposés sous forme d'un poster, où sera également tentée l'analogie avec les mounds déjà décrits dans d'autres bassins.

Mots-Clés: Alpes ; carbonates mésozoïques ; écaillles subbriançonnaises ; mudmounds

ETUDE DES TENDANCES STRATIGRAPHIQUES LONG TERME DES BASSINS DES MARGES AFRICAINE ET BRÉSILIENNE POUR LA COMPREHENSION DE LA MISE EN PLACE DES BASSINS SALIFERES DE L'ATLANTIQUE SUD

Sophie Laspatzis ^{*1,2}, Delphine Rouby ², Sébastien Rohais ¹

¹ IFP Energies Nouvelles 1et 4 Avenue de Bois-Préau, 92852 Rueil-Malmaison Cedex, France

² Géosciences Environnement Toulouse (GET) Observatoire Midi-Pyrénées, Université Paul Sabatier [UPS] - Toulouse III

*Intervenant - sophie.laspatzis@outlook.com

Le segment central de l'Atlantique Sud est le seul segment de l'océan Atlantique Sud qui renferme de grands bassins salifères. Ce cas d'étude est utilisé ici pour examiner les liens entre la mise en place des géants salifères et la déformation des marges passives. Le but de ce travail est de déterminer la contribution relative de la subsidence, du climat et des processus de surface sur le dépôt et, plus important encore, la préservation de dépôts évaporitiques sur des épaisseurs kilométriques.

Nous avons compilé et synthétisé les données publiées pour chaque bassin des marges conjuguées africaine et brésilienne afin d'étudier l'évolution à long terme des environnements de dépôt. Les données compilées pour chaque bassin incluent les faciès, l'âge des sédiments, des coupes 2D, ... Les incertitudes associées à ces données ont été prises en compte. La grande majorité des données publiées ne concernent que la partie proximale de la marge, soit une centaine de kilomètre de distance par rapport aux côtes actuelles. La pile sédimentaire de chaque bassin a été subdivisée en quatre phases d'évolution : pré-rift, syn-rift, transition et post-rift. Le syn-rift est défini de façon classique par des dépôts affectés par la déformation crustale (généralement des blocs basculés). Les dépôts qui lui succèdent, lors de la phase de transition, ne sont au contraire pas affectés, ou très peu, par des éléments structuraux majeurs et sont recouverts par les évaporites.

L'évolution des marges africaine et brésilienne montre des grandes tendances communes. Pour tous les bassins la phase de transition enregistre le passage de faciès continentaux/fluvio-lacustre sous les évaporites et des faciès marins plus profonds au-dessus des évaporites. Cet enregistrement se fait indépendamment de l'âge et de la durée de la phase de transition. Par conséquent, sur la partie proximale de la marge, les bathymétries étaient relativement faibles avant le dépôt des évaporites. La mise en place des évaporites a systématiquement lieu à la fin de la phase de transition. Cette sédimentation salifère représente en moyenne 50% de la durée de dépôt enregistré pendant la phase de transition. Le timing du rift varie le long du segment central de l'Atlantique Sud. Cependant, la phase de transition et la sédimentation des évaporites prennent fin partout au même moment (Aptien Supérieur). Les vitesses d'ouverture de l'océan Atlantique Sud suggèrent que le début de la phase de transition est concomitant à une accélération de ces dernières, alors que la fin de la phase de transition semble survenir lors d'une phase où les vitesses restent constantes à l'échelle du segment central.

Néanmoins, l'évolution des marges africaine et brésilienne présentent également des différences. Côté africain, la phase de transition, qui enregistre le dépôt des évaporites, commence plus tôt que dans les bassins brésiliens. Par ailleurs, le dépôt des évaporites dure plus longtemps en Afrique qu'au Brésil alors que les épaisseurs totales et les taux d'accumulation sont moins importants. La compréhension des facteurs de contrôle sur la sédimentation salifère le long des marges de l'Atlantique Sud peut donc apporter des contraintes de premier ordre pour les modèles géodynamiques et stratigraphique de l'évolution à long terme des bassins de marge passive.

Mots-Clés: Evaporite ; bathymétrie ; subsidence ; Atlantique Sud ; marge passive ; modélisation

STRUCTURATION ET FACIES SEDIMENTAIRES DES POTENTIELS RESERVOIRS GEOTHERMIQUES PROFONDS DU DEVONIEN ET DU DINANTIEN DANS LA REGION DU BASSIN HOUILLER DU NORD-PAS-DE-CALAIS

Aurore Laurent ^{*1}, Olivier Averbuch ¹, Laurent Beccaletto ², Laure Capar ², Fabien Graveleau ¹,
Frederic Lacquement ², Stéphane Marc ²

¹ Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences – Université de Lille - Sciences et Technologies, Université du Littoral Côte d'Opale, CNRS : UMR8187 – France

² Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – France

*Intervenant - aurore.laurent@univ-lille.fr

Suite à l'adoption de la loi du 17 août 2015 sur la transition énergétique, la région des Hauts-de-France s'est engagée à investir et développer considérablement la production d'énergies renouvelables dans les prochaines décennies. Cet objectif requiert dès à présent le développement à l'échelle régionale de solutions alternatives aux énergies fossiles, notamment la géothermie basse énergie. L'actuel projet de recherche vise à mieux caractériser les ressources géothermales profondes dans la région du bassin houiller du Nord-Pas-de-Calais (BHNPC).

Le BHNPC s'étend sur 85 km d'est en ouest entre la frontière belge et St Omer et sur 15 km du nord au sud entre l'avant-pays brabançon et la Faille du Midi. C'est un bassin molassique syn-orogénique datant de la fin du Mississippien et du Pennsylvanien inférieur (anciennement Namurien-Westphalien, i.e. 320-305 Ma). Il forme une partie du vaste bassin flexural développé au Front du Chevauchement Nord Varisque au nord-ouest de l'Europe. Le bassin houiller et son substratum du Dévonien-Carbonifère inférieur, reposent sur le socle calédonien du Brabant ; ils constituent la partie déformée de la marge continentale avalonienne, généralement appelée le Parautochtone Brabançon. Au sud, le bassin est chevauché par l'Allochtonne Ardennais, formant au Dévonien-Carbonifère inférieur la marge sud plus distale d'Avalonia. Durant la phase de raccourcissement varisque (mi-Pennsylvanien dans la partie la plus frontale de la chaîne), cette unité allochtone a parcouru au minimum 70 km vers le nord le long d'une zone de chevauchement crustale majeure. La reprise en hors-séquence de la zone de chevauchement frontale est soulignée par la présence d'écailles et massifs renversés au mur du chevauchement bordant le bassin au sud, appelé communément la Faille du Midi. Au sein de la série sédimentaire dévono-carbonifère sous les terrains houillers du bassin minier, deux aquifères profonds représentent des cibles potentielles pour la géothermie de basse-énergie : les calcaires bréchiques et karstiques du Dinantien (360-330 Ma) et les calcaires du Givétien-Frasnien (390-370 Ma). Dans le bassin du Hainaut, en Belgique, une ressource géothermale est présente. Au niveau des forages de St Ghislain, Ghlin et Douvrain, la température au sein du réservoir carbonaté du Viséen atteint près de 70°C. Le potentiel géothermique est donc caractérisé. Toutefois, dans la région du BHNPC, très peu d'informations permettent de renseigner sur la structure et le potentiel géothermique de ces réservoirs profonds, seuls quelques forages profonds et des données de sismique réflexion sont disponibles. Afin de mener à bien les études qui permettront l'exploitation géothermique du sous-sol dans la région du BHNPC, il apparaît indispensable de définir la structure géologique en 3 dimensions de l'ensemble des terrains dévono-carbonifères situés sous la Faille du Midi, ainsi que de déterminer les caractéristiques des réservoirs (géométrie, extension, variations d'épaisseur et de faciès). Une géométrie de premier ordre de ce système géothermique potentiel peut être proposée à partir de l'interprétation de près de 500 km de données industrielles de sismique réflexion acquises dans les années 1980 et retraitées dans le cadre de ce projet. Les principales unités structurales et sédimentaires présentées ci-dessus ont été définies. Les réservoirs carbonatés profonds ont pu être calés en sismique, permettant de définir leur profondeur et extension 3D. Les corrélations entre les différentes lignes sismiques ont notamment révélé des hétérogénéités et des variations latérales et verticales de l'épaisseur et des faciès sismiques de ces réservoirs (faciès énergétiques et transparents, discontinuité des réflecteurs, divergence des réflecteurs, etc...). Différentes hypothèses ont été émises quant à la nature des faciès sédimentaires, caractéristiques des séries du Dévonien-Carbonifère inférieur dans le Nord-Pas-de-Calais et en Belgique, associés à ces signatures sismiques. A l'issue de ces interprétations, un modèle synthétique de la paléogéographie du Dévonien-Carbonifère inférieur non affleurant dans le nord de la France peut être proposé.

Mots-Clés: Orogenèse varisque, Bassin flexural, Nord, Pas, de, Calais, Géothermie, Réservoirs carbonatés, Dévonien, Carbonifère, Sismique réflexion, Paléogéographie

UN APERÇU DES ACTIVITES IODP EN 2017-2019

Erwan Le Ber ^{*1,2}

¹ ECORD Science Operator

² University of Leicester

*Intervenant - elb51@le.ac.uk

Entre début 2017 et Août 2019, l'*International Ocean Discovery Program* a concentré ses efforts à l'est de l'Asie (expéditions 358, 366, 367, 368, 380), en Océanie (expéditions 369, 371, 372, 375, 376) et autour de l'Antarctique (expéditions 374, 379, 382, 383). Une expédition a également été organisée par ECORD dans le Golfe de Corinthe (Expédition 381). Un total de 15 expéditions durant cette période et depuis Août 2019, le *JOIDES Resolution* continue son itinéraire dans l'est et le sud de l'Océan Pacifique. Sans se concentrer sur une question scientifique spécifique, cette présentation aborde les principaux thèmes étudiés, les succès et les défis rencontrés, et quelques statistiques sur les scientifiques invités à participer aux expéditions.

Au-delà des expéditions, IODP forme les jeunes chercheurs et les encourage à postuler pour aller en mer et à écrire des propositions de forages. Chaque année, plusieurs *workshops* et *summer schools* sont organisés : *ECORD Virtual Drillship* (Brême), *ECORD Summer School* (Brême), *Petrophysics Summer School* (Leicester), *MagellanPlus Workshop*, *Summer School in Paleoclimatology* (Urbain). La participation à la *Petrophysics Summer School* et son impact seront notamment abordés.

Mots-Clés: IODP

THINK OBJECTS, NOT PIXELS: SEMI-AUTOMATED OBJECT-BASED ANALYSIS FOR GEOMORPHIC IDENTIFICATION AND MAPPING FROM DIGITAL ELEVATION DATA: THE CASE OF PLANATION SURFACES

Adrien Le Cadre ¹, Paul Bessin ^{*2}, Katherine Kravitz, Jean Braun ³

¹ École Supérieure des Géomètres et Topographes (ESGT) - *Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM)*

² Laboratoire de Planétologie et de Géodynamique, LPG – UMR 6112 CNRS, Le Mans Université, Avenue Olivier Messiaen

³ German Research Centre for Geosciences - Helmholtz-Centre Potsdam (GFZ)

*Intervenant - paul.bessin@univ-lemans.fr

Many geomorphological maps have been produced thanks to advances in GIS software (e.g. processing performance) and digital elevation, satellite imagery or airborne datasets breakthrough (resolution, accuracy, coverage, availability). These maps are mainly built either by manual digitalization or through semi-automated pixel classification, which do not consider relationships between neighboring pixels, can introduce scale bias, and can be highly time-consuming and subjective. However, GEOgraphic Object Based Image Analysis (GEOBIA) avoid these biases by using objects rather than pixels to map geomorphological features. This semi-automated method relies on i) a segmentation step that automatically divides the image into features through pixel grouping algorithms followed by ii) feature classification (e.g. landforms or land-cover types) by their characteristics (e.g. shape, size) and statistics (e.g. elevation, slope, curvature, aspect). Here, we performed GEOBIA to identify and map planation surfaces, which are widespread and useful to understand earth-surface dynamics and denudation chronology in source-to-sink studies. We developed two different protocols using SRTM 30arcsecond data and its derivatives (slope, curvature, ruggedness, etc.) on a study area where planation surfaces were recently mapped (Orange river, Namibia-South Africa). Both protocols differ in their classification way of thinking. The first uses an unsupervised classification based on a clustering algorithm and then a fuzzy logic chart to define feature classes. The second uses a supervised classification based on a machine-learning algorithm from user-defined landform samples. Our first results and benchmarking analysis of both protocols show i) that slope and curvature parameters should be preferred to elevation and other derivatives and ii) that they identify planation surfaces with accuracy around 80 to 90% despite their different philosophy. We will test the reproducibility and universality of both protocols from different control areas such as Argentina, Armorican Massif or even the French Massif Central before discussing the further steps required to discriminate the different generations of planation surfaces.

Mots-Clés: Image Segmentation ; GEOBIA ; geomorphological mapping ; planation surface

ANALYSE SEQUENTIELLE EN DOMAINE CONTINENTAL A PARTIR DE L'ARCHITECTURE FLUVIO-LACUSTRE DU PALEOCENE NORD-PYRENEEN (CORBIERES, FRANCE)

Sophie Leleu ^{*1}, Constance Vinciguerra ¹, Barbara Roule-Chenieux ¹, Adrien Maufrangeas ², Corinne Loisy ¹

¹ EA4592, Bordeaux INP, Université Bordeaux Montaigne – Université Michel de Montaigne - Bordeaux III : EA4592 – France

² Laboratoire SPE - UMR CNRS 6134 – Université de Corse (Pasquale Paoli) – France

*Intervenant - Sophie.Leleu@ensegid.fr

L'évolution d'un système fluvial au cours du temps, en relation avec les variations du niveau marin a été conceptualisée par de grands modèles stratigraphiques (Shanley et McCabe, 1991 ; Catuneanu et al., 2009) mais peu d'exemples sont réellement disponibles dans la littérature. Cette étude présente l'architecture à haute-résolution de chenaux fluviaux de la K/Pg au Thanétien dans le Bassin Nord-Pyrénéen (BNP). Les dépôts paléocènes des Corbières (Aude) présentent une série continentale relativement épaisse intercalée par des dépôts marins formant des marqueurs régionaux de transgression marine. Le Paléocène qui présente plusieurs événements hyperthermiques, enregistre globalement un haut niveau marin et apparaît localement comme une période de faible taux de subsidence dans le BNP.

La série étudiée à Lairière est épaisse de 425 mètres et présente des lentilles gréseuses d'extension latérale variable dans une série dominée par des siltites-argileuses et intercalée par des paléosols de différents types et de maturités variables. Elle est également ponctuée de lentilles conglomératiques et de nombreux bancs lacustres carbonatés d'extension assez limitée. La cartographie des corps gréseux permet de distinguer (1) des systèmes chenalisés qui montrent des dimensions de corps sédimentaires allant de 10 à 400m, et qui sont globalement peu amalgamés, et (2) de larges corps hétérolithiques progradant et en *downlap*, interprétés comme un système de fan-delta lacustre. Selon leur position stratigraphique, les chenaux sont de type sinueux présentant de larges accrétions latérales ou de type anastomosé à petites extensions. Plusieurs unités stratigraphiques sont définies en fonction de l'extension, de l'épaisseur et de l'amalgamation des corps sédimentaires, ainsi que selon le type de paléosols et la position des événements lacustres. Dans ces dépôts de faible énergie viennent s'intercaler des lentilles de conglomérats qui forment de petits objets, ou d'autres plus extensifs qui marquent des événements majeurs.

Les systèmes fluviaux enregistrent des variations à la fois dans les sources de sédiments et dans la dynamique fluviale qui marque probablement l'évolution eustatique et climatique. L'architecture décrite à haute-résolution permet de définir des variations du niveau de base et de discuter l'utilisation des paléosols dans la stratigraphie séquentielle des séries continentales.

Mots-Clés: fluvial, lacustre

SOURCE DES FLUIDES A L'ORIGINE DES DEPOTS DE FLUORITE A L'INTERFACE SOCLE-COUVERTURE PAR MESURE DES COMPOSITIONS EN ISOTOPES STABLES DES INCLUSIONS FLUIDES PAR SPECTROSCOPIE A CAVITE OPTIQUE (MORVAN, FRANCE)

Louise Lenoir ^{*1}, Thomas Blaise ¹, Aurélie Noret ¹, Jocelyn Barbarand ¹, Benjamin Brigaud ¹, Maurice Pagel ¹

¹ Géosciences Paris Sud – Université Paris-Sud - Université Paris-Saclay, CNRS : UMR8148 – France

*Intervenant - louise.lenoir@u-psud.fr

La fluorite, minéral classé comme ressource économique importante à fort risque d'approvisionnement par l'Union Européenne est notamment concentrée en très grande quantité (5,5Mt) dans le Massif du Morvan (à la bordure sud-est du bassin de Paris) et répartie principalement entre les gisements stratiformes de Pierre-Perthuis, Antully, Pontaubert, Courcelles-Fré moy, Marigny-sur-Yonne et Égrueil (Gigoux et al., 2016). Elle est généralement associée à la baryte et quelques occurrences de sulfures de plomb et de zinc.

La forte hétérogénéité des concentrations en métaux présents localement nous questionne quant aux modèles de circulations de fluides qui en sont à l'origine. Nigon (1988) mesure des températures de cristallisation de la fluorite des gisement stratiformes du Morvan à 90-100°C par les inclusions fluides, confirmées par Gigoux en 2016 qui précise des salinités entre 6.5 et 15 poids % eq. NaCl. Des rapports en isotopes stables de l'oxygène des fluides calculés à partir de ceux mesurés sur trois générations de quartz associées à la fluorite indiquent un $\delta^{18}\text{O}$ compris entre -9 et 0 ‰ V-SMOW et ne permettent pas de définir précisément la source des fluides. Des questions restent en suspens : quels sont les mécanismes de précipitation ? Quelle est la source des fluides ? Évoluent-ils avec le temps ?

Cette étude menée sur Pierre-Perthuis, le plus important gisement de fluorite régional, vise à apporter des éléments de compréhension sur l'origine des fluides minéralisateurs en mesurant directement les compositions en isotopes stables $\delta^{18}\text{O}$ et δD de l'eau piégée en inclusion dans la fluorite. Nous présenterons l'utilisation d'une nouvelle méthode de mesure directe et simultanée des isotopes stables de l'oxygène et de l'hydrogène des inclusions fluides dans la fluorite par l'utilisation d'une ligne d'extraction de fluide couplée à un spectroscope à cavité optique (Dassié et al., 2018) en s'affranchissant des incertitudes liées au fractionnement eau-minéral en comparaison des mesures réalisées traditionnellement sur la matrice minérale (Gigoux, 2015).

Un travail pétrographique a permis de discriminer une génération de fluorite massive, automorphe et de couleur miel ou blanche. Ces cristaux sont millimétriques à centimétriques et ne comportent pas d'inclusions solides. Les inclusions fluides primaires et biphasées indiquent des températures d'homogénéisation comprises entre 80 et 110°C. L'homogénéité de chaque cristal a été contrôlé avant le broyage dans la ligne d'extraction de fluide. La présence de sels dissous dans l'eau des inclusions fluides, avérée grâce à des mesures microthermométriques (Steele Mc Innis et al., 2013) (de 7,4 à 18,9 %poids de CaCl_2 et de 1,1 à 10,3%poids de NaCl), questionne d'un potentiel fractionnement isotopique dû à la précipitation de sels hydratés dans la ligne. Des injections de solutions salées de compositions isotopiques et de concentrations en chlorures de calcium et de sodium connues ont été réalisées en parallèle des mesures sur échantillons solides et ne montrent pas de fractionnement.

Le $\delta^{18}\text{O}$ mesuré de l'eau des inclusions fluides dans la fluorite est compris entre -2,6 et -3,2 ‰ V-SMOW ($\pm 0,2$ ‰) et le δD est compris entre -13,2 et -26,9 ‰ V-SMOW (± 3 ‰). Cette méthode a permis de discriminer l'origine météorique du fluide pour une génération de fluorite grâce à la mesure directe et simultanée du $\delta^{18}\text{O}$ et δD des inclusions fluides et de mettre en évidence une interaction avec les roches sédimentaires environnantes (Gigoux, 2015). Ces compositions en isotopes stables de l'oxygène et de l'hydrogène sont comparables au domaine isotopique des saumures actuelles localisées dans les formations triasiques profondes au centre du bassin parisien (Millot et al., 2011).

Mots-Clés: fluorite, dépôt stratiforme, inclusions fluides, isotopes stables, spectroscopie

CONSTRUCTION OF THE BÉNIGUET ISLAND'S TRAILING SPIT: ITS STRUCTURES AND ITS PAST AND FUTURE EVOLUTION (MOLÈNE ARCHIPELAGO, FINISTÈRE, BRETAGNE, FRANCE)

Victoire Lucas ^{*1}, Maeva Gaudin ¹, Renaud Toulec ¹, Pierre Stephan ¹, Bain Olivier ¹

¹ Unilasalle – Institut Polytechnique UniLasalle – 19 rue Pierre Waguet - BP 30313 - F-60026 BEAUVAIS Cedex, France

^{*}Intervenant - victoire.lucas@etu.unilasalle.fr

Along the Atlantic coasts of France, many islands recorded major palaeogeographic changes during the Holocene period due to the impact of the relative post-LGM glacial sea-level (RSL) rise. Some studies attempted to reconstruct these changes using simplistic approaches based on the simulation of the RSL rise on a topo-bathymetric Digital Elevation Model. In recent years, such study was conducted in the archipelago of Molène (Western France) where huge palaeogeographic changes were highlighted. Terrestrial losses due to the long-term coastal flooding were thus estimated. However, this approach neglected coastal processes of sediment transfers and barrier construction that could have possibly modified the paleogeography of the islands over the last millennia.

This study focused on the Holocene coastal evolution of the Béniguet Island, the largest of the seven islands of the Molène archipelago. This island is composed by a large gravelly and sandy trailing spit covering two-thirds of the surface area of the island. The 1.8 km long and 300 m width coastal barrier is stretching from the southwest to the northeast.

The architecture of coastal barriers was reconstructed from 16 GPR (Ground Penetrating Radar) profiles processed using ReflexW software. Ten CMP profiles (Common Mid-Point) were measured to apply a velocity correction to the data. GPR profiles were topographically corrected from RTK-DGPS (Differential Global Positioning System) measurements. Geophysical data were validated from 14 sedimentary cores obtained using a hand-held motor-driven percussion corer. Sediments were sampled and analyzed in order to determine their granulometric characteristics (grain size, texture, sorting, and composition).

Results show successions of sedimentary storm-related structures (progradations, filling structures, dunes). Moreover, the samples analyzed coincide with coastal sandy environment and indicate a sedimentary origin of proximal source, resulting from the erosion of metamorphic rock belonging to the base.

The trailing spit is composed of two main parts. Firstly, the northeastern part is in progression towards the north and is composed of the accumulation of several pebble strips. Secondly, the central part of the island is composed of an alternation of coastal dunes bodies and low-lying areas locally covered with storm deposits. These structures are formed by progradations, coming from the outside of the island and moving towards center, as shown in the figure below. These progradations are more pronounced on the east coast, where the low relief does not protect the littoral from storms.

The rocky basement and the abundant sediments have a significant impact on the geomorphology of the island, as well as intense currents and storms which regularly strike the coast. Following these observations, a paleogeographic evolution of the island was modeled, retracing the construction and evolution of the island over the past 20,000 years and which conjectures on its future progression.

Mots-Clés: Beniguet, architecture sédimentaire, GPR, pointe à flèche libre, macrotidal

RECALL THE PAST TO ADDRESS FUTURE SCIENTIFIC CHALLENGES: THE CORE-LOG-SEISMIC INTEGRATION AT SEA IODP WORKSHOP INVESTIGATES LEGACY DATA TO ADVANCE OUR UNDERSTANDING OF SEISMOGENIC SUBDUCTION ZONE

Gaël Lymer ^{*1}, Tatiana Maison-Potel ²

¹ iCrag - University College Dublin

² UniLaSalle, UPJV, EA 7511 Basins-Reservoirs-Resources (B2R), F-60026 Beauvais, France

*Intervenant - gael.lymer@icrag-centre.org

Subduction zones account for 90% of global seismic moment release and generate damaging earthquakes and tsunamis with potentially disastrous effects on heavily populated coastal areas. In January-February 2018, the first IODP Core-Log-Seismic integration at Sea (CLSI@Sea) workshop gathered together onboard the *D/V Chikyu* a multidisciplinary team of 14 early-career scientists and a group of scientific mentors specialized in subduction zone processes off the southwest coast of Japan at the Nankai Trough, one of the Earth's most active plate-subduction zones.

CLSI@Sea was developed to leverage existing core, logging, and seismic data acquired during previous IODP expeditions in the Nankai Trough Seismogenic Zone Experiment (NanTroSEIZE), to address the role of the deformation front of the Nankai accretionary prism in tsunamigenic earthquakes and slow slip in the shallow portion of the subduction interface. Recent findings from the 2011 Tohoku-Oki mega earthquake, at the origin of the Fukushima nuclear disaster, provided evidence that tsunamigenic slips can be continuous from the locked portion of the subduction plate boundary all the way out to the trench. Similar behavior can be expected within the NanTroSEIZE area, thus highlighting the interest to re-investigate archived IODP NanTroSEIZE data.

Stored sedimentary cores were brought on board *Chikyu*, to be available for new description, sampling and analysis. Logging and seismic data were also provided for investigation by workshop participants, who were granted access to *Chikyulaboratory* facilities and software to perform analyses at sea. CLSI@Sea resulted in the synthesis of existing geophysical, geologic, and geochemical data across the deformation front of the subduction zone. Multi-thematic presentations during the workshop allowed the identification of key outstanding research questions in the field of subduction zone seismogenesis. The international team of workshop participants was then able to develop both individual and collaborative research plans regarding seismogenic-, tsunamigenic- and slow-slip processes in the Nankai subduction zone, a crucial topic for the regional tectonics, but also a fundamental aspect of the Earth's geodynamic.

This presentation will summarize the workshop and present the NanTroSEIZE program as well as the ongoing new researches organized by CLSI@Sea participants during IODP Expedition 380.

Mots-Clés : IODP ; Chikyu ; subduction zones ; Core ; Log ; Seismic Integration ; tsunamigenic earthquakes

ALONG-STRIKE EVOLUTION OF THE STRUCTURAL ARCHITECTURE OF THE PORCUPINE BASIN, OFFSHORE IRELAND

Gaël Lymer ^{*1}, Muhammad Mudasar Saqab ², Conrad Childs ¹, John Walsh ¹

¹ iCrag - University College Dublin – Irlande

² University of Western Australia – Australie

*Intervenant - gael.lymer@icrag-centre.org

The Porcupine Basin is a hyper-extended basin located on the margins of the Northern Atlantic Ocean, offshore southwest Ireland. The basin is a failed rift that formed following multiple phases of extension of different directions between the Late Palaeozoic and the Cenozoic (Naylor and Shannon, 2011). In terms of hydrocarbon exploration, Porcupine is one of the most attractive basins in the Irish Atlantic domain with potential hydrocarbon systems developed within the post-rift stratigraphic sequence (i.e. Cretaceous and Tertiary sediments). In terms of structural architecture, the Porcupine Basin has a general north-south orientation, in contrast with the northeast-southwest orientation of most of the other basins on the Irish margins. This trend appears to have particularly developed during the Middle to Upper Jurassic extension phase, corresponding to the main rifting phase of the basin that overprinted earlier directions of extension (Naylor and Shannon, 2011). Porcupine also shows a significant southward widening, up to 240 km wide toward the Goban Spur, associated with increasing crustal thinning along the basin axis, with stretching factors (β) of ≈ 2.5 in the north and $\beta > 10$ in the south (Prada et al., 2017; Watremez et al., 2016). Tomographic studies suggest that increasing crustal thinning is associated with an increasing degree of serpentinization towards the south of the basin (Prada et al., 2017), where crustal break-up occurred (Reston et al., 2004).

Mantle serpentinization can be associated with the development of a detachment fault that accommodated the hyper-extension of the continental crust during rifting, and likely controlled the development of asymmetry between the conjugate margins of the basin (Reston et al., 2004), as has been observed at the Galicia/Newfoundland conjugate margins (Lymer et al., 2019). Interestingly, variations in crustal thickness and changes in geometry and style of sedimentation along the basin axis are strongly segmented by several NW-SE gravity lineaments, interpreted as transfer zones that offset the basin margins (Readman et al., 2005).

This project aims to analyse the structures of the Porcupine Basin to understand the controls on the geometry and kinematics of fault systems within the basin. Particular interest will be paid to how the structures of the Porcupine Basin change along strike with the southward increase in the β factor and with basin segmentation. At a larger scale, the goal of this study is to develop an overview of the structural development of the Irish offshore basins and of basin development in general.

Mots-Clés: Hyper, extension, Porcupine Basin, Detachment fault, asymmetry, rifted margins

APPORT DE LA SEDIMENTOLOGIE A LA DETERMINATION DU POTENTIEL BIO-INDICATEUR DES ESPECES INGENIEURES : LE CAS DE HAPLOOPS SP. EN CONTEXTE D'AMENAGEMENTS EOLIENS OFFSHORE

Grégoire M. Maillet ^{*1}, Jacky Badelle ¹, Jean-Baptiste Champilou ¹, Sophie Sanchez ¹, Maria Pia Nardelli ¹,
Edouard Metzger ¹

¹ LPG-BIAF – Université Nantes Angers Le Mans, CNRS : UMR6112 – France

^{*}Intervenant - gregoire.maillet@univ-angers.fr

Les *Haploops* sont des amphipodes tubicoles formant des champs de plusieurs kilomètres carrés. Sur le haut de la plateforme sud-armoricaine, les champs sont installés sur un substrat vaseux ($X \approx 20\mu\text{m}$). Leur extension spatiale semble influencée par la présence de pockmarks et perturbée par le passage d'un câble reliant les éoliennes offshore au littoral. 3 échantillons de 20 cm³ de sédiment ont été prélevés en mai 2019, dans le cadre de la mission SEMREVDYS19 à bord de la V/O Haliotis Le premier au cœur du champ de *Haploops* (station 1), le second en bordure du champ (station 2), et le troisième dans une zone où il n'existe que sous forme de tâches dispersées (station 3). Nous avons préalablement cherché à décrire le tube de *Haploops* selon des critères visuels obtenus au MEB au SCIAM-Université d'Angers. La face interne du tube se présente comme homogène et constituée de particules fines ($< 10\mu\text{m}$), tandis que la face externe est constituée de particules plus grossières ($30\mu\text{m}$), notamment d'origine biogène comme des spicules de spongiaire ($80\mu\text{m}$) et des diatomées ($10\mu\text{m}$) qui semblent plaquées sur la surface extérieure. Les clichés de l'épaisseur du tube ne révèlent pas de gradient entre la face interne et externe.

Après rinçage à l'eau, les tubes de chaque benne ont ensuite été classés par taille puis découpés pour recueillir les parties basales, médianes et supérieures. Ces fractions ont été placées au bain-marie sur plaque chauffante à 40°C. 10mL d'une solution de pH=8 de H₂O₂ (18%) + 5mL de NaOH à 0,5mol/L ont été ajoutés toutes les 10 mn afin de dégrader le mucus polysaccharidique du tube. La fraction particulaire est récupérée et analysée en calcimétrie (calcimètre Bernard) et granulométrie laser (Mastersizer 3000).

Les premiers résultats montrent que la distribution des tailles de tubes est similaire entre les stations 1 et 2 (étendue de 1 à 11 cm avec un mode pour la classe 2-3 cm), mais la station 2 présente une plus faible densité de tubes (673 tubes contre 1005 dans la station 1). La station 3 diffère des deux autres à la fois par la densité de tubes (230) et par une taille de tube significativement plus courte (étendue de 1 à 6 cm avec un mode pour la classe 1-2). La calcimétrie montre que plus le tube est court (juvéniles et/ou tubes secondaires post-accouplement) plus il contient de sédiment carbonaté (tableau n°1). Les tubes courts sont constitués de grain de taille moyenne plus élevée, et de distribution moins bien triée (sorting) et plus aplatie (platykurtic) que les grands tubes (mésokurtic).

Au final, nous observons que les différences entre tous les paramètres, sauf le Skewness, sont significatives entre les sédiments des tubes prélevés dans les stations 1 et 2. Il y a donc un lien entre l'environnement hydrosédimentaire du *Haploops* et le grain inclus dans son tube. La fluctuation des teneurs en carbonate ainsi que de la taille des grains incorporés au tube au cours de sa croissance écartent l'hypothèse d'un sédiment produit par le *Haploops*. Ce granoclassement des sédiments entre la base et le sommet des tubes semble également indiquer que le processus d'inclusion des grains est assez passif pour l'animal, qui absorbe dans son tube les grains soulevés par le courant local.

Le tube de *Haploops* semble donc être une archive intéressante à étudier, tant par sa dépendance au substrat sédimentaire, que pour sa capacité à caractériser l'hydrodynamisme local. En cas de perturbation du substrat, par ex. lors de l'implantation d'éoliennes offshore, la variabilité sédimentaire le long des tubes pourrait s'avérer être un marqueur fin des évolutions hydrosédimentaires locales à moyen terme (3 ans).

Ce travail a été réalisé dans le cadre du consortium WEAMEC, West Atlantic Marine Energy Community, grâce aux financements de la région Pays de la Loire et de l'OSUNA (AOI 2019).

Tableau n°1 : résumé de quelques paramètres sédimentologiques mesurés sur les grains intégrés aux tubes de *Haploops sp.*

Mots-Clés: écosystèmes, bioindicateurs, éolien

DEPOTS ANOXIQUES ET BIO-EVENEMENTS ASSOCIES: EXEMPLE DU MESO-CENOZOIQUE DANS LES BASSINS NW ET SW DE L'ALGERIE

Abbas Marok *, Mustapha Benadla, Kamar Eddine Bensefia, Fatiha Hadji, Matias Reolid, Louisa Samar, Ali Mokhtar Samet, Choukri Soulimane

*Intervenant - ab_marok@yahoo.fr

Dans le présent travail, une étude micropaléontologique et géochimique est réalisée sur les dépôts anoxiques méso-cénozoïques. Ainsi, des sections levées selon un transect N-S, depuis les Traras au Nord jusqu'à l'Atlas Saharien au Sud, nous ont permis de mettre en évidence plusieurs bio-événements d'intérêt régional et/ou global.

-Au passage Pliensbachien supérieur-Toarcien inférieur, et à travers l'étude des sections dans les bassins des Traras (sections de Mellala et Benzerka), de Tiaret-Nador (section de Djebel-Es Saffeh) et des Ksour (section de Raknet El Kahla) a révélé l'existence d'un bio-événement à caractère global. Ce dernier est marqué surtout par la diminution et la disparition des benthiques (à l'exemple des foraminifères) au Toarcien inférieur, en particulier dans la zone à Levisoni (Toarcien inférieur). Cette situation plaide pour l'enregistrement de l'événement anoxique (T-OAE).

-Durant le Cénomani supérieur-Turonien inférieur, la section de Rhoundjaïa considérée ici comme étant la section de référence dans le bassin des Ksour (Atlas Saharien occidental) est caractérisée par la présence de quatre événements biologiques globaux. Il s'agit des événements (*Planoheterohelix* shift (= *Heterohelix* shift », Cytherellidae, Filaments et l'abondance des foraminifères benthiques). Ces bio-événements témoignent fort bien des conditions anoxiques (e.g. OAE 2), confirmées par les valeurs élevées du COT. A ces quatre bio-événements, nous avons mis en évidence dans cette section de référence, des événements typiquement locaux. Il s'agit des « bloom » des microgastéropodes, des *Hemiaster* (Echinodermes) et des *Serpula* (Annélides).

-Enfin, au Messinien, l'étude de la section de Ouillis (Bassin du Bas Chélif) montre la présence d'un important bio-événement lié à l'anoxie. Il est marqué par la disparition totale des foraminifères dans le membre (A) justifiée par la teneur élevée du COT d'une part et la présence des radiolaires d'autre part. Par contre, durant les dépôts du membre (B), nous assistons à des conditions environnementales complètement différentes. La chute de la teneur du COT est accompagnée par une augmentation du taux du CaCO₃ évoquant ainsi la présence d'un biota favorable à la vie du benthos.

Mots-Clés: Anoxie ; Bio ; événements ; Méso ; cénozoïque ; Traras ; Tiaret ; Nador ; Ksour ; OAE ; COT ; CaCO₃

HOW ECCENTRICITY AND LONG MILANKOVITCH CYCLES ARE RECORDED IN THE EARLY CRETACEOUS (HEMI-)PELAGIC MARL-LIMESTONE ALTERNATIONS OF THE TETHYS ?

Mathieu Martinez *¹

¹ Géosciences Rennes, OSUR – Université de Rennes I, CNRS : UMR6118 Géosciences Rennes, Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes – France

*Intervenant - mathieu.martinez@univ-rennes1.fr

Marl-limestone alternations are spectacular witnesses of the insolation cycles linked to the changes in the Earth's orbital parameters. These alternations are often grouped into bundles of 5 or 20 alternations, respectively linked to the 100-kyr and the 405-kyr eccentricity. In spectra of sedimentary and palaeoclimatic series, the eccentricity cycles show high variances, while in the insolation series, their variance is carried by the amplitude of the precession cycles. I analyse here results from the Subbetic Domain (Spain), Gerecse Mounts (Hungary) and the Vocontian Basin (France) to understand the reason why the long cycles are preserved with high amplitudes in the sedimentary record. In these three basins, higher sedimentation rates are observed in marls, suggesting that detrital supply control the sedimentation rate at time scales of 405 kyr and 2.4 myr. In the Subbetic Domain, proxies related to the detrital supply only show higher power in the 405-kyr cycle while proxies including the carbonate production show an attenuation of this cycle. In the Gerecse Mounts, the 405-kyr cycle dominates the spectra of the magnetic susceptibility and the spectral gamma-ray, while the $\delta^{13}\text{C}_{\text{bulk}}$ shows higher power in the 100-kyr band. In the Vocontian Basin, humid peaks occur every 2.4 myr and are associated to much more clayey sedimentation. Proxies linked to detrital supply thus tend to record longer Milankovitch periods, while proxies related to carbonate production tend to favour the expression of shorter cycles. Pedogenetic and erosion processes are strongly governed by diffusion processes which tend to disrupt the amplitude modulation of the precession cycles. This acts as a mechanism of transfer of power from the precession to the eccentricity cycles. Much pedogenesis under more humid climate have higher diffusion time favouring the record of the long Milankovitch cycles. Conversely, changes in the type of carbonate producers may reverse the response of the sedimentary system to the orbital cycles, which tend to suppress the amplitude of the long Milankovitch cycles. Together with bioturbation, it results in a dominance of the 100-kyr cycle in more carbonate-dominated marl-limestone alternations.

Mots-Clés: Milankovitch cycles, marl, limestone alternations, Cretaceous, Tethys, detrital supply, carbonate production

ASTROCHRONOLOGY OF THE LATE ALBIAN FROM THE MENTELLE BASIN (IODP SITE U1513)

Mathieu Martinez ^{*1}, Sietske J. Batenburg ², Matthew M. Jones

¹ Géosciences Rennes, OSUR Université de Rennes I, CNRS : UMR6118 Géosciences Rennes, Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes

² Department of Earth Sciences, University of Oxford

*Intervenant - mathieu.martinez@univ-rennes1.fr

Recent radio-astrochronological time scales deeply revised the durations and ages of the stages in the Early Cretaceous. According to these intercalibrations, the ages and the durations of the Berriasian to the Barremian stages should move toward younger ages by 3 to 5 Myr (Lena et al., 2019; Aguirre-Urreta et al., 2019). Compared to the Late Cretaceous, the ages of the Early Cretaceous are more poorly constrained, hindering the chronology of the Aptian-Albian stages. The estimated durations of the Late Albian Substage range from 6 to 9 myr (Giorgioni et al., 2012; Laurin et al., 2017), while the Geological Time Scale retains 7 myr. IODP Expedition 369 recovered a Late Albian succession at Site U1513 (Mentelle Basin, eastern Indian Ocean, southwest of Australia). The mean core recovery was 70%, however well-log data complete the succession. Spectral analyses performed on XRF data and spectral gamma ray indicate a pervasive record of the 100-kyr eccentricity cycle. Filling the gaps of the XRF data with spectral gamma-ray, a total of 47 short eccentricity cycles are recorded, implying a duration of the Late Albian of 4.7 Myr. This duration is much shorter than suggested by the geologic time scale. If confirmed, this new duration could reconcile existing radiometric ages and astronomical time scales for the Early Cretaceous and decrease the uncertainties of the stage boundary ages from 5 Myr to 0.3 Myr in the next Geologic Time Scale.

References:

- Aguirre-Urreta, B., Martinez, M., Schmitz, M., Lescano, M., Omarini, J., Tunik, M., ... & Reboulet, S. (2019). Interhemispheric radio-astrochronological calibration of the time scales from the Andean and the Tethyan areas in the Valanginian-Hauterivian (Early Cretaceous). *Gondwana Research*, 70, 104-132.
- De Lena, F., Otavio, L., López-Martínez, R., Lescano, M., Aguirre-Urreta, B., Concheyro, A., ... & Ramos, V. A. (2019). High-precision U–Pb ages in the early Tithonian to early Berriasian and implications for the numerical age of the Jurassic–Cretaceous boundary. *Solid Earth*, 10(1), 1-14.
- Giorgioni, M., Weissert, H., Bernasconi, S. M., Hochuli, P. A., Cocconi, R., & Keller, C. E. (2012). Orbital control on carbon cycle and oceanography in the mid-Cretaceous greenhouse. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 27(1).
- Laurin, J., Růžek, B., & Giorgioni, M. (2017). Orbital signals in carbon isotopes: phase distortion as a signature of the carbon cycle. *Paleoceanography*, 32(11), 1236-1255.

Mots-Clés : Astrochronology ; Albian ; Geologic Time Scale ; Indian Ocean ; Milankovitch cycles ; stratigraphy

CYCLES SEDIMENTAIRES PHOSPHATES ET PHOSPHATOGENESE DANS LES BASSINS MAROCAINS

Mohamed Marzوقي *¹, El Hassane Chellai ¹, Essaid Jourani *², Youssef Daffi *⁴, Mohamed Aquit *⁵

¹ Université cadi ayyad

² OCP

⁴ UM6P/Benguerir

⁵ Phosboucrâa

*Intervenant - marzo@uca.ac.ma

Les séries sédimentaires phosphatées étudiées dans plusieurs bassins phosphatés marocains (Ganntour, Oulad Abdoun, Meskala) sont composées d'une alternance de couches décimétriques à pluri-métriques de phosphates granulaires sableux et de niveaux fins non phosphatés (calcaires, dolomies, marnes, argiles, bancs siliceux) de même ordre d'épaisseur. Les couches phosphatées granulaires, friables ou légèrement indurées, sont composées de grains de taille et de forme de pellets-oolithes, intraclastes et coprolithes, associés à des dents, débris d'os et de vertèbres, dans une matrice fine marneuse ou argileuse à quartz et cristaux de carbonates. Dans plusieurs localités, la base de ces couches de minerais phosphatés est souvent irrégulière et à granulométrie grossière (phospharudites, parfois en bancs amalgamés) pouvant renfermer des lithoclastes ou des fragments de roches non phosphatés repris de dessous. Ces phospharudites passent vers le haut à des phosphates à grains plus fins (phospharenites-phosphalutites qui peuvent montrer des litages et des structures de rides de courants de vagues de beau temps ou de tempêtes, des traces de bioturbation), puis progressivement aux dépôts stériles non phosphatés. Ces derniers, dits aussi les dépôts intercalaires, ont une base très nette qui les différencie clairement des phosphates de dessous. Ils sont fins, généralement laminaires lorsque il s'agit d'argiles, de marnes ou de carbonates argileux, avec ou sans structures de petits litages dans les faciès carbonatés, et parfois quelques grains de phosphates ou rares débris dispersés d'organismes. Leur sommet en revanche peut être plus ou moins irrégulier, mais surtout bioturbé, transpercé par des terriers de type *Thalassinoides* pouvant descendre jusqu'à plusieurs décimètres en profondeur, à contours très nets remplis par un matériel grossier phosphaté nettement différent de l'encaissant fin, issu de la couche phosphatée sus-jacente. Ces surfaces de bioturbations, qui marquent à chaque fois le sommet des dépôts stériles fins intercalaires, sont d'extension latérale non négligeable, et peuvent servir de marqueurs stratigraphiques pour les corrélations des séries à l'échelle d'un bassin, voire des différents bassins. Ils témoignent de paléo-fonds marins semi-consolidés (*firmgrounds*), colonisés par des organismes fousseurs lors de phases d'arrêt de sédimentation.

L'arrangement vertical des dépôts phosphatés et non phosphatés décrits ci-dessus est loin d'être aléatoire, mais plutôt une répétition régulière de faciès qui traduit un caractère cyclique de la sédimentation phosphatée. Les cycles, limités par des discontinuités, sont interprétés comme étant l'enregistrement sédimentaire de phases d'approfondissement-comblement d'un paléomilieu marin peu profond, en rapport avec des variations du niveau marin dont les discontinuités sédimentaires (*firmgrounds*) en seraient les signatures stratigraphiques. Cette interprétation est conforme au modèle de phosphatogenèse proposé par plusieurs auteurs pour les bassins phosphatés des zones d'upwelling : les grains de phosphates, formés pendant les phases de haut-niveau marin dans les zones profondes d'un bassin, sont repris par des courants pendant les phases de bas niveau marin, avant d'être transportés et concentrés sous forme de couches de phosphates sableux dans les zones de plate-forme pendant les phases d'inondation marines transgressives.

Mots-Clés : phosphates ; discontinuités sédimentaires ; variations du niveau marin ; cycles sédimentaires ; bassins marocains

INTERACTION ENTRE TECTONIQUE EXTENSIVE ET TECTONIQUE SALIFERE DANS LA SEDIMENTATION DU BASSIN SYNRIFT DE NARBONNE – SIGEAN (MARGE DU GOLFE DU LION)

Lionel Menzer ^{*1}, Michel Séranne ¹, Renaud Couëffé ², Pierre Labaume ¹

¹ Géosciences Montpellier – CNRS-Université de Montpellier-Université de Guadeloupe – France

² Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM)

*Intervenant - lionel.menzer@gm.univ-montp2.fr

Le bassin de Narbonne-Sigean, allongé selon un axe NE/SO, résulte de l'ouverture du Golfe du Lion à partir de l'Oligocène Supérieur. Sa structure interprétée est celle d'un demi-graben orienté N030 et formé par la réactivation en failles normales de chevauchements pyrénéens à semelle de Trias évaporitique (Gorini et al., 1991). Les formations sédimentaires sont datées du Chattien et de l'Aquitaniens (Aguilar, 1977). Toutefois, à cause de la grande homogénéité des faciès et du peu de contraintes biostratigraphiques, l'architecture stratigraphique du bassin reste mal comprise.

Une nouvelle étude tectono-sédimentaire basée sur la cartographie bancs par bancs des formations oligo-aquitaniennes et sur l'analyse de faciès des différentes formations montre que :

- 1) le remplissage est principalement détritique et carbonaté, continental. La succession litho-stratigraphique comprend une séquence détritique basale (plaine fluviale avec apports distaux > apports locaux), passant à une sédimentation essentiellement carbonatée, palustre à lacustre. Le sommet de la succession correspond à une nouvelle séquence détritique avec brèches de sources locales, passant distalement à des faciès fins. Les faciès détritiques incluent fréquemment des quartzs bipyramidés typiques du Trias évaporitique ;
- 2) Sur la bordure NW du bassin, la séquence bréchique supérieure repose en onlap sur le substratum mésozoïque redressé ou inversé, ou sur des lambeaux de Trias évaporitique ;
- 3) le bassin est déformé et compartimenté en sous-bassins, séparés par une structure axiale N030-040 et segmenté par des flexures N120 ;
- 4) cette déformation est syn-sédimentaire et exprimée également dans le substratum mésozoïque du bassin.

Nos résultats montrent que la tectonique extensive liée au rifting du Golfe du Lion a interagi avec une tectonique salifère, l'interférence des deux contrôlant l'évolution du bassin de Narbonne- Sigean. La bordure NW du bassin correspond à la réactivation du flanc oriental d'un diapir de Trias évaporitique préexistant et actif depuis le Crétacé Inférieur. La croissance et le percement éventuel de diapirs (comme à Peyriac de Mer) lors du rifting sont enregistrés dans les formations oligo-aquitaniennes. La présence de structures salifères a donc localisé des zones de subsidences préférentielles, partitionnant le bassin en plusieurs sous-bassins.

Références :

- Gorini, C., P. Viallard and J. Deramond (1991). "Modèle d'inversion négative : la tectonique extensive post-nappe du fossé de Narbonne-Sigean (Corbières, sud de la France)." *C. R. Acad. Sci. Paris* **312**: p.1013-1019.
- Aguilar J.-P., (1977). " Données nouvelles sur l'âge des formations lacustres des bassins de Narbonne-Sigean et de Leucate (Aude) à l'aide des micro-mammifères. " *Geobios* **10,4** p.643-645.

Mots-Clés: rifting Oligocene, bassin de Narbonne, tectonique salifère, minibassins

LA FORMATION DES SCHISTES A BLOCS DES SECTEURS DE LA BONETTE-RESTEFOND ET DES TROIS EVECHES (ALPES MERIDIONALES FRANÇAISES) : UN ANALOGUE D'INCISION ET DE REMPLISSAGE DE CANYONS SOUS-MARINS ?

Louison Mercier ^{*1,2}, Christian Ravenne³, Sébastien Migeon^{2,4}, Jean-Loup Rubino¹, Romain Bousquet⁵, Marc Muller¹, Aurélie Labeur¹

¹Total Centre Scientifique et technique Jean Feger (TOTAL CSTJF) – TOTAL, CSTJF, Pau – Avenue Iarribau 64018 Pau Cedex - France ;

²Université Côte d'Azur, CNRS, OCA, IRD, Géoazur (UMR 7329) - France

³IFP Energies Nouvelles – France

⁴Sorbonne Université, F-75012 Paris - France

⁵Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24118 Kiel, Germany

*Intervenant - louison.mercier@total.com

La formation des Schistes à blocs constitue le dernier enregistrement sédimentaire du bassin d'avant-pays méridional français. Depuis sa définition et à cause de son emplacement sous les nappes de l'Ubaye, elle a longtemps été considérée comme un olistostrome. Elle repose sur la formation des Grès d'Annot par l'intermédiaire d'une surface d'érosion majeure, qui incise jusqu'à plusieurs centaines de mètres les dépôts turbiditiques. L'hypothèse testée dans ce projet est l'incision des Grès d'Annot par des canyons sous-marins comblés localement par la formation des Schistes à blocs. Notre travail a été effectué dans les massifs de Restefond et des Trois Evêchés, dans le but d'obtenir une vision régionale des canyons et de leur remplissage. Il comprend 1) une analyse cartographique détaillée du contact érosif, afin de reconstituer la morphologie de l'incision et des canyons et 2) une analyse sédimentologique basée sur le levé d'une trentaine de logs lithologiques de 5 à 190 m d'épaisseur, pour déterminer les processus de mise en place et l'architecture interne du remplissage. L'analyse de l'incision révèle plusieurs types de morphologies : des géométries subparallèles à la stratigraphie et ne la reprenant que légèrement sous forme de marches métriques, des incisions avérées, décamétriques à pluridécamétriques et étagées en marches, sans décalage des Grès d'Annot sous-jacent, des géométries abruptes causées soit par des failles synchrones des Schistes à blocs, soit par des failles tardives qui décalent l'incision. L'architecture interne du remplissage des canyons est complexe. Le membre inférieur appelé « Schistes bruns » peut atteindre la centaine de mètres d'épaisseur. Des hémipélagites ou des turbidites gréseuses à granularité fine et d'épaisseur pluricentimétrique sont en onlap sur la surface d'incision. A la Bonette, des directions de paléocourants N320E ont été identifiées dans les turbidites. Ces dernières sont également remaniées sous forme de slumps et de débrites qui composent la majorité des Schistes bruns. Plus rarement, des MTD purement marneux ou à éléments marneux sont présents ainsi que des formes chenalisées à remplissage de grès grossiers. Ils sont similaires aux Grès d'Annot et présentent à la Bonette des structures de type F6 orientées N350E. Le membre supérieur est appelé « Schistes à blocs exotiques » car il est surtout constitué de débrites à éléments de matériaux allochtones. Parmi les blocs, on trouve majoritairement des grès roux laminés et contournés de l'Eocène, des calcaires planctoniques et des conglomérats à éléments carbonatés mésozoïques du Crétacé supérieur. Les blocs sont généralement pluridécamétriques mais peuvent former de véritables olistolithes de plusieurs dizaines de mètres de long. Enfin, les Schistes à blocs exotiques sont recouverts soit par des écaillles tectoniques situées à la base des nappes, et constituées des mêmes matériaux mésozoïques que ceux des débrites, soit par un wildflysch composé de blocs de Flysch à Helminthoïdes cisailés. Ainsi, suite à leur incision, les canyons ont subi un comblement polyphasé. Une première phase de sédimentation hémipélagique entrecoupée d'événements turbiditiques (bancs isolés et chenaux) témoigne de l'ultime persistance d'une source d'apport proche ou similaire à celle des Grès d'Annot. Les dépôts remaniés sous forme de glissements argileux et/ou de débrites à éléments gréseux seraient issus de glissements remobilisant les flancs internes des canyons. Les géométries en marches marqueraient de plus grands effondrements des flancs glissant suivant des failles listriques. Enfin, les Schistes à blocs exotiques marquent un changement brutal de sédimentation, avec l'arrivée depuis l'Est de matériaux allochtones déstabilisés au front des écaillles basales des nappes, indiquant les prémices de leur progression au sein du bassin nummulitique.

LE BASSIN INTRACONTINENTAL FINI-CARBONIFERE – PERMIEN DE LUCENAY-LES-AIX (NORD-EST DU MASSIF CENTRAL) : REEVALUATION SEDIMENTOLOGIQUE ET IMPLICATIONS PALEOENVIRONNEMENTALES

Mathilde Mercuzot ^{*1}, Sylvie Bourquin ¹, Céline Ducassou ¹, Laurent Beccaletto ², Pierre Pellenard ³, Marc Poujol

1

¹ Géosciences Rennes – CNRS : UMR6118 – France

² Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – France

³ Biogéosciences [Dijon] – Université de Bourgogne, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6282 – France

*Intervenant - mathilde.mercuzot@univ-rennes1.fr

Les bassins sédimentaires intracontinentaux fini-carbonifères à permien du nord-est du Massif Central (Autun, Aumance, Decize-La Machine et Blanzay-Le Creusot) se mettent en place dans un contexte de transition géodynamique, entre la fin de l'accrétion de la Pangée et le début de sa dislocation, et durant un passage d'un climat de type *icehouse* (Late Paleozoic Ice Age) à *greenhouse*. Leur étude est donc cruciale pour mieux comprendre si, et comment, ces grands changements géologiques s'enregistrent au sein de leurs séries sédimentaires.

Le bassin houiller de Lucenay-lès-Aix, prolongement sud du bassin de Decize-La Machine, se situe en sub-surface sous la couverture sédimentaire méso-cénozoïque d'environ 250 m d'épaisseur, reposant en discordance sur les dépôts sédimentaires paléozoïques, voire directement sur des roches magmatiques et métamorphiques de même âge. Ce bassin a fait l'objet entre 1981 et 1986 d'une campagne de reconnaissance du BRGM, visant à caractériser et quantifier ses ressources en charbon. Après une étude gravimétrique ayant mis en évidence la présence de ces dépôts carbonifères et permien, de nombreux forages semi-carottés ont été effectués, complétés par l'acquisition de données diagrapiques et sismiques. Ces différentes données appliquées ou industrielles disponibles nécessitent aujourd'hui d'être réévaluées, pour reconsidérer l'évolution des paléoenvironnements en lien avec le contexte géodynamique global.

Trois forages carottés du Bassin de Lucenay-lès-Aix encore disponibles (LY-F, LY-G et LY-ZB) ont été décrits en termes de sédimentologie de faciès afin d'interpréter l'évolution verticale des environnements de dépôt. La présence de systèmes deltaïques progradants au sein d'un lac a été mise en évidence, alternant avec des dépôts lacustres plus francs et des dépôts charbonneux attribués à un environnement de plaine côtière.

La comparaison des données sédimentologiques et diagrapiques de ces 3 forages permet le calage des associations de faciès avec les électrofaciès, permettant ainsi l'interprétation des autres forages ne disposant pas de donnée de carottes, en termes d'environnements de dépôt. Les corrélations diagrapiques et le couplage de ces résultats avec les données sismiques montrent l'évolution de ces environnements de dépôt dans l'espace et le temps, en particulier des géométries à plus grande échelle interprétées comme des deltas progradants.

Des datations LA-ICP-MS U-Pb sur zircon et apatite de niveaux de cendres volcaniques altérées (tonsteins), intercalés dans cette sédimentation silico-clastique, indiquent des âges de sédimentation entre le Gzhélien (Carbonifère terminal) et l'Assélien-Sakmarien (Cisuralien, Permien inférieur) pour le forage LY-F.

In fine, des datations des deux autres forages permettront de mieux contraindre le modèle d'âge de l'ensemble de la zone, en précisant notamment l'âge du sommet de la succession sédimentaire. Ces premiers résultats nous permettront de proposer des corrélations des environnements de dépôt à plus large échelle, avec les bassins carbonifères-permien alentours.

Mots-Clés: Permien, Carbonifère, Paléoenvironnement, Sédimentologie

DETERMINATION AUTOMATIQUE DE PARAMETRES SEDIMENTAIRES EN DOMAINE SUBTIDAL ESTUARIEN – PROJET AUPASED AFB-CNRS

Guillaume Michel ^{*1}, Sophie Le Bot ¹, Sandric Lesourd ¹, Robert Lafite ¹

¹ M2C - Morphodynamique Continentale et Côtière *Normandie UNIV, UNIROUEN, CNRS : UMR6143*

^{*}Intervenant - guillaume.mhl@gmail.com

Dans le cadre de la DCE et des suivis d'indicateurs, des études ont montré que la nature du fond était un paramètre fondamental, influant sur la présence et le développement des communautés benthiques (Blanchet et al., 2014). De nombreuses études de synthèses (e.g. Brown et al., 2011) font déjà état des performances et limitations de nombreux systèmes acoustiques et méthodes de cartographie sédimentaire/benthique en milieu marin et côtier. Malgré cela, les recommandations méthodologiques et techniques en domaines estuariens restent peu documentées.

L'objectif principal du projet AUPASED AFB-CNRS est de donner des recommandations techniques et méthodologiques pour la production d'indicateurs morpho-sédimentaires dans les zones subtidales et intertidales estuariennes de petits à moyens estuaires. En domaine subtidal, l'analyse reposera sur des données de sondeurs acoustiques déjà testés et validés en domaine côtier (e.g. Ehrhold et al., 2006). La comparaison de l'efficacité de différents équipements doit permettre de mettre évidence, les performances des différents outils acoustiques sur des faciès sédimentaires complexes et des faciès de mélanges, parfois colonisés et anthropisés, notamment dans les domaines de très petits fonds (<5m).

Afin de répondre à ces objectifs, le laboratoire M2C a déployé différents outils et méthodes pour la cartographie sédimentaire sur trois sites pilotes choisis pour leurs contextes sédimentaires, géologiques et hydrodynamiques différents : Baie de Somme, estuaire de l'Orne et estuaire du Belon. Les trois campagnes océanographiques qui ont été menées de Février à Avril 2019 ont permis d'acquérir plus de 300 km de profils sonar interférométrique, sondeur monofaisceau, données RoxAnn et sondeur de sédiment, plus de 190 km linéaire de profils de sonar à balayage, près de 200 échantillons et 141 vidéos. Ces trois campagnes ont été effectuées sur ces sites avec les vedettes V/O « MONOD » (UMR 6143 M2C) et V/O « HALIOTIS » (GENAVIR), lors de périodes de vives eaux. Grâce à ce jeu de données important acquis avec les mêmes outils dans trois estuaires contrastés, différentes cartes sédimentaires par estuaire seront établies sur la base de ces différents outils, et selon différentes approches de cartographie: (1) cartographie manuelle, (2) semi-automatique (e.g. classification RoxAnn (Ehrhold, 2003), BPI, analyses texturales (Diesing et al., 2014)) et (3) automatique (e.g. machine learning, Diesing et al., 2014). Les résultats des différents outils et des méthodes de cartographie seront inter-comparés (e.g. temps requis, précision, reproductibilité) et traduits en termes de recommandations pour un suivi sédimentaire opérationnel des petits à moyens estuaires.

Références :

- Blanchet, H., et al. 2014. Multiscale patterns in the diversity and organization of benthic intertidal fauna among French Atlantic estuaries. *J. Sea Res.* 90, 95–110. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2014.02.014>
- Brown, C.J., et al., 2011. Benthic habitat mapping: A review of progress towards improved understanding of the spatial ecology of the seafloor using acoustic techniques. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 92, 502–520. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2011.02.007>
- Diesing, M., et al., 2014. Mapping seabed sediments: Comparison of manual, geostatistical, object-based image analysis and machine learning approaches. *Cont. Shelf Res.* 84, 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2014.05.004>
- Ehrhold, A., 2003. L'application des Systèmes Acoustiques de Classification Automatique des natures de Fonds pour la cartographie des habitats: SACLAF. REBENT, Cartographie des peuplements macrobenthiques par les méthodes acoustiques en domaine subtidale, Fiche outil 1, 1–16.
- Ehrhold, A., et al., 2006. The REBENT monitoring network, a spatially integrated, acoustic approach to surveying nearshore macrobenthic habitats: application to the Bay of Concarneau (South Brittany, France). *ICES J. Mar. Sci.* 63, 1604–1615. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2006.06.010>

Mots-Clés : drift contouritique ; courant de contour ; contourite ; forage

DYNAMIQUE DE LA MEDITERRANEAN OUTFLOW WATER DANS LE GOLFE DE CADIX AU COURS DE DEUX ANALOGUES CLIMATIQUES DU QUATERNAIRE SUPERIEUR

Paul Moal-Darrigade *, Emmanuelle Ducassou ¹, Jacques Giraudeau, Viviane Bout-Roumazeilles, Roger Flood ²

¹ EPOC Université de Bordeaux 1 33615 Pessac cedex - France

² (4) School of Marine and Atmospheric Sciences, Stony Brook University New York - États-Unis

*Intervenant - paulmoal@gmail.com

Les drifts contouritiques du Golfe de Cadix constituent des corps sédimentaires propices à l'étude de la variabilité de la *Mediterranean Outflow Water* (MOW) depuis son initiation suite à l'ouverture du détroit de Gibraltar à la fin du Miocène (5,33 Ma). Les branches supérieures (MUW) et inférieures (MLW) de la MOW sont à l'origine de la formation de ces drifts. Le forage de ces corps contouritiques lors de l'expédition IODP 339 (2011-2012) avait pour objectif principal la reconstruction de la dynamique de la MOW au cours de la fin du Cénozoïque et sa relation avec l'évolution de la circulation océanique et du climat en Atlantique Nord.

Le but de cette étude est de comparer, à travers les caractéristiques sédimentologiques des niveaux contouritiques rencontrés, le comportement et le régime de circulation de la MOW au cours de deux cycles climatiques contrastés considérés comme analogues en termes de forçage astronomique (MIS 1-2 et MIS 11-12). L'étude des séquences contouritiques repose sur un large ensemble de données comprenant de la granulométrie, de la pétrographie des sables et de la minéralogie des argiles ainsi que des mesures géochimiques (éléments majeurs et mineurs) par XRF core-scanner. Le modèle d'âge de ces dépôts a été contraint grâce à de la stratigraphie isotopique reposant sur des données de $\delta^{18}O$ mesurés sur tests de foraminifères benthiques, de l'écostratigraphie basée sur les foraminifères planctoniques et des âges radiocarbone pour les MIS 1-2.

Les résultats montrent une différence de comportement de la MOW entre les MIS 1-2 et les MIS 11-12. Par exemple, le drift de Faro, situé sous l'influence de la MUW, est caractérisé par la présence de plusieurs contourites fines (silts/sables fins) durant le MIS 11 alors qu'elles sont plus rares lors du MIS 1. En revanche les MIS 2 et les MIS 12 ne comportent qu'un seul niveau contouritique. Par ailleurs, ces deux périodes ont enregistré différents types de contourites qui se différencient par leurs granulométries (plus grossières pour les MIS 1-2 que pour les MIS 11-12) et par leur composition : si certaines sont essentiellement composées de particules terrigènes/silicoclastiques ou authigènes, d'autres sont enrichies en éléments carbonatés. Ces changements de la taille et de la nature des particules dans les contourites observées suggèrent d'une part des variations de vitesse de la MOW durant les périodes étudiées mais également des changements de sources sédimentaires.

Mots-Clés: drift contouritique ; courant de contour ; contourite ; forage

FROM CARBONATE CRISIS TO REEF DEVELOPMENT: DOCUMENTATION OF A CARBONATE RECOVERY THROUGH THE LOWER – MIDDLE OXFORDIAN BOUNDARY (MEUSE, NE FRANCE)

Chloé Morales ^{*1}, Fleur Daniau ², Pierre Pellenard ³, Benoit Vincent ⁴, Franck Smektala ¹, Christophe Rigollet ⁵, Philippe Landrein ⁶

¹ INGEN - Innovation for Geosciences, Dijon *Maison Régionale de l'Innovation*

² PetroXL, Paris

³ Laboratoire Biogéosciences, UMR CNRS 6282/uB, Université de Bourgogne Franche-Comté

⁴ Cambridge Carbonates Ltd, Solihull

⁵ CVA Engineering, Pôle technique de Rueil-Malmaison

⁶ Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs *Centre de recherche de Meuse / Haute-Marne*

*Intervenant - chloe.morales@ingen-geosciences.com

Mesozoic sedimentary deposits show the alternation of *i*) phases of benthic and pelagic carbonate production, with a high diversity and abundance in carbonate-producing organisms and *ii*) phases of carbonate crises, often materialised by condensed beds, and/or siliciclastic deposits in proximal environment, as well as preservation of organic matter-rich deposits. Amongst the main factors controlling sedimentation, sea-level changes and variations in atmospheric $p\text{CO}_2$ levels are usually considered as key parameters. Carbon storage via the deposition of organic-rich sediments is the most likely mechanism that drawdown $p\text{CO}_2$ levels, allowing in the long-term the recovery of carbonate communities. Academic and industrial studies, however, widely document either phases of carbonate platform growth for their ecological content and possible reservoir potential, or phases of carbonate drownings for their paleoclimate interest and associated source-rocks potentials. Despite a growing interest for the adaptation of ecological communities to environmental changes, the initiation of the carbonate recovery is often less documented and limited to large geographic or stratigraphic scales. In the Meuse / Haute-Marne area, ANDRA (French National Agency for Nuclear Waste Management) investigates the subsurface in the seek of a site for an underground radioactive waste repository. The target formation is a clayey succession of Middle Callovian to Lower Oxfordian age, related to the demise of the Lorraine Platform (East Paris Basin). Therefore, a detailed study of the overlying Lower - Middle Oxfordian deposits, corresponding to the recovery of the carbonate production is performed. Based on a unique set of height boreholes, a high-resolution study of lithological, geometrical and faunal changes through the Lower - Middle Oxfordian interval is provided. Sedimentological observations combined with electrofacies based on petrophysical data (mainly GR, PEF and resistivity) allow a nearly bank-to-bank correlation. This multidisciplinary approach allows an excellent prediction of the nature and architecture of the banks in the subsurface. Our results show that the Lorraine Platform underwent a progressive morphological and ecological evolution from a homoclinal ramp with a silty-clayey sedimentation, to a distally-steepened ramp with a diversified fauna of molluscs and crinoids, ultimately allowing the development of coral communities. Although this evolution is modulated by sea-level changes of third order, the carbonate recovery can be paralleled to the installation of long-term drier climate conditions at that time.

Mots-Clés: carbonate production ; carbonate recovery ; stratigraphy ; Lower Oxfordian ; Middle Oxfordian

SEDIMENTOLOGIE ET ORIGINE DES DERANGEMENTS DE LA SERIE PHOSPHATEE DE BOU CRAA ET OULED ABDOUN (MAROC)

Mustapha Mouflih ^{*1}, Amine Bouwafoud ¹, Mohamed Amine Nguidi ¹, Ahmed Chakir ², Essaid Jourani ², Abdelmajid Benbouziane ¹, El Mostafa Benfrika ¹, El Ouariti Salem ¹, El Boukhari Hanane ¹

¹ Laboratoire de Dynamique des Bassins Sédimentaires et Corrélations Géologiques, Faculté des Sciences Ben M'sik, Université Hassan II de Casablanca – Maroc

² Direction de Géologie, Direction Développement Industriel, Office Chérifien des Phosphates (OCP S.A) – Maroc

*Intervenant - moufli@yahoo.fr

La série phosphatée marocaine d'âge Crétacé Terminal-Paléogène se caractérise par une richesse exceptionnelle en phénomènes synsédimentaires et diagenétiques. Ce travail a pour objectif l'étude des structures qui perturbent la succession des niveaux phosphatés des gisements des Ouled Abdoun et Bou Craa, nommées " dérangements " par l'exploitant. Ces structures ont des répercussions sur le calcul des réserves et perturbent les étapes de l'exploitation en provoquant la perte du minerai et par conséquent la chute du rendement des machines.

Dans les deux gisements, les faciès de dérangements sont dominés par des cortèges à morphologie subcirculaires à subconiques de doline. La fabrique de ces paléokarstes, dans le bassin des Ouled Abdoun, est en structure d'effondrement post-Lutétien. Elle consiste en une structure chaotique de matériaux anarchiques d'un dénivelé vertical de plusieurs mètres. C'est un mélange confus d'écroulement gravitaire de blocs, graviers, silex, phosphates, marnes et argiles tous en altération latéritique. La naissance de ces structures a été facilitée par la charge des sédiments de la série, la présence de la fracturation et les circulations des eaux météoriques.

A la lumière de l'étude sédimentologique de la série phosphatée de Bou Craa, il apparaît que ces structures de dérangement sont liées aux effondrements gravitaires de type fontis. La mise en place de ces structures est en relation avec la dissolution et la karstification intense des faciès évaporitiques gypsifères à la base et en intercalation. La distribution spatiale aléatoire des fontis suggère une source d'alimentation en eaux météoriques agressives qui s'infiltrent à travers une structure aléatoire de surface. Les dalles de Hamada et à Thersitès en couverture sont les mieux placées pour jouer un tel rôle.

Mots-Clés: Phosphate, Fontis, Dérangement, Sédimentologie, Bou Craa, Ouled Abdoun

SYNTHESE CARTOGRAPHIQUE DE LA PENTE DES BAHAMAS

Thierry Mulder ^{*1}, Vincent Hanquiez ¹, Kelly Fauquembergue ¹, Stanislas Wilk ¹, Emmanuelle Ducassou ¹,
Emmanuelle Poli ²

¹ UMR 5805 Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (EPOC) – Université de Bordeaux (Bordeaux, France) – France

² TOTAL-Scientific and Technical Center Jean Féger – TOTAL FINA ELF – France

*Intervenant - thierry.mulder@u-bordeaux.fr

Les Bahamas représentent la zone actuelle de production de carbonates la plus étudiée au monde. Les données anciennes sur la plate-forme sont nombreuses. Des campagnes récentes, notamment conduites par des équipes françaises et allemandes, ont permis de reconnaître la pente de l'archipel par l'utilisation conjointe de sondeurs multifaisceaux et de carottages. La quantité de données permet de réaliser une synthèse régionale des grands ensembles sédimentaires depuis l'*uppermost slope* (-30 à -300 m) jusqu'aux plaines abyssales (profondeur d'eau > 4500 m) où se distinguent :

- (1) Des canyons géants, généralement parallèles à la plate-forme et alignés sur des accidents structuraux. Ils sont les reliques des zones de démantèlement de la méga plate-forme crétacée. Ils sont pour l'essentiel alimentés par leurs flancs et fonctionnent pour certains comme des complexes chenal-levée confinés. Certains montrent d'ailleurs des terrasses interprétées comme des levées internes (Canyon de Great Bahama).
- (2) Des ravines de quelques kilomètres de long, très probablement alimentées par le *density cascading*. Des *sediment waves* se trouvent à leurs deux extrémités, là où les eaux qui plongent touchent le fond mais sont peu énergétiques.
- (3) Des petits canyons d'une longueur de 20 kilomètres dont le fonctionnement semble ancien, pléistocène voire pliocène. Ils se sont formés par érosion régressive jusqu'à un front de cimentation en haut de la pente supérieure. Ils sont sporadiquement alimentés par le phénomène de chasse tidale qui agit après le passage d'ouragans ou de cyclones.
- (4) Un système chenal-levée-lobe actif durant le maximum d'inondation du stade isotopique MIS 5e.
- (5) Des lobes de dépôts aux embouchures des canyons. Si le Canyon de Great Abaco, essentiellement boueux n'a développé qu'un petit lobe qui s'étend sur une vingtaine de kilomètres, le Canyon d'Exuma, plus bioclastique, a développé un corps lobé fonctionnant comme une levée qui s'étend sur environ 60 kilomètres.
- (6) Des instabilités qui affectent le haut de pente et qui alimentent les petits canyons (3) et les ravines (2). Des produits résultant de la déstabilisation des contourites du Blake Plateau sont particulièrement bien visibles sur le flanc nord du Canyon de Great Abaco.
- (7) Des Complexes de Transport en Masse (MTC) de plusieurs dizaines de kilomètres d'extension visibles par l'expression en surface de leur cicatrice de glissement. L'un affecte l'extrémité occidentale du Little Bahama Bank (LBB), un autre affecte le Great Bahama Bank (GBB). De nombreux glissements en masse sont visibles au pied du Blake Bahama Escarpement (BBE) et marquent probablement la fin de la mise en place de cet escarpement.
- (8) Des monts sous-marins, parfois emboîtés dans un *pockmark* et formés par les coraux d'eau froide. Ils se répartissent sur les points hauts, les bordures de chenal ou en amas isolés et sont alignés dans le sens des courants qui sont actifs sur le fond.
- (9) Des *pockmarks* visibles soit aux extrémités des MTC (LBB) associées à des monts carbonatés, soit à la base du *Blake Bahama Escarpement*, probablement en lien avec la circulation de fluides salins dans le réseau karstique.
- (10) Des corps contouritiques construits par des courants de surface ou profonds qui affectent le fond marin avec éventuellement un *moat* (drift du GBB) et des traces d'érosion. Des contourites plus anciennes sont déposées par la North Atlantic Deep Water sur le Blake Plateau. Enfin, un petit couple moat/drift et des *sediment waves* ont été mis en place par le Western Boundary UnderCurrent au pied du BBE.
- (11) Aux endroits où la sédimentation est plus faible, la surface d'érosion pléistocène affleure, en particulier au nord de la pente *leeward* du GBB et sur la pente *winward* du LBB. A proximité de la bordure de plateforme, elle est surmontée et comblée par le prisme progradant holocène. Ce prisme d'une épaisseur maximale de 35 m est alimenté par le *density cascading*.

Mots-Clés: Pente Carbonaté, Bahamas, turbidites, contourites

MORPHOLOGIE D'UNE PENTE CARBONATÉE ET MISE EN EVIDENCE DU CANYON LE PLUS PROFOND DU MONDE

Thierry Mulder ^{*1}, Stanislas Wilk ¹, Vincent Hanquiez ¹, Emmanuelle Ducassou ¹, Droxler André ², Faubert Léa ¹

¹ UMR 5805 Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (EPOC) – Université de Bordeaux (Bordeaux, France) – France

² Rice University [Houston] – États-Unis

*Intervenant - thierry.mulder@u-bordeaux.fr

Des données de bathymétrie multifaisceaux et d'imagerie acoustique permettent de décrire la morphologie d'un canyon de 250 km de long situé au SE du *Little Bahama Bank* (Bahamas) dans un environnement essentiellement dominé par la sédimentation carbonatée, le *Great Bahama Canyon* (GBC). Ce canyon est considéré comme le plus profond du monde avec un dénivelé de 4500 m. Comme tous les canyons géants des Bahamas, il est orienté parallèlement aux bordures de plate-formes. Il est probablement contrôlé structuralement par des failles profondes qui résultent du démantèlement du mégabanc des Bahamas. Il est alimenté par le chenal de *New Providence* et par *Tongue of the Ocean* (TOTO) qui confluent pour former une branche unique qui longe la partie orientale du *Little Bahama Bank* (*Main North Branch*). Il ne montre pas des chutes et des *plunge pools* gigantesques comme les autres canyons bahamiens (*Great* et *Little Abaco*, *Exuma*). Néanmoins, comme il est orienté parallèlement au *Blake Bahama Escarpment* (un escarpement d'environ 2000 m de hauteur qui marque la limite entre la croûte océanique et la croûte continentale), il montre une série de chutes et de *plunge pools* de taille plus modeste, et de *knickpoints* qui semblent correspondre à la confluence avec des tributaires. La présence de dépôts gravitaires carbonatés (écoulements concentrés et hyperconcentrés, turbidites) suggère que la fraîcheur du canyon est maintenue par l'activité des écoulements. Ses flancs, pentus, montrent de nombreuses traces de glissements et des ravines qui peuvent être une source d'apports latéraux. L'analyse des dépôts suggère une différenciation longitudinale et latérale des processus, notamment des débordements capables de construire des terrasses latérales interprétées comme des levées confinées. La transformation longitudinale se traduit par une évolution verticale des séquences. Les dépôts en masse identifiés à proximité de l'embouchure du canyon montrent des espèces de foraminifères vivant sur la plate-forme, cohérents avec une alimentation peu profonde, qu'elle soit longitudinale ou latérale. Cet export de sédiments produits sous faible tranche d'eau pourrait être lié au phénomène de " chasse tidale ". La présence conjointe de foraminifères et de bryozoaires vivant sur la pente suggère que les événements gravitaires sont érosifs. L'enrichissement en espèces vivant dans la colonne d'eau vers le haut des séquences (foraminifères planctoniques, ptéropodes, spicules d'éponges) suggère un mélange progressif des nuages turbiditiques avec la sédimentation hémipélagique. Ainsi, le GBC fonctionne plutôt comme un système chenal-levées confiné que comme un véritable canyon silicoclastique qui entaille une marge continentale. C'est d'ailleurs ce qui explique probablement son profil transversal en " V-tronqué ". En particulier, une levée confinée de grande taille est observée juste à la jonction des deux branches (*New Providence* et TOTO). C'est la première fois qu'une telle structure est observée dans un canyon carbonaté. Elle aurait pour origine l'expansion liée à la formation d'un ressaut hydraulique formé par le déconfinement des écoulements à cet endroit. L'alimentation du canyon s'effectue selon un modèle en " on/off ". Durant les périodes majeures de haut niveau marin relatif (MIS 5e), quand la plate-forme est totalement submergée et l'usine à carbonates très active, il y a production d'agrégats et d'intraclastes qui alimentent les écoulements très concentrés. Durant les hauts niveaux marins relatifs plus modestes (MIS 1), l'usine à carbonates produit essentiellement de la boue carbonatée qui alimente des turbidites de basse densité. Durant les périodes de bas niveau marin relatif, lorsque la plate-forme est émergée (MIS 2-4), seuls des glissements sporadiques et des blocs s'effondrant de la bordure de plate-forme alimentent le système. La sédimentation est alors dominée par les apports de boue terrigène silicoclastique apportée par les courants profonds qui se mélange avec la production pélagique carbonatée. Le GBC semble être une structure permanente depuis l'ennoiement de la plate-forme carbonatée au Crétacé et sa morphologie est comparable à celle des grands canyons silicoclastiques.

Mots-Clés: Canyon, pente carbonatée, levée confinée, chenal, turbidites

EVOLUTION DU CLIMAT AU COURS DU SINEMURIEN SUPERIEUR D'APRES LES DONNEES MINERALOGIQUES (ARGILES) ET GEOCHIMIQUES (ISOTOPES STABLES DU CARBONE). FORAGES DE MOCHRAS (BASSIN DE CARDIGAN BAY, PAYS DE GALLES) ET DE MONTCORNET (BASSIN DE PARIS)

Thomas Munier ^{*1,2}, Jean-François Deconinck ¹, Pierre Pellenard ¹,
Stephen Hesselbo ³, Jim Riding ⁴, Clemens Ullmann ³, Cédric Bougeault ¹, Mathilde Mercuzot ⁵, Philippe Landrein
⁶, Emilia Huret ⁶

¹ Biogéosciences [Dijon] – Université de Bourgogne, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6282 – France

² Institut des Sciences de la Terre de Paris – Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7193 – France

³ Camborne School of Mines University of Exeter – Royaume-Uni ⁴ British Geological Survey – Royaume-Uni

⁵ Géosciences Rennes – Université de Rennes I, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS : UMR6118 – France

⁶ Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs – Andra 92290 Châtenay-Malabry - France – France

*Intervenant - thierry.mulder@u-bordeaux.fr

Le Jurassique inférieur est une période de changements paléogéographiques majeurs marquée par la dislocation de la Pangée. Cette période de type " greenhouse " a cependant été interrompue par plusieurs intervalles plus froids (cold snaps), mais les informations climatiques en termes d'humidité/aridité restent limitées. L'objectif d'une analyse à haute résolution des variations minéralogiques des argiles du Sinémurien supérieur est de préciser l'évolution des conditions d'hydrolyse et climatiques au cours de cette période. Dans le forage de Mochras (Bassin de Cardigan Bay, Pays de Galles), le Sinémurien supérieur épais de 220 m est constitué de marnes bien datées par des ammonites permettant la reconnaissance des Zones à *obtusum*, *oxynotum* et *raricostatum*. Les assemblages argileux étudiés sur 140 échantillons sont constitués de chlorite, d'illite, d'interstratifiés illite/smectite de type R0 assimilables à des smectites et de kaolinite. La distribution stratigraphique a révélé une alternance d'intervalles riches en kaolinite traduisant des conditions de forte hydrolyse et d'intervalles riches en smectites, indiquant un climat semi-aride. Ce motif est identique à celui identifié dans le Pliensbachien sus-jacent (Deconinck *et al.*, 2009). La Zone à *oxynotum* en particulier, correspond à un intervalle particulièrement humide et plus chaud en accord avec les données palynologiques et géochimiques. Cet intervalle est également marqué par des excursions négatives du $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ et du $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$, pouvant confirmer un intervalle plus chaud bien que ces excursions puissent être exacerbées par la diagenèse. Dans le forage de Montcornet (Nord du Bassin de Paris), la succession stratigraphique est beaucoup moins épaisse (50 m environ) et la Zone à *oxynotum* n'a pas été reconnue. Les assemblages argileux du Sinémurien supérieur sont majoritairement constitués d'illite, de chlorite, de kaolinite et d'interstratifiés illite-smectite de type R1 sans fluctuations significatives le long de la colonne stratigraphique. Toutefois, on note un intervalle riche en smectites au voisinage du passage Sinémurien inférieur/Sinémurien supérieur. L'apport temporaire de smectite au passage Sinémurien inférieur/Sinémurien supérieur traduit une émergence du Massif Londres-Brabant consécutive à une régression ce qui confirme le contrôle eustatique de la sédimentation argileuse sur les bordures de cette masse continentale au cours du Jurassique (Hesselbo *et al.*, 2009, Bougeault *et al.*, 2017). Pour ce secteur la signature des argiles locale est contrôlée par les variations eustatiques de deuxième ordre. Pour les deux secteurs les mesures isotopiques du carbone de la matière organique - $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ - montrent une excursion négative au passage Sinémurien/Pliensbachien correspondant au SPBE (Sinemurian/Pliensbachian Boundary Event), excursion sans doute liée à un épisode volcanique tardif de la Central Atlantic Magmatic Province (CAMP). Le Sinémurien supérieur est ainsi marqué par deux événements climatiques et géodynamiques importants intervenant au cours de la Zone à *oxynotum* et au passage Sinémurien/Pliensbachien.

Références :

- Bougeault, C., Pellenard, P., Deconinck, J.F., Hesselbo, S.P., Dommergues, J.L., Bruneau, L., Cocquerez, T., Laffont, R., Huret, E., Thibault, N., 2017. Climatic and palaeoceanographic changes during the Pliensbachian (Early Jurassic) inferred from clay mineralogy and stable isotope (CO) geochemistry (NW Europe). *Global and Planetary Change* 149, 139-152.
- Deconinck, J.F., Hesselbo, S.P., Pellenard, P., 2019. Climatic and sea-level control of Jurassic (Pliensbachian) clay mineral sedimentation in the Cardigan Bay Basin, Llanbedr (Mochras Farm) borehole, Wales. *Sedimentology*.
- Hesselbo, S.P., Deconinck, J.F., Huggett, J.M., Morgans-Bell, H.S., 2009. Late Jurassic palaeoclimatic change from clay mineralogy and gamma-ray spectrometry of the Kimmeridge Clay, Dorset, UK. *Journal of the Geological Society* 166(6), 1123-1133.

Mots-Clés: paléoclimats, argile, isotopes du carbone, Sinémurien supérieur, Bassin de Paris, Mochras

ROLE DES ENVIRONNEMENTS DE DEPOT, DES PROCESSUS SEDIMENTAIRES ASSOCIES ET DE LA DIAGENESE SUR LA DISTRIBUTION DES RESERVOIRS, DEVONIEN, BASSIN DE REGGANE, ALGERIE

Geoffray Musial *¹, Stefan Doublet ¹

¹ Beicip-Franlab – Beicip Franlab – France

*Intervenant - geoffray.musial@beicip.com

Le bassin de Reggane est situé sur la plate-forme saharienne, au sud-ouest de l'Algérie. La production des ressources en gaz contenues dans les intervalles siliciclastiques du Dévonien Inférieur, unités Gedinniennes et Siegénien, est perturbée par de fortes hétérogénéités réservoirs.

Les analyses stratigraphiques, sédimentologiques, pétrographiques et diagénétiques effectuées sur des carottes et des lames minces ont mis en évidence plusieurs processus influant sur la qualité des réservoirs.

Les dépôts gedinniens se caractérisent par un système marin peu profond dominé par la marée, avec des replats supra à intertidaux, des chenaux et barres d'embouchures. Ces conditions environnementales restreintes ont par la suite évolué vers des milieux ouverts au cours du Siegénien avec un rivage côtier dominé par les vagues.

La plupart des dépôts gréseux présentent des grains de quartz bien arrondis, recouverts d'une cristallisation bien conservée de chlorite qui inhibe les surcroissances de quartz et préserve le réseau poreux. Cette caractéristique est reliée à des environnements de dépôt, processus, sources et conditions particulières.

La maturité et la source quartzitique, probablement éolienne, des sédiments sont soulignées par la rondeur des grains de quartz et la rareté des feldspaths. Les grains ont été transportés à travers des zones côtières où une forte activité microbienne s'est produite, comme en témoigne la présence d'ooïdes, d'oncoïdes et de tapis algaires. L'activité algale permet à l'argile de coller aux grains. Les processus de marée identifiés semblent aussi favoriser l'enrobage.

Du fer est également nécessaire dans le système pour transformer l'enrobage initial d'argile de type smectite en berthierine, puis en chlorite lors de l'enfouissement. Le Dévonien inférieur est caractérisé par des dépôts riches en fer, comme en témoigne les importantes couches de sidérite.

La préservation du revêtement de chlorite est aussi dépendante des processus hydrodynamiques des environnements de dépôt. Dans les dépôts côtiers soumis aux processus de houle, le revêtement initial est souvent endommagé et les surcroissances de quartz sont favorisées. Le même effet est observé dans plusieurs barres tidales distales où les actions des marées sont plus fortes. Les dépôts d'embouchure, caractérisés par de fort taux de sédimentation sans remaniement important, possèdent les enrobages de chlorite les mieux conservés.

Il a été établi que les bonnes propriétés initiales sont préservées par des enrobages de chlorite, mais aussi par les ciments carbonates précoces diminuant la perte de porosité lors de l'enfouissement. Cependant, la plupart des corps de réservoir initialement bons ont été par la suite altérés par des ciments tardifs de silice et de la calcite poikilotopique.

La forte teneur en quartz de ces intervalles favorise le développement de fluides riches en silice notamment par dissolution de quartz en contacts de grains, mais aussi par dissolution de feldspath et illitisation des argiles. Mais la cimentation tardive de calcite poikilotopique est celle qui dégrade principalement les propriétés du réservoir. Elle recouvre tous les autres ciments, corrode les grains de quartz et leurs revêtements chloriteux. Ses sources sont : (I) la chloritisation/illitisation et les recristallisations de bioclastes interformationnelle; et (II) des sources d'argile et de bioclastique extraformationnelles générant des fluides saturés pouvant circuler.

L'environnement de dépôt initial et les processus de sédimentation donnent un cadre initial de la distribution des propriétés réservoirs. Elles sont ensuite dégradées par une surimpression de ciments siliceux et calcitiques tardifs corrélés à l'enfouissement et à la distance avec des surfaces transgressives au contenu bioclastique élevées. La circulation des fluides se fait ensuite au travers de réseaux structuraux et de couches poro-perméables qui complexifient fortement la prédiction de leur distribution.

Mots-Clés: Dévonien, Bassin de Reggane, Réservoirs clastiques, Paragénèse

EVALUATION DU POTENTIEL GAZ OFFSHORE DU GOLFE DU LION ET DU BASSIN LIGURO-PROVENÇAL

Geoffray Musial *¹, Lucien Montadert ¹, Frederic Schneider ¹

¹ Beicip-Franlab – Beicip Franlab – France

*Intervenant - geoffray.musial@beicip.com

L'objectif de cette étude est de déterminer et de caractériser le potentiel gazier du Golfe du Lion et du bassin Liguro-Provençal, situés en Méditerranée occidentale, au large de la côte sud de la France.

La première partie de l'étude est consacrée à l'inventaire des données régionales disponibles et à la synthèse bibliographique qui permet de construire un cadre structurel, stratigraphique et sédimentologique solide. L'architecture de ce bassin résulte d'une structuration pré-rift, syn-rift et post-rift.

Compte tenu de ce paramètre, une évaluation des systèmes pétroliers et des roches mères est ensuite entreprise sur la base de données terrestres provenant de bassins environnants situés dans le sud-est de la France et de la Sardaigne, ainsi que du puits offshore GLP-2.

La deuxième partie de l'étude concerne l'interprétation géologique d'une lignée sismique 2D NO-SE traversant le puits GLP-2. Les résultats de cette interprétation (surfaces, timing, lithologie, bathymétrie et contexte de dépôt) sont ensuite numérisés et analysés dans un modèle de bassin en 2D.

La dernière partie de l'étude consiste à évaluer plusieurs zones potentielles dans la zone d'étude, sur la base d'une modélisation de bassin Temis 2D©. Le modèle fournit l'historique thermique, la maturation et l'expulsion des roches mères, ainsi que la migration et le piégeage des hydrocarbures.

L'ensemble présente un potentiel pétrolier avec deux roches mères biogéniques possibles (Miocène moyen-supérieur et Pliocène) et trois roches mères thermogéniques probables (Oligocène, Aquitanien et base de Messinien).

Trois principales couvertures sont reconnues dans la région : les cortèges transgressifs régionaux (burdigalien et pliocène), les unités évaporitiques (messinien) et les argiles hémipélagiques intercalées.

Des zones d'accumulation possible d'hydrocarbures (plays) sont alors identifiées dans le syn-rift oligo-aquitainien, les turbidites miocènes, les dépôts clastiques tortoniens et messéniens et le fan Plio-Quaternaire du delta du Rhône.

Mots-Clés: Golfe du Lion, Modélisation de bassin, Zones prospectives

PREDICTION DES ECOULEMENTS VOLCANIQUES ET DES RESEAUX FLUVIATILES TRIASIQUES EN INTEGRANT LES INTERPRETATIONS TECTONO-SEDIMENTAIRES ET LA CARACTERISATION SISMIQUE, NORD-EST D'HASSI MESSAOUD, ALGERIE

Geoffray Musial ^{*1}, Thibaud Pichot ¹, Olivier Vidal ¹

¹ Beicip-Franlab – Beicip Franlab – France

^{*}Intervenant - geoffray.musial@beicip.com

L'étude porte sur les réservoirs triasiques au nord-est du champ Hassi Messaoud, dans l'erg oriental du Sahara algérien. Les investigations menées lors des phases d'exploration et les résultats de production réalisés dans cette zone montrent que les accumulations d'hydrocarbures sont situées des réservoirs sableux fortement affectés par des hétérogénéités des réservoirs. Cette caractéristique doit être prise en compte afin de mieux estimer les réserves et d'améliorer la stratégie d'implantation de forage dans la région.

La nature lithologique et la morphologie de ces dépôts fluviaux contrôlés par un réseau structural polyphasé complexe et un volcanisme important expliquent les problèmes de prédiction et de production de ces réservoirs. Une étude intégrée basée sur la sédimentologie, l'interprétation structurale, les électrofaciès et la caractérisation sismique a été réalisée sur cet intervalle pour réduire ces difficultés.

Les unités triasiques argilo-gréseuses de la zone d'étude sont divisées par corrélations stratigraphiques en Série Inférieure et Série Supérieure.

Les descriptions carotte mettent en évidence que la Série Inférieure du Trias se caractérise par des dépôts gréseux parfois microconglomératiques, de type chenaux amalgamés, en onlap sur un paléo-relief Paléozoïque résiduel de la pénéplanation post-Hercynienne. La Série Supérieure est composée de chenaux gréseux bien individualisés, de type méandrique, dans les argiles de plaine d'inondation. On retrouve aussi des dépôts volcaniques parfois très épais.

Les interprétations tectono-stratigraphiques suggèrent que les dépôts de la Série Inférieure sont caractérisés par un espace d'accommodation faible post-pénéplanation ce qui génère des réseaux fluviaux chenalisés amalgamés latéralement sur de grandes distances de type semelle sableuse. L'activation des failles normales lors du rifting triasique, générant un épanchement volcanique important dans la région, s'accompagne d'une augmentation importante de l'espace d'accommodation. C'est dans ce contexte que se développe des réseaux fluviaux aggradants et principalement méandriques dans la Série Supérieure.

L'interprétation sismique a mis en évidence des géométries sphériques présentes à proximité des failles triasiques pouvant représenter les vestiges de cônes volcaniques confortant l'interprétation sédimentologique. Ces observations sont comparées au mode de mise en place des coulées volcaniques dans la région du Rift Est Africain.

Une étude de caractérisation sismique a été réalisée avec Interwell© sur les résultats d'une inversion sismique pré-stack et les données logs. Des faciès sismiques 3D cohérents avec ces électrofaciès, la description de carotte et l'analyse des données dynamiques, ont été générés afin d'étudier la distribution latérale et verticale des objets étudiés.

La génération de carte de présence de faciès a permis d'établir des liens entre caractérisation sismique et sédimentologie et ainsi de contraindre la génération des cartes d'environnement de dépôts intégrés des dépôts triasiques.

Mots-Clés: Fluvial, Volcanisme, Environnement de dépôt, Trias, Algérie

DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE ET PALEOENVIRONNEMENTS DE LA FORMATION D'AGE CRETACE SUPERIEUR DU BASSIN TARFAYA-LAAYOUNE-DAKHLA : IMPLICATION A LA PHOSPHATOGENESE

Mohamed Amine Nguidi ^{*1}, Amie Bouwafoud ¹, Salem El Ouariti ¹, Mustapha Mouflih ¹, Abdelmajid Benbouziane ¹, Hanane El Boukhari ¹, Essaid Jourani ²

¹ Laboratoire de Dynamique des Bassins Sédimentaires et Corrélations Géologiques, Faculté des Sciences Ben M'sik, Université Hassan II de Casablanca – Maroc

² Direction de Géologie Département de Développement Industriel OCP s.a, 2, rue Al Abtal Hay Erraha, 20200, Casablanca – Maroc

*Intervenant - nguidiamined@gmail.com

Le bassin de Tarfaya Laâyoune Dakhla, situé au Sud du Maroc, est un bassin côtier orienté NE-SO à remplissage sédimentaire augmentant d'est en ouest. Il comporte plusieurs formations non déformées du Jurassique au Quaternaire, en structure monoclinale légèrement inclinée vers l'Ouest.

L'objectif de ce travail est d'élucider la dynamique sédimentaire et les paléoenvironnements qui ont précédés l'apparition de la formation phosphatée dans ce bassin. L'approche appliquée est multidisciplinaire, elle comprend une étude sédimentologique, minéralogique, géochimique et palynologique des cortèges bitumineux qui constituent l'assise de la phosphatogenèse.

Les résultats démontrent la présence de deux formations bitumineuses : la formation de Tarfaya d'âge albo-cénomanién datée par les palynomorphes et la formation Saquia El Hamra que nous avons attribué au Maastrichtien.

Les faciès bitumineux de la formation de Tarfaya sont représentés la base par un terme d'argile noirâtre, huileuse très riche en matière organique dont le TOC est en moyenne de 22%. Sur le plan minéralogique, ces faciès bitumineux sont composés essentiellement de quartz, de calcite et d'un cortège argileux et phylliteux dominé par la kaolinite, l'illite et des traces de muscovite. Le paléoenvironnement de cette première formation a été appréhendé grâce aux différents constituants des palynofaciès, la forte proportion des spores et pollens par rapport aux kystes de dinoflagellés traduit un milieu proximal à forte influence continentale.

Les faciès bitumineux de la formation Saquia El Hamra montrent une similarité minéralogique avec ceux de la première formation et montrent des phases minérales, dominées par le quartz, les minéraux argileux (montmorillonite, illite...) et se caractérisent par une phase mineure apatitique. La matière organique est immature, sa composition est dominée par les amines primaires, les amines secondaires, les groupes alkyles, les amides et les éthers. Avec le temps, cette composition se caractérise par des changements peu significatifs des groupes amines, alkyls et amides, mais des changements très marqués des groupes éthers et alcools. Ces changements sont probablement liés à la variation du potentiel redox et/ou aux changements du pH du paléoenvironnement. Ces formations bitumineuses sont associées à un milieu marin subsident anoxique ; ce dernier évolue vers un autre milieu plus ouvert et à oxydation ménagée favorable à la phosphatogenèse et l'apparition de niveaux phosphatés d'intérêt économique.

Mots-Clés: Phosphates, Sédimentologie, Minéralogie, Phosphatogenèse, Maastrichtien, Tarfaya Laayoune Dakhla Basin (TDLB).

SEISMIC CHARACTERISTICS AND PROCESSES OF THE MIGRATING CHANNELS AND CONTOURITES IN THE JURASSIC SEDIMENTS OF THE EASTERN KOPET DAGH, NE IRAN

Rooholah Noemani Rad *¹, Christian Gorini ¹, Gemma Ercilla ², Damien Do Couto ¹

¹ Sorbonne Université-Institut des Sciences de la Terre UMR 7193, Paris (France) – Sorbonne Universités, UPMC, CNRS – France

² Institute of Marine Sciences / Institut de Ciències del Mar [Barcelona] (ICM) – Passeig Marítim de la Barceloneta 37-49 Barcelona 08003, Espagne

*Intervenant - rooholah.noemani_rad@sorbonne-universite.fr

Kopet Dagh inverted basin, along the Iran-Turkmenistan border, is located between the Amu Darya and Central Iranian basins. This basin was formed after Late Triassic Eo-Cimmerian collision on the southern margin of the Turan Platform along the Palaeotethys suture zone. In Toarcian, a widespread post-orogenic extensional event occurred and created depocenters in the region fed by the Early-Middle Jurassic continental siliciclastic originated from the erosion of high relief in the area.

In Eastern Kopet Dagh, based on the surface data, the Early Jurassic sediments are missing and sedimentation started in Bajocian, with a transgressive conglomerate following the Mid-Cimmerian event. The deposition continued in a focused crustal extensional regime led to the development of Kopet Dagh as the eastern extension of the South Caspian Basin. It is characterized by the sedimentation of deltaic and marine siliciclastics of Kashafrud Formation in Eastern Kopet Dagh and Bash Kalateh Formation in the Western Kopet Dagh.

Based on the subsurface data acquired over Eastern Kopet Dagh, the marine siliciclastics have been deposited on top of a tilted-block system forming a narrow strait bounded with the continental margin in the study area. Investigations have further shown several erosional surfaces inside the marine deposits. A main unconformity has been identified which may refer to the Mid-Cimmerian event. It is separating the Kashafrud Formation from the underlying marine sediments. In some parts of the study area, the sediments were filling the basin with the characteristics of non-marine onlaps.

Recent geological surveys on the outcrops have suggested that high sedimentation rate of the syn-rift Kashafrud Formation has been controlled by turbiditic processes and active tectonic setting of the region. However, in this study, the integration of seismic facies analysis and well data indicated that the sediments might also have been affected by the alongslope bottom (contour) currents at several deeper levels below the Mid-Cimmerian unconformity.

In order to check for possible proofs of the contourite features in the lower part of the marine siliciclastics, several basic characteristics were examined by seismic features. Our findings indicated that, being lenticular, convex-upward and generally elongated parallel to the continental margin, the contourite accumulations would be characterized by moat-drift systems whose strata pattern reflects an upslope migration, onlapping the sidewalls of a small tectonically active basin. In terms of dimension, the mapped asymmetric moats were found to be larger than average turbidite channel-levees systems which exhibit downslope elongation. The presence of the moat features in both sides suggests the topography of the tectonic basin favoured the water mass confinement with local flow accelerations along the flanks of the basin. The confined drift and associated erosive features show vertical changes in their acoustic facies and strata pattern probably related to changes in the confined character of the basin and in the energy of the constrained water mass.

Providing further information for reconstructing the sedimentary basin, these interpretations contributed to the exploration of a new potential hydrocarbon system in the syn-rifting deposits in Kopet Dagh Basin.

Mots-Clés: Kopet Dagh, Jurassic, Contourites, confined drift

EVOLUTION DU SYSTEME FLUVIO-LACUSTRE QUATERNAIRE (CA. 75 - 10 KYR) DE LA FEIJA D'AGADIR TISSINT (ANTI-ATLAS, MAROC) : DYNAMIQUES SEDIMENTAIRES ET IMPLICATIONS PALEOCLIMATIQUES

Alexis Nutz ^{*1}, Ola Kwiecien ², Sebastian Breitenbach ², Yanjun Cai ³, Jan Danisch ⁴, Lahcen Kabiri ⁵, Della Porta Giovanna Paola ⁶, Stéphane Bodin ⁴

¹ Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement – Centre National de la Recherche

² Ruhr-Universität Bochum, Institute for Geology, Mineralogy and Geophysics (RUB) – Allemagne

³ State Key Lab of Loess and Quaternary Geology, Institute of Earth Environment, Chinese Academy of Sciences, Xi'an, China – Chine

⁴ Department of Geoscience [Aarhus] – Danemark

⁵ Département de Géologie, Faculty of Science and Technology of Errachidia (FSTE), Université Moulay Ismail (UMI) – Boutalamine 52000 Errachidia, Maroc

⁶ Milan University, Earth Sciences Department – via Mangiagalli 34, 20133, Milan, Italie

*Intervenant - nutz@cerege.fr

L'Afrique du Nord-Ouest est une région climatique complexe soumise à l'effet des masses d'air atlantique, saharienne et méditerranéenne. Pour l'instant, aucune archive continentale n'a été identifiée pour investiguer les interactions entre ces masses d'air sur la période de temps pré-holocène. Cependant, entre le versant sud de l'Anti-Atlas du Maroc et l'escarpement du Jbel Bani qui marque la bordure nord du Sahara, plusieurs plaines larges de 1 à 15 km localement appelées "Feijas" sont observées. Bien que les sédiments quaternaires emplissant ces dépocentres avaient déjà été identifiés (Dijon, 1976; Andres, 1977), aucune analyse systématique n'avait été effectuée et leur potentiel était inconnu. Dans le cadre de ce travail, de nouvelles investigations de terrain combinées à de nouvelles datations absolues ont révélé que les "Feijas" constituaient d'importants dépocentres à la fin du Quaternaire. Dans la Feija d'Agadir Tissint, la succession sédimentaire comprend entre 16 et 27 m de sédiments, déposés entre ca. 75 et 10 kyr BP. A partir d'analyses sédimentologique et séquentielle détaillées, de nouvelles datations absolues (OSL et U/Th) et de la caractérisation de la minéralogie des argiles, nous avons reconstitué à l'échelle du dépocentre les dynamiques sédimentaires qui sont à l'origine de ce remplissage. Ces dynamiques seront exposées au cours de cette présentation.

Deux unités sont identifiées à l'échelle du dépocentre. L'unité inférieure mesure entre 11 à 12 m d'épaisseur, elle consiste en une succession de dépôt lacustre/palustre qui prouve l'existence d'un paléolac maintenant mentionné comme le "paléolac Tissint". Dans cette unité inférieure, deux séquences asymétriques successives composées de dépôts lacustres séparés par des dépôts de palustres sont identifiées. Au-dessus, l'unité supérieure mesure entre 5 et 15 m d'épaisseur, elle est constituée de dépôts de plaines d'inondation latéralement associées avec plusieurs chenaux fluviaux.

En l'absence d'autres archives sédimentaires dans la région, les origines de l'apparition et des fluctuations du paléolac Tissint présentent un intérêt tout particulier pour l'identification des mécanismes climatiques qui conduisent à des alternances entre périodes humides et sèches en Afrique du Nord-Ouest. Cette contribution souligne aussi la pertinence des Feijas comme exemples de systèmes lacustres intramontagneux en contexte aride.

Mots-Clés: Anti, Atlas, Intramontagneux, Maroc, Paléolac, Pleistocène, Tuf calcaire

CARACTERISATION D'UN MICRO-BASSIN " EARLY SYN-RIFT " DANS LA DEPRESSION DU TURKANA (RIFT EST-AFRICAIN) : IMPLICATIONS POUR LES MODELES D'INITIATION DE L'OUVERTURE

Alexis Nutz ^{*1}, Théa Ragon ², Mathieu Schuster ³, Jean-François Ghienne ³, Gilles Ruffet ⁴, Jean-Loup Rubino ⁵

¹ Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement – Centre National de la Recherche

² Géoazur, Université Côte d'Azur, CNRS, Observatoire de la Côte d'Azur, IRD, Valbonne, France – Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

³ Institut de Physique du Globe de Strasbourg (IPGS), Université de Strasbourg, EOST, Strasbourg, France – Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS – France

⁴ Géosciences Rennes, Université Rennes 1, CNRS, Rennes, France – université Rennes 1 – France

⁵ Total S.A., CSTJF, Pau, France – TOTAL, CSTJF, Pau – France

*Intervenant - nutz@cerege.fr

L'évolution tectono-sédimentaire associée aux premières phases du rifting continental reste peu documentée principalement parce que la plupart des dépôts associés se situent dans les parties les plus profondes des remplissages syn-rifts et n'affleurent donc que très rarement à la surface. En conséquence, le mode précis de création des dépocentres lors de l'initiation du rifting continental et la nature de leur remplissage sédimentaire n'ont été que rarement observés et documentés directement.

Cependant, deux bassins sédimentaires ont été récemment identifiés sur l'épaule ouest du " *North Lake Basin* ", dans la partie nord de la Dépression du Turkana (EARS, Kenya). Un de ces bassins, le bassin Ekitale a été étudié en détail (Ragon et al. 2018). Il correspond à un bassin de taille réduite (3 à 5 km), comblé par les sédiments oligocènes (28 à 25.5 Ma) de la Formation Topernawi. Ce bassin est bordé par des failles normales à 40-50° attribuées à la réactivation de structures héritées du socle (i.e., Kataboi Fault Zone ; Vétel, 2005). La Formation Topernawi est dominée par des dépôts lacustres et volcano-sédimentaires. La partie inférieure enregistre l'évolution d'un lac bordé d'éventails alluviaux et soumis de manière récurrente à la mise en place de dépôts turbiditiques. La sédimentation dans la partie supérieure est dominée par les dépôts pyroclastiques, retravaillés à maintes reprises par les processus fluviaux pendant les périodes séparant deux événements volcaniques. À partir 25.5 Ma, le bassin Ekitale a cessé de fonctionner. Il a ensuite été inversé à partir de 14 Ma en raison de l'ouverture du " *North Lake Basin* " et de l'activation de sa faille bordière orientée N-S à l'origine de la configuration actuelle des bassins. Le bassin Ekitale est interprété comme un micro-bassin primitif associé à la phase EARS 1 (*sensu* McGregor, 2015) du rifting cénozoïque pendant laquelle la faible contrainte différentielle et le faible taux d'extension n'ont pas permis de créer de structures extensives nouvelles dans cette région, mais ont plutôt favorisé la réactivation de structures héritées non-optimales. Plus généralement, nous proposons que le développement de micro-bassins de ce type reflète le stade initial de la rupture superficielle au cours du rifting continental, entre une période pré-rift sans contrainte et une période syn-rift pendant laquelle la contrainte différentielle est forte à l'origine de l'orientation des bassins sur un axe préférentiel.

Dans cette contribution, le bassin Ekitale et la Formation Topernawi sont illustrés en détail. Un modèle d'évolution tectono-sédimentaire du bassin Ekitale est présenté et intégré dans l'histoire du rifting cénozoïque de la dépression Nord du Turkana.

Référence :

Ragon T., Nutz A., Schuster M., Ghienne J-F., Ruffet G., and Rubino, J-L. 2018, Evolution of the northern Turkana Depression (East African Rift System, Kenya) during the Cenozoic rifting: new insights from the Ekitale Basin (28-25.5 Ma), *Geological Journal*, doi.org/10.1002/gj.3339

Mots-Clés: Rift Est Africain, rift continental, Initiation de l'ouverture, Oligocene

SEDIMENTOLOGIE DE FACIES ET PALEO-ENVIRONNEMENTS DANS LA SERIE SYN-RIFT TRIASIQUE DE LA BOUTONNIERE D'IMINI, HAUT ATLAS DE MARRAKECH, MAROC

Soukaina Obad ^{1,2}, Rachid Essamoud ^{*1,2}, Abdelkrim Afenar

¹ Laboratoire de dynamique des bassins sédimentaires et corrélations géologique (LDBSCG) – Maroc

² Université Hassan II de Casablanca. Faculté des Sciences Ben M'sik – Maroc

*Intervenant - r.essamoud@gmail.com

La boutonnière d'Imini est située à environ 80 km au nord d'Ouarzazate. Elle appartient à la zone subatlasique méridionale du Haut-Atlas de Marrakech. C'est un bassin de type rift dont l'ouverture est initiée par la réactivation de structures préexistantes dans le socle. Il est caractérisé par une série triasique formée par une dominance de faciès détritiques, avec une intercalation de niveaux d'évaporites puis des laves basaltiques vers le sommet de la série. Elle repose en discordance angulaire sur le socle cambro-ordovicien schisteux.

La série synrift triasique dans cette zone est subdivisée en 2 groupes (Timenkar et Rojdamas). L'étude sédimentologique détaillée a permis la caractérisation de quatre formations dans lesquelles treize types de faciès ont été identifiés, incluant des faciès conglomératique, gréseux, argilo-silteux et également évaporitiques :

- **Formation Timalizène (Anisien)**: Elle marque la base du Groupe de Timenkar. Elle est épaisse d'une vingtaine de mètres, constituée d'une succession de conglomérats rouges à éléments centimétriques, mal organisés dans la partie inférieure, surmontés par des bancs en litage oblique en auge, puis des litages horizontaux avec des éléments imbriqués ou des litages obliques plans. Ces conglomérats sont surmontés par des grès grossiers à litage oblique plan et litage horizontal, ainsi que des fentes de dessiccation et des terriers au sommet. Ces faciès correspondent respectivement à : des dépôts par gravité (debris flows) dans des cônes alluviaux, des dépôts de chenaux, des dépôts de barres longitudinales, de barres transversales. Les **encroûtements carbonatés** sont présents essentiellement dans les niveaux conglomératiques et témoignent d'une épigénèse carbonatée. Les séquences ont une épaisseur de plusieurs mètres et sont toutes strato- et grano-décroissantes. Cette formation est typiquement continentale et montre l'installation d'un cône alluvial puis système en tresse proximal.

- **Formation gréso-argileuse (Anisien)** : Epaisse d'environ trente mètres, composée de grès chenalisés recouverts de siltites et d'argiles rouges laminées horizontalement avec des fentes de dessiccation au sommet. C'est un dépôt par accrétion verticale dans une plaine d'inondation ou dans un lac. Ces dépôts fins reçoivent temporairement des apports sableux au moment des phases brutales des crues. Le sommet de la formation se caractérise par l'apparition de niveaux stromatolitiques témoins d'épigénèse algaire dans une plaine d'inondation. Les séquences sont plurimétriques, strato et grano-décroissantes. Cette formation reflète le dépôt dans un système fluvial distal.

- **Formation d'Ighil, gréseuse (Carnien)** :

Epaisse de près de vingt mètres, est gréseuse où le litage horizontal avec les linéations de délit sont témoins de la dominance d'un courant de haut régime. Ces faciès correspondent à des dépôts de sand flats fréquents dans les systèmes fluviaux sableux. Cette formation est l'équivalent de la "formation de Grès de l'Oukaimeden" dans la partie nord du Haut-Atlas.

- **Formation des siltites argileuses supérieures (Norien-Rhetien)** :

Epaisse d'une centaine de mètres. Elle marque la base du Groupe des Rojdamas Elle est gréseuse à la base avec des dépôts fluviaux et des dépôts éoliens métriques en alternance, et silteuse à argileuse au sommet avec une cyclicité des dépôts. Elle se caractérise par la présence d'évaporites sous forme de gypse fibreux et stratifié. Les séquences sont métriques, strato et grano-décroissantes. La présence du gypse est le témoin d'un confinement dans des playas.

Dans le bassin d'Imini, les formations triasiques correspondent donc à des dépôts continentaux à la base qui ont été réalisés par des décharges parfois brutales sur un substratum paléozoïque où subsistaient encore des reliefs, puis par des courants plus réguliers et des dépôts cycliques, dans un environnement de playa-lake, sous un climat relativement chaud et humide.

Mots-Clés: Sédimentologie, faciès, Trias, Synrift, Haut, Atlas, Maroc

STRATIGRAPHIC MODELLING OF THE IMPACT OF TIDAL AND MARINE CURRENTS. APPLICATION TO BREST BAY

Matthieu Olivier ^{*1,2}, Estelle Leroux ¹, Didier Granjeon ², Marina Rabineau ³, Héloïse Muller ⁴, Pierre Le Hir ⁴,
Gwenael Jouet ¹, Nicolas Le Dantec ^{5,6}

¹ Unité de recherche Géosciences Marines (Ifremer) *Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer*

² IFP Energies nouvelles

³ Géosciences Océan, UMR 6538, Brest *CNRS : UMR6538 Technopôle Brest-Iroise, Place Copernic, 29280 Plouzané - France*

⁴ Dynamique Hydro-sédimentaire *Institut français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer*

⁵ Cerema, Direction Eau Mer et Fleuves *Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie 134 rue de Beauvais, 60280 Margny Lès Compiègne - France*

⁶ Université de Bretagne Occidentale

*Intervenant - molivier@ifremer.fr

Numerical modelling is very useful and often used in geology, especially to test hypotheses and concepts. Models dedicated to sediment dynamic (sediment erosion/transport/deposition) can be divided in two main types: (i) some, the hydro-sedimentary-models, are directly dedicated to the representation of processes using realistic Navier Stokes hydrodynamic laws, whereas (ii) others, the stratigraphic models, are based on the hypothesis of equilibrium using diffusive, semi-empirical laws corresponding to a synthetic view of the reality. The former ones, are able to reproduce processes with a great degree of details, the latter, distributes sediments in function of accommodation space. These two kinds of simulation induced a big difference in their objectives, and application domains: over small space and time scales, but with high resolution, for hydrodynamic models (from second or daily time-step over several decades time scale) and over large space and time scales for stratigraphic models (tens of thousands of years to Millions years at basin scale). Nowadays there is a need to simulate finer processes over longer time scales or affine processes over more resolved time scales. The problem of this up- or down- scaling is thus one of the biggest issues for modelling. For example, there is still a lack in stratigraphic modelling that does not take into account the influence of most hydrodynamics processes. The purpose of this work is to try to take advantage of the two kinds of models and use them in a combined approach in order to represent the Holocene sedimentary dynamic in the Bay of Brest, focusing in particular on the tide processes and impacts. The first step of this combined approach consists to use the hydro-sedimentary Mars3D-MUSTANG model (© IFREMER) to better understand the impact of tides on the sediment distribution and that in function of various morpho-bathymetric conditions corresponding to specific (but real) paleo-reconstructions of the study area. In these different cases, can we decipher which parameter(s) has the stronger influence on sediment dispersal and can we quantify this impact? The second step will consist to find a way to represent this influence at longer term (time step of 1 kyr over time-scale of several millennium) in order to be able to implement it in a stratigraphic-type model. This will require to define the best physical parameters allowing the simulation of the most important processes that imprint the geological record, and to construct mathematical laws to model this impact (that could be used in DionisosFlow, IFPEN stratigraphic model). The geological evolution of the Bay of Brest over the Holocene (last 10 000 years) has been synthetized to define a strategy for hydro-sedimentary simulations. Based on previous works (seismic stratigraphy and cores analyses), three remarkable periods that represent distinct sediment dynamics were defined, and the associated geological contexts were rebuilt accordingly (paleo-bathymetric maps, thickness map of deposits, sea-level variations ...). First simulations using Mars3D-MUSTANG were run, testing the influence of these paleo-contexts on hydro- and sediment- dynamics. These will be discussed here. The ongoing development of this work should hopefully provide a better understanding of how hydrodynamic processes affect the equilibrium between sediment supply and space of accommodation, and should partly reduce the gap between hydro-sedimentologic and stratigraphic modellings.

Mots-Clés : Modelling ; Sediment dynamic ; Hydrodynamic ; Temporal scale issues

EVOLUTION POST-OROGENIQUE ET ROUTAGE SEDIMENTAIRE DES BASSINS D'AVANT-PAYS NORD-PYRENEENS

Alexandre Ortiz ^{*1}, François Guillocheau ¹, Eric Lasseur ², Cécile Robin ¹, Justine Briais ², Charlotte Fillon ³

¹ Géosciences Rennes (GR) – Université de Rennes 1, Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes

² Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – France

³ TOTAL-Scientific and Technical Center Jean Féger (CSTJF) – TOTAL – France

*Intervenant - alex.ortiz@hotmail.fr

Le bassin d'Aquitaine rentre en compression à partir du Crétacé terminal et devient le rétro-avant-pays de la chaîne Pyrénéenne. De nombreuses études se sont focalisées sur la phase paroxysmale – " syn-orogénique " - de l'activité de ce bassin d'avant-pays durant le Paléogène. Cependant peu d'études ont essayé de comprendre la phase post-orogénique : le remplissage " molassique " du bassin. D'une manière générale, peu d'études ont été consacrées à l'évolution tardi- à post-orogénique des bassins d'avant-pays, leur subsidence, topographie, etc.. L'objectif de cette étude est d'étudier l'évolution couplée du bassin d'Aquitaine et du bassin profond du Golfe de Gascogne, exutoire ultime des produits de l'érosion pyrénéenne. Cette étude cherche à comprendre (1) l'évolution du routage des sédiments, (2) leur préservation différentielle entre la plate-forme et le bassin profond au travers d'une étude stratigraphique et " source-to-sink " et (3) le rôle d'un massif non-orogénique, le Massif central dans l'alimentation de ce système. Cette étude est fondée sur une reconstitution 3D des milieux de dépôts et des épaisseurs en utilisant la sédimentologie de faciès et la stratigraphie séquentielle à partir de puits et de lignes de sismique réflexion. Nous avons porté un soin particulier aux datations en combinant biostratigraphie, orbitostratigraphie et sismique stratigraphie en utilisant les courbes de solutions orbitales long-terme de Laskar et al. (2004, 2011). Quatre séquences de 2^{ème} ordre ont été caractérisées de la partie amont (Lannemezan) jusqu'à la rupture de pente du plateau continental Aquitain : (1) Yprésien supérieur – Priabonien basal, de 49.7 Ma à 37.6 Ma, (2) Priabonien basal - Chattien, de 37.6 Ma à 26.9 Ma, (3) Chattien - Tortonien basal, de 26.9 Ma à 10.3 Ma et (4) Tortonien basal Actuel, depuis 10.3 Ma. Ces séquences ont toutes à leur base une discordance majeure (SB) d'origine tectonique directement corrélée aux périodes de déformation pyrénéennes. Elles sont marquées par la présence de prismes de régression forcée et d'importantes troncatures (avec d'importants hiatus). Celles-ci sont à mettre en relation avec les différents événements tectoniques pyrénéens. L'évolution du routage des sédiments est fondée (1) sur des coupes régionales et (2) des cartes d'épaisseurs de sédiment et de faciès dans les deux bassins d'avant-pays nord-pyrénéens. Celles-ci montrent une évolution du routage en trois périodes distinctes.

[•] La première, entre la base du Tertiaire (66 Ma) et la discordance chattienne (25.0 Ma) montre une accumulation (aggradation) de sédiments dans le foredeep aquitain avec très peu d'exports du bassin d'Aquitaine vers la plaine abyssale du Golfe de Gascogne. [•] La deuxième, entre la discordance chattienne (25 Ma) et la discordance base tortonienne (10.3 Ma) est contemporaine de la mise place des deux canyons (Cap Ferret et Cap breton) avec les premiers dépôts turbiditiques dans le Golfe de Gascogne. Le système en progradation évolue depuis une aggradation bien marquée à une progradation-aggradation. [•] La troisième entre la discordance tortonienne (10.3 Ma) et l'Actuel est caractérisé par le " by-pass " généralisé du bassin d'Aquitaine et la mise en place du système turbiditique actuel.

- La quantification des volumes terrigènes sédimentés (décompactés) montre un volume globalement faible dans le Golfe de Gascogne au cours du Tertiaire (66 000 km³). Une augmentation des flux est observée, corrélée avec le routage décrit auparavant, avec une augmentation significative au cours du Plio-Pleistocène due à la mise en place des cycles glaciaires actuelles.
- Un modèle général du routage sédimentaire et de la préservation des sédiments dans les bassins d'avants-pays en phase post-orogénique, est proposé.

Ce travail a été financé par le BRGM-TOTAL dans le cadre du projet Source-to-Sink.

Mots-Clés: aquitaine, golfe de gascogne, routage, post, orogénique

ARCHITECTURE SEDIMENTAIRE DE LA FLECHE DE GALETS DE LA MOLLIERE (BAIE DE SOMME) : UNE ETUDE PAR PROSPECTION GEORADAR

Léo Pancrazzi ^{*1}, Pierre Weill ¹, Bernadette Tessier ¹, Laurent Benoît ¹, Sophie Le Bot ¹

¹ Morphodynamique Continentale et Côtière – Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS – France

^{*}Intervenant - leo.pancrazzi@unicaen.fr

L'intérêt porté aux barrières littorales est étroitement lié à la forte pression anthropique exercée sur les milieux côtiers. Néanmoins, la compréhension de la morphodynamique de ces objets, et de son archivage dans l'architecture des corps sédimentaires recèle encore de nombreuses incertitudes. Les flèches sédimentaires se prêtent particulièrement bien à cette analyse en raison d'un fort potentiel de préservation lié à leur élongation rapide sous l'action de la dérive littorale. Si de nombreux travaux se sont penchés sur la question des flèches sableuses, il n'en est pas de même pour leurs équivalents graveleux. Pourtant, ces barrières littorales grossières sont souvent le résultat d'un équilibre fragile, en raison d'une source de sédiment moins abondante.

Cette étude se focalise sur la caractérisation de l'architecture sédimentaire d'une flèche littorale de galets, en relation avec son évolution morphologique pluri-décennale. Pour se faire, une prospection géophysique au géoradar (GPR GSSI à 400 MHz) a été menée sur la flèche de La Mollière, qui s'intègre dans la grande barrière de la rive sud de la Baie de Somme. Ce corps sédimentaire unique en France métropolitaine, et dont l'histoire débute dans les années 1950, s'est montré propice à une approche morpho-stratigraphique. La flèche s'étend sur environ 5 km et est constituée d'une multitude de cordons et de crochons. Elle est alimentée par une dérive littorale sud-nord permettant le transport des galets de silex sur une distance de presque 16 km depuis les falaises de craie *crétacée*.

Les résultats permettent de proposer une ébauche de modèle synthétique de dépôt et d'architecture stratigraphique spécifique aux flèches de galets. L'interprétation des données radar rend possible la distinction entre des phases de construction cross-shore (géométries progradantes) et longshore (géométries aggradantes). La combinaison entre ces données et la morphologie générale de la flèche, permet d'identifier 3 unités "morpho-sédimentaires" d'amont en aval. L'Unité 1, située à la racine de la flèche, se caractérise par des structures principalement progradantes, assimilables à celles d'un beach ridge. L'Unité 2, dans la partie intermédiaire, est marquée principalement par le développement long-shore des cordons, au sommet desquels se surimpose une dynamique cross-shore. L'Unité 3, à l'extrémité de la flèche, est dominée par des structures aggradantes avec des faciès particulièrement sableux. L'analyse en 3 dimensions d'un point d'inflexion des crochons permet de proposer un premier schéma montrant l'architecture résultant de l'abandon d'un crochon au profit d'une nouvelle phase d'élongation. Une prospection géoradar plus étendue et dans des parties plus anciennes du littoral permettrait de mieux comprendre comment ces flèches littorales à développement rapide (quelques décennies à siècles) s'intègrent dans la dynamique de construction de la grande flèche de la Baie de Somme à une échelle plurimillénaire.

Mots-Clés: flèche de galets, GPR, architecture sédimentaire, morphodynamique, Baie de Somme

CRISE SISMO-VOLCANIQUE DE MAYOTTE : REACTIVATION ET EVOLUTION EN-DIRECT D'UNE RIDE VOLCANIQUE SUR LA PENTE EST DE L'ILE MISE EN LUMIERE PAR LA BATHYMETRIE ET LA REFLECTIVITE MULTIFAISCEAUX

Fabien Paquet ^{*1}, Stephan Jorry ², Anne Le Friant ³, Christine Deplus ³, Julien Bernard ¹, Sylvain Bermell-Fleury ², Arnaud Gaillot ², Charline Guerin ², Nathalie Feuillet ³, Isabelle Thion ¹

¹ BRGM - DGR/GBS – Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – France

² Ifremer - GM/LGS – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER) – France

³ Institut de physique du Globe de Paris – Institut de Physique du Globe de Paris – France

*Intervenant - f.paquet@brgm.fr

Depuis le 10 mai 2018, l'Île de Mayotte est soumise à une crise sismique sans précédent caractérisée par une sismicité en essaim localisée à l'est de l'île. Plusieurs centaines de séismes ont été ressentis par la population et l'île se déplace vers l'est en subsidant à des vitesses supérieures à 15 cm.an⁻¹.

Afin de mieux comprendre cette crise et d'en amorcer un suivi, les campagnes à la mer MAYOBS 1 et MAYOBS 2 ont été menées de mai à août 2019 par l'IPGP, l'IFREMER, le BRGM et le CNRS. Ces campagnes ont permis d'acquérir de nouvelles données bathymétriques et de réflectivité acoustique précises à l'est de l'île, entre le haut de pente et la plaine abyssale. Ces campagnes ont notamment permis la découverte d'un nouveau volcan sous-marin actif associé à cette crise sismique, et localisé à l'extrémité est d'une ride volcanique. Cette ride N105°-N110° s'étend sur plus de 70 km et se prolonge à terre jusqu'à Petite-Terre et Mamoudzou à l'ouest.

Les données acquises révèlent la présence de plusieurs dizaines d'édifices volcaniques de type cônes, coulées, crêtes volcaniques et dômes laccolithiques. Des prélèvements d'échantillons ont été réalisés par drague à roche à plusieurs endroits de la ride. Les morphologies linéaires peuvent s'expliquer par la présence d'une pile sédimentaire substantielle. Les crêtes volcaniques semblent orientées selon des directions de linéaments déjà décrites sur l'île de Mayotte. La succession des levés bathymétriques et de réflectivité acoustique au cours du temps permet de voir l'apparition puis le développement du volcan actif, de calculer les volumes impliqués et la dynamique éruptive.

Les pentes sous-marines à l'est de Mayotte sont localement assez fortes et des traces d'instabilités de pente passées ont pu être identifiées. Plusieurs systèmes turbiditiques, qui transportent les sédiments depuis le lagon et le haut de pente jusque dans la pleine abyssale ont également été cartographiés. Dans le contexte d'activité sismo-volcanique importante que connaît la région de Mayotte depuis mai 2018, ces nouvelles données apportent des contraintes à l'évaluation des aléas de la zone.

Mots-Clés: Mayotte, crise sismique, volcan, bathymétrie, réflectivité, morphologie

EVOLUTION MESOZOÏQUE-CENOZOÏQUE DE LA RIDE DE LORD HOWE (SUD-OUEST PACIFIQUE)

France Pattier ^{*1,2,3}, Julien Collot ², Martin Patriat ¹, Samuel Etienne ^{4,2}, Camille Clerc ³, Walter R. Roest ¹,
Caroline Juan ²

¹ Géosciences Marines – Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (IFREMER)

² Service Géologique de Nouvelle-Calédonie – Nouvelle-Calédonie

³ ISEA – Université de la Nouvelle-Calédonie – France

⁴ ADECAL Technopole – Nouvelle-Calédonie

*Intervenant - france.pattier@unc.nc

Zealandia, situé dans le sud-ouest Pacifique, est un continent principalement immergé, formé d'un ensemble de rides et de bassins. Ce continent est issu la dislocation du Gondwana initié par un rifting asymétrique au Crétacé. La ride de Lord Howe est une des lanières continentales amincies qui le constituent. Cette ride est peu forée et dispose de peu de données et de qualité hétérogène. Sa couverture sédimentaire présente quatre discordances principales qu'il est difficile d'intégrer dans un schéma classique. En effet, les mouvements verticaux et les phases tectoniques Mésozoïque-Cénozoïque de la région sont controversés. La caractérisation et la compréhension de l'origine de ces discordances permettent ainsi de proposer un schéma d'évolution de la Ride de Lord Howe.

Ces quatre discordances permettent d'individualiser 5 unités sismiques : une unité pré-rift (U3), deux unités syn-rift (syn-rift U21 et U22) et deux unités post-rift (post-rift U11 et U12).

Les trois discordances les plus anciennes sont associées à des séries en éventail (unités U21 et U22). La discordance Unc.4 est un horizon composite correspondant à la limite entre le socle ou l'unité U3 et l'unité syn-rift U21 et est présent sur l'ensemble de la ride. L'unité U21, est affectée par une déformation de moyenne longueur d'onde. La discordance Unc.3 est identifiable au sein des grabens lorsqu'elle tronque les séries U21 mais peut être également conforme avec les séries sous et sus-jacente. L'unité U22 est aussi affectée par des déformations de faible longueur d'onde (1 km). Cette unité est tronquée par la discordance Unc.2.

Les deux discordances les plus anciennes (Unc.4 et Unc.3) sont associées à deux phases de rifting distinctes d'âges inconnus mais généralement associées dans la littérature au rifting crétacé. Dans cette hypothèse la première phase de rifting (caractérisée par U21) serait liée à l'ouverture avortée du bassin de Middleton (Crétacé inférieur-Cénomanién) et la seconde (caractérisée par U22) associée à l'ouverture de la mer de Tasman (Cénomanién-Campanien). Or Unc.3 tronque des plis qui affectent uniquement les séries de l'unité U21. Ces déformations sont plus aisées à justifier en proposant pour cette unité U21 un âge antérieur à l'histoire crétacée de Zealandia. En effet à l'époque du Gondwana, la ride de Lord Howe se situait à la marge Est du continent le long d'une zone de subduction durant plus de 100 Ma. Au cours de cette longue période, des phases de rifting ont pu s'y développer (bassin d'avant arc ou arrière arc ?). Ainsi Unc.4 pourrait être associée à une phase de rifting plus ancienne et Unc.3 à la phase de rifting crétacée. Dans les deux hypothèses, la fin de la dernière phase de rifting (correspondant à l'océanisation de la mer de Tasman au Campanien) est marquée par la discordance Unc.2. Les plis de faible longueur d'onde affectant l'unité U22 et tronqués par Unc.2 sont peu comprises (rebond associé à l'ouverture de la mer de Tasman, simples plis forcés ?).

La discordance la plus récente (Unc.1) est caractérisée par un hiatus sédimentaire dont la base est variable. Cette discordance est généralement conforme avec les séries sous- et sus-jacentes. Elle présente cependant quelques troncatures d'érosion au niveau de volcans de boues d'âge Eocène et au niveau des rares plis affectant les séries sous-jacentes. Les hauts structuraux présentent des surfaces aplanies et les environnements de dépôts dans les grabens suggèrent de mouvements verticaux à l'Eocène qui ne peuvent être expliqués par ces faibles déformations. L'origine de Unc.1 est controversée. Elle est soit associée à un paléo-courant soit d'origine tectonique. Le sud-ouest pacifique est marqué à l'Eocène par un événement régional majeur : l'initiation de la zone de subduction des Tonga-Kermadec. Sa mise en place a pu se traduire par un soulèvement thermique de grande longueur d'onde de l'arrière-pays expliquant la phase érosive (Unc.1) observée au niveau de la ride de Lord Howe.

Mots-Clés: Discordances, Ride de Lord Howe, Zealandia, évolution de bassin (rifting, océanisation), mouvements verticaux

CONTROLS ON DEEP-WATER SAND DELIVERY IN CONTRASTED TECTONIC AND CLIMATIC SETTINGS: INSIGHTS FROM QUANTITATIVE 3D SEISMIC STRATIGRAPHY

Victorien Paumard ^{*1}, Simon Lang ¹, Anthony Gartrell ¹, Julien Bourget ¹, Tito Lozada Tucci ¹, Thinh Nguyen ¹

¹ Centre for Energy Geoscience, School of Earth Sciences, The University of Western Australia – Australie

*Intervenant - victorien.paumard@uwa.edu.au

With ~15% of siliciclastic hydrocarbon reservoirs located within deep-water basins, a key challenge for the industry is to predict when and where sands are bypassed to deep-water areas, and how they are architecturally organized. Quantitative 3D seismic stratigraphy (QSS) aims at investigating the linkages (quantified relationships) between hydrodynamic regime along paleoshorelines, shelf-margin architecture and the development of coeval deep-water systems in a variety of tectonic and climatic settings. This approach is underpinned by state-of-the-art, full volume 3D seismic interpretation methods that enable very high-resolution seismic stratigraphic analysis of extensive 3D seismic data in a cost-effective timeframe.

Here, we present results obtained from two margins developed in late syn-rift (Lower Barrow Group, Early Cretaceous) and deep-water fold and thrust belts (NW Borneo, Pliocene-Pleistocene) settings.

In both cases, the results confirm that low values of rate of accommodation / rate of sediment supply ($\delta A/\delta S$) on the shelf are associated with sediment bypass, whereas high $\delta A/\delta S$ conditions are linked to increasing sediment storage on the shelf. However, coastal process regimes at the shelf edge play a more important role in the deep-water sand delivery behaviour.

While any type of paleoshoreline or deep-water system can be developed under any $\delta A/\delta S$ condition, fluvial-dominated coastlines are typically associated with steep slope gradients and more mature, longer run-out turbidite systems. In contrast, wave-dominated shorelines are linked to gentle slope gradients, with limited turbidite system development (except rare sheet sands and mass-transport deposits), where longshore drift currents contributed to shelf-margin accretion through the formation of extensive strandplains. In this context, reduced volumes of sand were transported offshore and mud belts were accumulated locally.

Statistical analysis of these data also reveals that overall, across the two margins, fluvial-dominated shorelines are associated with slope gradients twice steeper than the wave-dominated shorelines. However, the turbidite systems developed in NW Borneo present a significant longer run-out distance than the ones developed in the Lower Barrow Group because the shelf-margin clinoforms are merging with the continental margin clinoforms promoting the development of more mature turbidite systems along higher and longer slopes.

This study highlights that variations from fluvial- to wave-dominated systems represent the key forcing parameters on shelf-margin architecture (i.e., slope gradient) and coeval development of deep-water systems in various tectonic settings. By integrating advanced tools in seismic interpretation, quantitative 3D seismic stratigraphy represents a novel approach in assessing at high resolution the controls on deep-water sand delivery, and potentially predicting the type and location of reservoirs in deep water based on the shelf-margin architecture and depositional process regime.

Mots-Clés: Quantitative 3D seismic stratigraphy, Shelf margin, Tectonic setting, Deltaic process regime, Sediment transfer, Deep water sand

CLASSIFICATION AUTOMATISÉE DES SÉDIMENTS EN MILIEU ESTUARIEN PAR MACHINE LEARNING ET FUSION DE DONNÉES DE TÉLÉDÉTECTION AÉROPORTÉE : LIDAR, ORTHOPHOTOS, HYPERSPECTRALE

Xavier Pellerin Le Bas *¹, Nathan Fillâtre ¹, Laurent Froideval ¹

¹ Morphodynamique Continentale et Côtière - Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Rouen Normandie, Université de Caen Normandie

*Intervenant - xavier.pellerin-lebas@unicaen.fr

L'objectif de cette étude est d'extraire automatiquement, via machine learning, la couverture sédimentaire des milieux estuariens à l'aide de levés acquis par LiDAR aéroporté. Les précédentes études utilisant des méthodes d'apprentissage automatique sur les données LiDAR transforment préalablement les nuages de points 3D en rasters (Brennan et Webster, 2006 ; Smeets et al., 2013 ; Maxwell et al., 2015 ; Ghamisi et al., 2017). L'originalité de cette approche est de proposer une méthodologie appliquant des algorithmes d'apprentissage automatique aux nuages de points LiDAR, sans rasterisation des données.

L'estuaire de l'Orne a été choisi comme première zone d'étude car il s'agit d'un estuaire bien étudié et disposant d'un important jeu de données LiDAR, avec 13 levés acquis entre 2011 et 2018. Les paramètres utilisés pour représenter chaque point d'un levé sont entre autres, l'intensité rétrodiffusée du signal, le nombre de retours, la pente, ainsi que plusieurs paramètres géométriques tel que la sphéricité, la linéarité, la rugosité et l'omnivariance (Hackel et al., 2016). Ces paramètres sont calculés selon plusieurs échelles spatiales de manière à décrire les différentes classes choisies (*eau, sable, vase, schorre, végétation basse et haute*) en fonction des variations de ces paramètres.

Plusieurs méthodes d'apprentissage supervisé sont examinées, tel que Random Forest, Gradient Boosting, SVM et les réseaux neuronaux. Leurs performances à étiqueter correctement les points dans les classes *eau, sable, vase, schorre, végétation basse et haute* sont analysés, ainsi que leur capacité de généralisation à d'autres levés LiDAR du même estuaire. Tous modèles confondus, les prédictions réalisées par les différents modèles testés se situent entre 80 et 90 % de précision. Pour certains levés LiDAR, des photographies aériennes ont été acquises simultanément. Les informations spectrales apportées par les orthophotos (RGB) permettent, selon les scénarii, d'obtenir des prédictions avec un taux d'erreur inférieur à 10 %.

Ces travaux, réalisés dans le cadre du projet AUPASED financé par l'Agence Française pour la Biodiversité, ont pour but de généraliser cette approche à d'autres systèmes estuariens tels que l'estuaire du Belon (Sud Finistère) et la baie de Somme. Le projet AUPASED a aussi permis l'acquisition synchrone de données LiDAR et Hyperspectrale au-dessus du Belon par les laboratoires M2C et IETR, en concomitance avec une campagne océanographique du M2C. Cet ensemble de données sera utilisée afin de décrire plus finement la couverture sédimentaire d'un estuaire et permettra d'examiner la cohérence des résultats de classification se basant sur ces différents types de données.

Mots-Clés : Sédiments ; Machine Learning ; LiDAR ; Orthophotos ; Hyperspectrale ; Fusion de données ; Estuaire

ENSABLEMENT DE LA ZONE INTERTIDALE DU LITTORAL DE SEINE-MARITIME : EVOLUTION DIACHRONIQUE HISTORIQUE

Bastien Peuziat ^{*1,2}, Stéphane Costa ¹, Bernadette Tessier ²

¹ Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique - Caen – Université de Caen Normandie, Centre National de la Recherche Scientifique

² Morphodynamique Continentale et Côtière – Université de Caen Normandie, Centre National de la Recherche Scientifique - CNRS : UMR6143 – France

*Intervenant - bastien.peuziat@unicaen.fr

Au contact de la Manche Orientale, les plateaux crayeux de la terminaison Nord Occidentale du bassin de Paris, s'interrompent brutalement en falaises vives entrecoupées par de profondes vallées ou de valleuses souvent urbanisées. Au pied de ces abrupts crayeux, pouvant atteindre 100m de haut, se développe une plateforme d'érosion marine à faible pente (1 à 2%) dont la largeur peut atteindre 450 m. A la jonction falaise/plateforme se développe un cordon de galets de silex, transitant du SO vers le NE sous l'action des houles dominantes de quadrant ouest. L'épaisseur de ces cordons est très variable et peut atteindre plusieurs dizaines de mètres lorsque des ouvrages de défense côtière transversaux perturbent leur transit.

Cependant, les plateformes d'érosion marine sont parfois recouvertes de formations superficielles sableuses que l'on retrouve sous deux formes. La première correspond à des étendues sableuses pérennes se situant à proximité de débouchés de vallée. Ces étendues d'épaisseur métrique à pluri-métrique masquent l'existence de paléo-chenaux légèrement inscrits sur le platier rocheux. La deuxième forme d'étendues sableuses correspond à des placages d'épaisseur décimétrique à métrique transitant parallèlement au rivage vers le NE sous l'action des courants de houle et de marée.

La présence de ces formations superficielles sableuses a toujours été notifiée. Cependant, depuis la fin des années 1990, ces formations semblent s'accroître considérablement spatialement (Costa, 1997, Augris et al., 2004). Ces phénomènes ne sont pas sans causer quelques désagréments aux activités économiques maritimes, tels que l'ensablement de chenaux d'accès des ports. Notre travail de thèse en cours est de tenter de mettre en évidence ces ensablements et d'en définir les causes, notamment l'origine de cette fraction sableuse.

Dans le cadre de ce résumé, il s'agit précisément de proposer les premiers résultats d'une analyse diachronique de l'évolution surfacique de ces ensablements intertidaux, à l'échelle de la Seine-Maritime, entre 1966 et 2018. La méthodologie adoptée consiste à utiliser l'ensemble des photographies aériennes verticales de l'IGN disponibles sur une zone comprise entre le Cap d'Antifer et le port du Tréport. Ces photographies, prises à différents coefficients de marée, ont été homogénéisées à une même limite de basse mer puis analysées à l'échelle du 1/1000 dans le but de digitaliser les surfaces ensablées visibles sur la zone intertidale.

Les premiers résultats de cette étude historique apportent des éléments de réponse quant à l'augmentation des surfaces ensablées sur le platier rocheux de Seine-Maritime depuis les années 1960.

Par ailleurs, l'augmentation de cette fraction sableuse intertidale semble connaître des phases d'accélération puis de ralentissement. Enfin, la présence de sables n'est pas répartie de manière homogène spatialement. En effet, hormis les paléo-talweg comblés de sédiments sableux, le littoral peut être découpé en deux parties distinctes : du Cap d'Antifer aux alentours de Saint-Valéry-en-Caux, les placages sableux sont peu présents voire absents. De Saint-Valéry-en-Caux au port du Tréport, le sable est abondant, notamment autour du Cap d'Ailly.

Mots-Clés: ensablement, zone intertidale, évolution surfacique historique

SEDIMENTOLOGIE ET STRATIGRAPHIE DES EVAPORITES PROXIMALES APTIENNES DE LA MARGE CONGOLAISE

Alexandre Pichat ^{*1,2}, Laurent Gindre-Chanu ³, Vincent Delhay-Prat ², Andrew Pedley

¹ Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs (E2S-UPPA, Total, CNRS, LFCR-IPRA) *Université de Pau et des Pays de l'Adour [UPPA], TOTAL 64013 Pau - France*

² TOTAL, Centre Scientifique et Technique Jean-Féger *TOTAL, CSTJF, Pau*

³ Consultant Geosciences

*Intervenant - alexandre.pichat@gmail.com

L'ouverture de l'Atlantique Sud enregistre à l'Aptien supérieur le dépôt d'immenses quantités d'évaporites étendues depuis le Nord Gabon jusqu'au Sud de l'Angola et localement accumulées sur 2 à 3 km d'épaisseur. Les conditions bathymétriques, climatiques et hydrologiques ayant permis de telles accumulations évaporitiques font encore débat dans la communauté scientifique et industrielle. Ces incertitudes sur le bassin salifère limitent notamment la compréhension de la géodynamique de la marge Atlantique sur une période clef de son évolution, au passage d'un rift à une marge passive. Sur la partie proximale de la marge Congolaise, les évaporites crétacées ont été relativement peu affectées par des déformations salifères, et leur architecture stratigraphique primaire a donc été préservée. Par l'intermédiaires de nombreux puits réalisés dans la zone par Total, et via l'étude d'une carotte forée par la compagnie KorePotash et traversant 430 mètres d'évaporites non déformées, nous avons pu effectuer une étude sédimentologique et stratigraphique détaillée de la série salifère pour remonter aux conditions environnemental de dépôt.

L'étude des données de puits montre 10 grands cycles évaporitiques pouvant faire jusqu'à 160 mètres d'épaisseur et partageant la même architecture. Ainsi, chaque cycle démarre par un niveau silteux à argileux, riche en matière organique, et pouvant présenter des figures de courant avec notamment des rides en hummocky témoignant probablement de courants homo à hypo-pycnaux. Ces argiles sont recouvertes par un intervalle halitique très cristallin qui évolue ensuite vers des alternances d'halite fine et de carnallite grossière. Avec l'augmentation des conditions de salinité, les sommets de cycles montrent la présence d'une carnallite fine pouvant localement être couvertes par des épaisseurs métriques à décamétriques de bischofite et de tachyhydrite. Malgré les nombreuses transformations diagénétiques, des textures primaires de cristaux et la présence de surfaces de dissolution / karstification permettent de proposer un modèle de dépôt dans le lequel les évaporites ont majoritairement précipité en domaine sub-aqueux relativement peu profond et marqué par des épisodes de dessiccation. L'évolution architecture et la faciologie des alternances halite/carnallite témoignent également d'une modification hydrologique significative du bassin salifère sur la moitié supérieure de la série évaporitique, probablement en lien avec un climat devenant plus humide.

Les corrélations stratigraphiques à l'échelle du bassin Congolais montrent que les niveaux argileux ainsi que les bancs carnallitiques d'échelle pluricentimétrique peuvent se corréler latéralement sur plusieurs centaines de kilomètres, suggérant ainsi la présence d'un immense plan d'eau sur toute la marge Congolaise. En revanche, les sels les plus solubles de bischofite et tachyhydrite se sont eux accumulés dans les dépôts centres de saumures résiduelles dont la localisation a pu être contrôlée par l'architecture structurale de la marge et/ou des mouvements halocinétiques précoces.

L'ensemble de ces résultats permettent de définir un environnement de dépôt du bassin salifère Ouest Africain et pose les bases pour de futures études ayant pour but d'appréhender l'ensemble des problématiques liées au système évaporitique (nature des eaux primaires, datation, diagenèse, déformation...).

Mots-Clés : Evaporites ; carnallite ; bischofite ; Congo ; Atlantique ; Aptien ; Loeme

CONTROLES ORBITAUX ET SOLAIRES DES CYCLES EVAPORITQUES DU BASSIN SALIFERE APTIEN DE LA MARGE CONGOLAISE

Alexandre Pichat ^{*1,2}, Mathieu Martinez ³, Vincent Delhay-Prat ², Andrew Pedley

¹ Laboratoire des Fluides Complexes et leurs Réservoirs (E2S-UPPA, Total, CNRS, LFCR-IPRA) *Université de Pau et des Pays de l'Adour [UPPA], TOTAL 64013 Pau - France*

² TOTAL, Centre Scientifique et Technique Jean-Féger *TOTAL, CSTJF, Pau*

³ Géosciences Rennes, OSUR *Université de Rennes I, CNRS : UMR6118 Géosciences Rennes, Observatoire des Sciences de l'Univers de Rennes*

*Intervenant - alexandre.pichat@gmail.com

Au cours de l'Aptien, l'ouverture de l'Atlantique Sud enregistre une phase évaporitique majeure impliquant des accumulations kilométriques de sels au sein d'un bassin s'étendant tout le long des marges Ouest africaine et Est brésilienne conjuguée. Entre le Sud Gabon et le Nord du Cabinda, là où les évaporites ont été relativement peu déformées, l'exploitation des données de puits et de forage a dernièrement permis de définir la sédimentologie et la stratigraphie détaillée de la série salifère. Celle-ci fait environ 900 mètres d'épaisseur et enregistre la succession de 10 grands cycles évaporitiques de plusieurs centaines de mètres. Chacun démarre par un niveau argileux de quelques mètres évoluant ensuite vers des alternances régulières d'halite et de carnallite avant le dépôt de bischofite et de tachyhydrite. Les facteurs de contrôle environnementaux ayant permis de telles accumulations évaporitiques restent mal compris. Aussi, le manque de datation absolue, dans des sels pouvant présenter des taux d'accumulation de l'ordre du centimètre par an, implique de nombreuses incertitudes sur l'âge et la durée de l'événement salifère. Afin d'apporter des éléments de réponse à cette problématique, il a donc été effectué une étude cyclostratigraphique de la série évaporitique. Celle-ci se base sur l'analyse de deux données : (i) le gamma-ray de la série salifère permettant d'identifier les intervalles carnallitiques décimétriques, et (ii) le log sédimentaire d'une carotte où les alternances centimétriques halites-carnallites ont été mesurées. Les analyses spectrales menées sur ces séries indiquent des cycles de 10 m et de 4 m, respectivement attribués aux cycles de 200 ans et de 90 ans à l'aide de l'Average Spectral Misfit (Meyers et Sageman, 2007). Ces deux cycles correspondent respectivement aux cycles solaires de Suess et de Gleissberg. Si cette interprétation s'avère être juste, la formation évaporitique se serait déposée à un rythme de 5 cm/an. L'alternance élémentaire halite-carnallite mesure justement 5 cm, ce qui pourrait alors représenter un cycle annuel.

Ces résultats permettent de proposer un nouveau cadre climatique au dépôt des évaporites de la marge Ouest Africaine tout en contraignant le cadre temporel des cycles évaporitiques du bassin salifère de l'Atlantique Sud.

Mots-Clés : Evaporites ; Halit ; Carnallite ; Cycles solaire ; Loeme ; Congo ; Atlantique

LE COUPLE COREBOOK / CYBER-CAROTHEQUE NATIONALE : UN SYSTEME DE COLLECTE ET DE GESTION D'INFORMATION DEDIE AUX CAROTTES SEDIMENTAIRES MARINES ET CONTINENTALES

Cécile Pignol ¹, Bruno Galabertier ¹, Elodie Godinho ², Laurent Augustin ², Isabelle Billy ³, Karim Bernardet ², Pascal Calvat ³, Michel Calzas ², Denis-Didier Rousseau ⁴, William Rapuc ^{*1}, Xavier Crosta ³, Fabien Arnaud ¹

¹ Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne *Université Savoie Mont Blanc, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5204*

² Division Technique de l'INSU *CNRS : UPS855*

³ UMR EPOC *Université Sciences et Technologies - Bordeaux 1, Institut national des sciences de l'Univers Allée Geoffroy Saint Hilaire 33615 PESSAC - France*

⁴ Laboratoire de Météorologie Dynamique (LMD) *École normale supérieure [ENS] - Paris, Polytechnique*

*Intervenant - william.rapuc@univ-smb.fr

La gestion des données constitue l'un des défis de l'Open science dans le contexte de la loi « Pour une république numérique » ou pour l'application du Protocole de Nagoya. Ceci est particulièrement important dans le domaine des sciences de la Terre et de l'environnement dans lequel la multiplication des échantillons de terrain et de mesures qui sont réalisées sur chacun, conduit à une croissance exponentielle du nombre de données. Dans le cas de l'étude des carottes sédimentaires, l'engouement pour les méthodes paléoenvironnementales, pour répondre à des problématiques variées allant des chroniques de contaminations récentes aux évolutions climatiques pluriséculaires à plurimillénaires, voire au-delà, participe de cette croissance. Or, l'absence de systèmes d'information dédiée ne permet pas de capitaliser sur cette grande richesse en reliant les données entre elles. Dans cette contribution, nous présentons un système développé dans le cadre du projet Equipex CLIMCOR afin de bancariser les informations de terrain collectées lors du prélèvement de carottes sédimentaires. Ce système est constitué de deux modules : i) CoreBook, une application mobile de collecte d'information sur le terrain (Android) et ii) la Cyber-carothèque nationale (BD MySQL), qui est un portail d'import, de consultation et de diffusion de ladite information collectée. CoreBook a été pensé pour être embarquée sur une simple tablette durcie. Elle apporte une plus-value en qualité lors des opérations de carottage sur le terrain. Il comprend notamment des fonctionnalités comme le repérage des carottages précédents, une aide à la navigation et aux opérations d'ancrage, la visualisation en coupe des carottages multi-sections et/ou multi-trous, ou en carte spatiale pour des carottages simple section. Optimisé pour le carottage, il est adapté à tout type de méthode (carottier russe, gravitaire, piston stationnaire, etc.) et permet de capitaliser et tracer les métadonnées de carottage. Chaque entité de recherche académique à la possibilité de créer des configurations de matériels dans le portail « Cyber-carothèque » en constituant un référentiel qu'il retrouvera dans le CoreBook ; ce référentiel facilite la sélection d'outils une fois sur le terrain et associe automatiquement les paramètres de carottage et d'outils aux futurs échantillons ce qui permet de gagner en précision et qualité. Les données collectées par CoreBook sont directement synchronisables avec la Cyber-carothèque. Un format d'échange permettra, prochainement d'alimenter les bases de données locales de laboratoire ou d'autres institutions. La Cyber-carothèque recueille les métadonnées des opérations de prélèvement de carottes, soit via CoreBook, soit via un fichier d'import respectant un format spécifique. Interopérable, elle sera capable, via des web-services, de moissonner des bases existantes et d'être moissonnée par celles-ci par des protocoles standardisés (OGC).

Une fois entrée dans la Cyber-carothèque, chaque échantillon reçoit un identifiant unique international IGSN (<http://www.igsn.org/>). Equivalent d'un DOI pour les échantillons géologiques, cet identifiant permet de tracer la carotte et les opérations de terrain ayant permis de la prélever, à chaque fois qu'elle est utilisée pour une publication ou intégrée dans un système d'information. Il s'agit d'une étape FAIR indispensable vers la bancarisation, la qualité, le partage et la réutilisabilité des données.

Pour l'utilisateur final, la Cyber-carothèque offre des fonctionnalités de recherche et constitue une base de référence, structurée, ouverte et standardisée permettant de connaître les échantillons déjà prélevés dans une région donnée, ou éventuellement de suivre l'évolution d'une thématique de recherche quelle qu'elle soit.

En prenant le problème de la gestion des données à la base, au niveau des opérations de terrain, le système CoreBook & Cyber-carothèque fournit à la communauté scientifique nationale un socle solide pour développer des bases de données, soit pour la gestion interne des échantillons ou des données instrumentales et/ou, soit pour évoluer vers des systèmes plus intégrés.

La Cyber-carothèque est accessible à l'adresse : www.cybercarotheque.fr, page sur laquelle figure le lien et les instructions pour créer le compte, ses référentiels et télécharger l'application CoreBook.

Mots-Clés : Base de données ; Carottes ; Application mobile ; Android ; Portail

web ; référentiel ; carottier ; métadonnées ; FAIR ; identifiant unique ; IGSN ; interopérabilité ; traçabilité ; qualité

HERITAGE STRUCTURAL CENOZOÏQUE ET REMPLISSAGE QUATERNAIRE DE MARAIS COTIERS DANS LE BASSIN VERSANT DE LA MER DE LA MANCHE : L'EXEMPLE DES MARAIS DE VIMONT (NORMANDIE, FRANCE)

Loïk Poignant *¹

¹ Morphodynamique Continentale et Côtière *Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6143, Université de Rouen Normandie, Institut national des sciences de l'Univers*
*Intervenant - loik.poignant@gmail.com

Dans le bassin versant côtier de la Manche, à la frontière des terrains peu déformés du Bassin parisien, à l'Est et du Massif armoricain, à l'Ouest, les fleuves Orne et Dives ont décapé progressivement la couverture mésozoïque puis le socle armoricain, au cours du Cénozoïque. Au Pléistocène, ils ont préservé un système de terrasses fluviales étagées (Jamet, 2015). A l'Holocène, au cours de la remontée du niveau marin, plusieurs systèmes marécageux se sont développés en domaine côtier. Les marais de la Dives répondent à un modèle classique d'un épais remplissage argilo-tourbeux holocène (environ 20 m) dans une vallée incisée vers la fin du Cénozoïque. Plus en amont, dans les marais de Vimont, les dépôts holocènes d'épaisseur métrique sont mis en place dans une dépression de 3 à 5 km de rayon, dans les calcaires bathoniens de la campagne de Caen.

Dans le Calvados, les informations des cartes géologiques, coupes de synthèses et la révision de quelques 3 000 forages archivés dans la BSS a permis la production de cartes d'isohypses pour les formations géologiques du Lias et du Dogger. Les terrains jurassiques présentent un plissement de direction N 50 à N 70, de longueur d'onde de 5 à 15 km et d'amplitude maximale de 50 mètres. Ces structures sont sécantes à la direction varisque N 110 des synclinaux paléozoïques. La principale synforme s'étend au droit des marais de Vimont. Un forage carotté de 80 m de profondeur, implanté dans ces marais (Saint-Oursin, 2015) et les cartes de faciès et d'isopaques précisent les variations de nature, d'épaisseur et de cimentation dans les calcaires bathoniens. A l'Est de Caen, dans un champ de mégarides (Bathonien moyen à supérieur) étendu selon une direction Nord-Sud jusqu'aux marais de Vimont, les faciès oolithiques sont grossiers. Sur la bordure Sud, les faciès bioclastiques fins et cimentés, riches en bryozoaires, constituent l'assise des marais holocènes. Dans ce secteur, la cimentation des calcaires est trouvée dans le creux de la synforme. La structuration cénozoïque et la nature des faciès calcaires bathoniens expliquent la dépression de Vimont ; le remplissage argilo-tourbeux holocène des marais de Vimont intervient après celui des marais de la Dives. Les deux marais communiquent par une cluse creusée dans les marnes calloviennes, et dont les premiers dépôts (-8 m NGF) ont été datés à 10 000 ans BP, par 14C. Le comblement des marais de Vimont, entre -1 et 3 m NGF, s'est réalisé entre 4 000 et 1 000 ans BP.

Mots-Clés : Jurassique ; Plateforme carbonatée ; Déformation ; Marais holocènes

RECONSTITUTION PALEOENVIRONNEMENTAL DE CHYPRE ET DU LEVANT UN NOUVEL APPOINT AU SYSTEME DE LA TETHYS

Pierre Polard-Taine ^{*1}, Christian Blanpied ², Eric Barrier ², Solene Guillemoto ¹, Rémy Deschamps ³, Vitor Caputo

¹ Total

² Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) – Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193 – France

³ Institut Français du Pétrole et des Energies Nouvelles (IFPEN) – IFP Energies Nouvelles, IFP Energies Nouvelles – France

*Intervenant - pierrepolardtaine@gmail.com

La Méditerranée orientale représente une région tectoniquement complexe, correspondant à la marge nord de l'océan Néo-Téthys. Différents domaines la caractérisent : le bassin du Levant, le mont sous-marin d'Eratosthène, le bassin d'Hérodote, le cône du Nil, l'île de Chypre, et les marges afro-arabes. Les mouvements des plaques Africaine, d'Arabie et d'Eurasie rendent l'interprétation géodynamique et paléogéographique de la Méditerranée orientale complexes. Chypre représente une zone charnière pour la compréhension du système. Les récentes découvertes dans l'offshore profond Levantin tissent le paysage d'une exploration pétrolière accrue des séries téthysiennes. Chypre est l'une des seules zones présentant les reliques de cette marge étudiée il y a 30 ans sans réelle implication sédimentologique et tectono-sédimentaire. Afin de répondre à la demande de définir de nouveaux plays pétroliers, 35 sections représentant 2000 m cumulé de séries mésozoïques ont été mesurées en se focalisant sur l'identification des environnements de dépôts (marin très profond à continental). Vingt-cinq facies ont été identifiés et décrits qui illustrent des systèmes fluviaux à marins profonds. Ceux-ci ont ensuite été regroupés en six grandes associations de facies permettant de simplifier l'interprétation et, pour la première fois, de proposer la corrélation de cinq sections mesurées dans cinq zones. Des slumps géants, des remplissages syn-sédimentaires et de grandes variations de passage latéral de facies sur de courtes distances, allant de très proximaux à distaux, des passages verticaux de facies deltaïques à radiolaritiques ainsi qu'une constante relation entre volcanisme et sédimentaire est notable et n'avaient jamais été décrites suggérant une étroite corrélation entre tectonique et sédimentation. De nombreux facies très riches en matières organiques terrestres ont été observés et leurs répartitions et leur mode de transfert (LST/HST/TST) ont fait l'objet d'une attention toute particulière. Ceci permet de proposer une évolution paléogéographique sur l'ensemble de la région étudiée. Un calendrier tectono-sédimentaire et pétrolier complète cette étude qui contribue à proposer de nouveaux plays mésozoïques impliquant réservoirs clastiques et carbonatés.

Mots-Clés: Chypre Téthys Paléogéographique SynSédimentaire Slumps TectonoSédimentaire

ENVIRONNEMENTS DE DEPOTS DES SERIES MESOZOÏQUES DE CHYPRE : DU FLUVIATILE AU MARIN PROFOND

Pierre Polard-Taine ^{*1}, Christian Blanpied ², Eric Barrier ², Solene Guillemoto ¹, Rémy Deschamps ³, Vitor Caputo

¹ Total

² Institut des Sciences de la Terre de Paris – Sorbonne Université, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7193 – France

³ IFP Energies nouvelles – Remy Deschamps – France

*Intervenant - pierrepolardtaine@gmail.com

Malgré le caractère allochtone et fragmentaire (olistolites répartis sur plus de 2000km²) des séries mésozoïques de Chypre leur étude sédimentologique au travers d'une classification faciologique permet de proposer des reconstitutions paléogéographiques à différents niveaux stratigraphiques, du Trias moyen au Néocomien.

35 sections représentant 2000 m cumulé de séries mésozoïques ont été mesurés en se focalisant sur la reconnaissance des environnements de dépôts (systèmes fluviaux à marins profonds). Vingt-cinq facies ont été identifiés qui ont ensuite été regroupés en six associations de facies (fluviale, shoreface, deltaïque, vallée incisée, chenaux turbiditiques et lobes). Ceci a permis de construire des sections types pour cinq zones apparemment distinctes et leur analyse séquentielle a facilité leur corrélation.

Pendant le dépôt des séries du Mésozoïque, l'influence tectonique sur la sédimentation est pérenne, se manifestant par des glissements gravitaires sous-marins, des failles syn-sédimentaires influençant grandement les variations latérales de facies, le tout associé à un partitionnement des aires de sédimentation. Dans les séries triasiques la matière organique terrestre est transférée dans le bassin lors des HST, la malacofaune est très peu représentée (ammonites - lamellibranches) et les terriers horizontaux dominant tout au long de cette période. Le Jurassique est dominé par des radiolarites et là encore affecté par des instabilités tectoniques répétées. Des débris flow volcaniques prouvent une tectonique active au passage Trias Jurassique pouvant en partie expliquer une lacune stratigraphique supposée. Les séries carbonatées du Trias et/ou du Jurassique sont toujours en étroite relation avec le volcanisme et montrent des variations de facies allant de construction récifale de faible taille à des calciturbidites déposées sur les pentes ou dans le fond du bassin. Enfin, les séries du Crétacé se caractérisent par des dépôts de remplissage de larges vallées incisées et de réseaux fluviaux.

Si les faciès lithologiques ont avant tout servi à définir les différentes formations mésozoïques, l'ensemble de ces séries requiert un effort systématique de datation pour conforter les paléogéographies proposées.

Mots-Clés: Chypre Olistolites Facies Gravitaire SynSédimentaire

HOW RARE EARTH ELEMENTS HELP US TO BETTER UNDERSTAND FLUID CIRCULATIONS AND IRON OXIDES ASSOCIATED ON CATACLASTIC DEFORMATION BANDS IN POROUS SANDSTONES: CASE STUDY IN THE BASSIN DU SUD-EST, PROVENCE, FRANCE

Olivier Pourret ^{*1}, Jessica Bonhoure ², Elodie Saillet ²

¹ AGHYLE, UniLaSalle, Beauvais – Institut Polytechnique UniLaSalle – France

² Institut Polytechnique LaSalle Beauvais (LaSalle Beauvais) – France

*Intervenant - olivier.pourret@unilasalle.fr

The Critical Zone, the heterogeneous, near surface environment (hydrosphere, ecosystems, atmosphere,...) in which complex interactions involving rock, soil, water, air, and living organisms regulate the natural habitat and determine the availability of life-sustaining resources is a zone of circulation and concentration of matter and energy (Brantley et al., 2007). This is where strong interactions between the hydrosphere and rocks occur and act on biogeochemical cycles and may influence concentration of elements, such as some critical metals like rare earth elements (REE). Moreover, present day exploration readdresses the old problem about the control of cataclastic deformation bands (CDBs) on fluid flow, which is still debated in petroleum research. CDBs are common structures in porous sandstones (Saillet and Wibberley, 2010). These structures are tabular zones of finite width that have experienced grain rotation, crushing, cataclasis or cementation and they correspond to the localization of strain in porous rocks.

Field and laboratory measurements exhibit evidence of porosity reduction in the CDBs (ratio of 0.5 to 0.25 of the host rock porosity) and that the CDBs permeability is significantly reduced by one to six orders of magnitude relative to the host rock (Fossen and Bale, 2007).

In fluid saturated rocks, CDBs seem to behave like transient barriers, whereas in unsaturated rocks, their effect on fluid flow is not clear. In the critical zone, a barrier effect was observed for paleo-fluids (Eichhubl et al., 2004) whereas laboratory tests suggest that CDBs could be capillarity conduits (Sigda and Wilson, 2003). In this work, we try to further understand and find field, mineralogical and geochemical evidences for CDBs behaviour. For that, we examine the spatial distribution of oxidation fronts and CDBs in the porous sandstones of Bedoin (SE France) to discuss interaction between fluid flow and CDBs in the critical zone. It appears that the oxidation fronts underline preferential pathways for the ground water, and CDBs seems to constitute a trap where the oxides contained in the fluid accumulate. The rare earth element (REE) patterns show a decreasing slope from light REE to heavy REE, and europium or cerium anomalies, which provides information about the oxidizing fluids.

References:

- Brantley, S.L., Goldhaber, M.B., Ragnarsdottir, K.V., 2007. Crossing disciplines and scales to understand the critical zone. *Elements*, 3: 307-314.
- Eichhubl, P., Taylor, W.L., Pollard, D.D., Aydin, A., 2004. Paleo-fluid flow and deformation in the Aztec Sandstone at the Valley of Fire, Nevada - Evidence for the coupling of hydrogeologic, diagenetic, and tectonic processes. *Bulletin of the Geological Society of America*, 116(9-10): 1120-1136.
- Fossen, H., Bale, A., 2007. Deformation bands and their influence on fluid flow. *AAPG Bulletin*, 91(12): 1685-1700.
- Saillet, E., Wibberley, C.A.J., 2010. Evolution of cataclastic faulting in high-porosity sandstone, Bassin du Sud-Est, Provence, France. *Journal of Structural Geology*, 32(11): 1590-1608.

Mots-Clés: rare earth elements, critical zone, cerium, sandstone, deformation bands, cataclasis

CONTINENTAL SHELVES AS TRAPS OF RARE EARTH ELEMENTS

Olivier Pourret ^{*1}, Johann Tuduri ²

¹ AGHYLE, UniLaSalle, Beauvais – Institut Polytechnique UniLaSalle – France

² Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – France

*Intervenant - olivier.pourret@unilasalle.fr

The Critical Zone, the heterogeneous, near surface environment (hydrosphere, ecosystems, atmosphere,...) in which complex interactions involving rock, soil, water, air, and living organisms regulate the natural habitat and determine the availability of life-sustaining resources is a zone of circulation and concentration of matter and energy (Brantley et al., 2007). This is where strong interactions between the hydrosphere and rocks occur and act on biogeochemical cycles and may influence concentration of elements, such as some critical metals like rare earth elements (REE). The REE distribution was studied in streams of French rivers (Armand et al., 2015). Their stream water distribution patterns showed, from the source to the catchment outlet, a fractionation of the upper continental crust normalized REE distribution patterns from heavy REE (HREE) enriched to more flat and middle REE (MREE) enriched patterns, together with a progressive disappearance of a negative cerium anomaly. Ultrafiltration data showed that the ultrafiltrates had HREE-enriched patterns with negative cerium anomalies, whereas organic colloidal fraction showed relatively flat patterns. These data thus suggest that the observed general evolution from HREE-enriched to MREE-enriched patterns with distance is related to a growing importance of organic colloids as REE carriers from upstream to downstream.

Moreover, ultrafiltrate REE patterns are very similar to seawater patterns. Seawater REE patterns could thus be inherited from river water. Commonly, the REE patterns of ocean water are usually considered to reflect (i) the respective REE inputs from rivers, aeolian transport, hydrothermal vents and dissolution of marine carbonates and (ii) interactions with the biogeochemical cycle, involving REE-removal from surface waters by adsorption onto settling iron and manganese particles. The strong cerium depletion and the HREE-enrichment of ocean waters are commonly attributed to the redox chemistry of cerium and to the high stability constants of HREE carbonate complexes. Nevertheless, different processes may lead to REE and/or cerium removal from solution. The most often discussed hypothesis is fractionation during estuarine mixing, enhanced by extremely high particle reactivity of the REE (e.g. with manganese oxides).

Overall, the results of this study allow the reassessment of the REE external cycle. Indeed, the river input to the oceans has relatively flat REE patterns without Ce anomalies, whereas oceanic REE patterns exhibit strong negative Ce anomalies and HREE-enrichment. Indeed, the processes at the origin of seawater REE patterns are commonly thought to occur within the ocean masses themselves. However, our results illustrate that seawater-like REE patterns already occur in the truly dissolved pool of river input. This leads us to favor a partial or complete removal of the colloidal rare earth element pool during estuarine mixing by coagulation, as previously shown for dissolved organic matter and iron. In this latter case, REE fractionation occurs because colloidal and truly dissolved pools have different REE patterns. Thus, the REE patterns of seawater could be the combination of both intra-oceanic and riverine processes. In this study, we show that the Atlantic continental shelves could be considered potential REE traps, suggesting further that shelf sediments could potentially become a resource for REE, similar to metalliferous deep sea sediments (Pourret and Tuduri, 2017).

Références:

- Armand, R., Cherubini, C., Tuduri, J., Pastore, N., Pourret, O., 2015. Rare earth elements in French stream waters – revisiting the geochemical continental cycle using FOREGS dataset. *Journal of Geochemical Exploration* 157: 132-142.
Brantley, S.L., Goldhaber, M.B., Ragnarsdottir, K.V., 2007. Crossing disciplines and scales to understand the critical zone. *Elements*, 3: 307-314.
Pourret, O., Tuduri, J., 2017. Continental shelves as potential resource of rare earth elements. *Scientific Reports*, 7(1): 5857.

Mots-Clés: rare earth elements, metals, critical zone, cerium

CONTROLE DE LA DEFORMATION PYRENEENNE SUR LE TRANSIT SEDIMENTAIRE DES DEPOTS SYN-OROGENIQUES DANS LA PARTIE EST DU RETROFORELAND PYRENEEN (CORBIERES)

Marine Prieur ^{*1,2}, Eric Lasseur ³, Justine Briais ³

¹ Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) – DGR/GBS Orléans – France

² ENSEGID (Ecole Nationale Supérieure en Environnement, Géoressources et Ingénierie du Développement durable) – Bordeaux INP, ENSEGID – France

³ Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) – France

*Intervenant - m.prieur.t@gmail.com

La sédimentation éocène des Corbières constitue un enregistrement de la dynamique de transfert de sédiment dans un contexte de dénudation active et de déformation qui accompagnent le stade syn- orogénique.

La formation des conglomérats de Palassou (Yprésien à Priabonien) constitue dans cette zone la majeure partie du remplissage syn-orogénique de l'avant pays. Dans les Corbières, au front du chevauchement du Mouthoumet, l'avant pays est segmenté en plusieurs bassins (Synclinaux de Talairan, Montlaur et du Minervois) par deux chevauchements (Bouchers-chaînes de Lagrasse et Montagne d'Alaric). L'âge et le style de la déformation restent discutés avec des interprétations de type (1) bassin flexural complexe (Christophoul et al., 2003) ou (2) bassin en piggy-back (wedge-top) (Martin Martin et al., 2001). Ces deux styles de déformation modifient grandement la dynamique de piégeage vs transfert des sédiments et a un impact majeur sur le routage sédimentaire éocène.

Les études préexistantes sur cette formation s'attellent entre autres à la détermination des directions d'écoulements afin de localiser les reliefs présents. Si l'ensemble des paléogéographies établies s'accordent sur un apport majoritaire du sud vers le nord, certains (Plaziat, 1981) postulent une arrivée clastique depuis le nord vers le sud attestant de la présence du chevauchement de l'Alaric et donc d'une structuration en piggy-back.

Afin de préciser ces modèles, (1) une analyse des faciès sédimentaires dans l'espace et le temps et (2) des levés cartographiques ont été effectués. Ces derniers s'appuient sur des orthophotos historiques permettant d'obtenir un modèle topographique 3D par photogrammétrie (Metashape ©).

Les faciès qui constituent la formation de Palassou alternent entre plaines d'inondation, chenaux de diverses natures, et dépôts lacustres. Leur succession dans le temps et l'espace montre une structure assez complexe, rendant nécessaire une cartographie précise. Cette analyse a permis de différencier plusieurs grands ensembles stratigraphiques, leurs relations géométriques et de mettre en évidence des variations de faciès, des variations de subsidence et le jeu des failles entre le chevauchement du Mouthoumet et les Chaînes de Lagrasse. Et ainsi de recomposer la dynamique de la déformation et son influence sur les transferts de sédiment.

Le remplissage du bassin nord-est pyrénéen de l'Yprésien moyen au Lutétien s'organise de manière séquencée depuis l'est vers l'ouest au cours du temps. Trois bassins sont définis : vallées de Talairan, de l'Orbieu et plateau de Lacamp. Chacun d'eux montre un remplissage syn-tectonique avec des structures en éventail. Ils sont progressivement comblés par des séquences progradantes clastiques à tendance coarsening up, puis finalement par des dépôts lacustres. Cela permet de montrer :

1. Une propagation du front de chevauchement du Mouthoumet de l'est vers l'ouest à petite échelle.
 2. Un partitionnement des bassins successifs par des failles décrochantes d'orientation N20° qui affectent la zone et sembleraient donc jouer comme des relais structuraux.
 3. Un transport court des sédiments continentaux lors de la formation des reliefs pyrénéens. Les sédiments sont stockés dans des zones restreintes à forte subsidence contrôlées par les chevauchements frontaux (piggy-back ?).
- Ce stockage aux pieds des reliefs implique des apports très faibles voire quasiment inexistantes de sédiments en domaine marin.

Ce projet est l'objet d'un stage de fin d'étude intégré au projet *Convergence – Source to Sink* (TOTAL-BRGM).

Mots-Clés: Sédimentologie, Erosion, Transport, Subsidence, Orogène, Pyrénées

MODELISATION ET COMPREHENSION DE L'IMPACT DE PIEUX DE BOUCHOT SUR LE TRANSIT SEDIMENTAIRE – EXEMPLE DU LITTORAL DE MARQUENTERRE.

Hugo Rain ^{*1}, Pierre Saulet, Bain Olivier ¹, Isabelle Farout ¹

¹ Unilasalle – Institut Polytechnique Unilasalle – 19 rue Pierre Waguet - BP 30313 - F-60026 BEAUVAIS Cedex, France

^{*}Intervenant - hugo.rain@etu.unilasalle.fr

Les côtes picardes sont aujourd'hui porteuses d'activités économiques et touristiques, grâce notamment à l'accès à la mer et à l'utilisation des estuaires. Cette situation particulière nécessite différentes mesures de surveillance dans le cadre de la protection des côtes, qu'elles soient sous la forme de falaises ou de dunes. L'évolution du trait de côte dans cette zone fait donc l'objet d'étude depuis plusieurs années. Alors que les estuaires font l'objet d'une accrétion depuis plusieurs années, les littoraux adjacents voient leur trait de côte reculer, avec pour certaines une menace sur les dunes sableuses protégeant les activités humaines.

Le littoral de Marquenterre fait partie de ces côtes. Situé entre les baies de la Somme et de l'Authie, au niveau de couches sableuses détritiques au nord du Bassin de Paris, ce littoral est le siège d'activités majoritairement de pêche et touristique. Les comportements hydrosédimentaires y faisaient l'objet d'études depuis plusieurs années, et montraient un recul général du trait de côte à l'instar des autres littoraux. L'installation de pieux de bouchot dans le cadre d'activités mytilicoles semble avoir modifié les dynamiques connues provoquant d'une part une accrétion sableuse à l'aplomb des installations, menaçant leur activité en augmentant la mortalité des cultures, et d'autre part une érosion plus intense des côtes au Nord.

Les différentes observations semblent aller dans le même sens, montrant que les pieux agissent localement comme frein hydraulique. Ainsi vient la nécessité d'étudier la zone, afin de comprendre les modifications engendrées par les cultures de manière plus détaillée et mettre en place des solutions adaptées.

L'étude en cours de réalisation a pour objectif la création de modèles numériques des différents transferts sédimentaire en intégrant l'action des pieux de bouchot ainsi que les différents facteurs hydrodynamiques de la zone d'étude.

Différents scénarii (espacement, données de forçage ...) seront étudiés par rapport au transit sédimentaire pour comprendre l'impact des pieux de bouchots et permettre d'appréhender au mieux la gestion de ce littoral.

Mots-Clés: modélisation, pieux de bouchots, hydrosédimentaire, picardie

FLUVIAL DYNAMICS IN THE UPPER RHINE GRABEN (NE FRANCE) FOR THE PAST CA. 12'000 YEARS – INPUT FROM PALAEOCHANNEL DATING AND PROVENANCE STUDIES

Claire Rambeau ^{*1,2}, Laurent Schmitt ², Stoil Chapkanski ^{2,3,4}, Jérôme Houssier ^{2,5}, Damien Ertlen ²,
Nathalie Schneider ⁶

¹ Sedimentary Geology and Quaternary Research, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Allemagne

² Laboratoire Image, Ville, Environnement – université de Strasbourg, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7362 – France

³ Laboratoire de géographie physique – Université Panthéon-Sorbonne, Université Paris-Est Créteil Val-de-Marne - Paris 12, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8591 – France

⁴ ARCHEORIENT - Environnements et sociétés de l'Orient ancien – Université Lumière - Lyon 2, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5133 – France

⁵ INRAP Centre-Île-de-France – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, Ministère de la Culture et de la Communication – France

⁶ INRAP-GEN-Alsace – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, Ministère de la Culture et de la Communication – France

*Intervenant - claire.rambeau@geologie.uni-freiburg.de

The Upper Rhine Graben (URG) between northeastern France and southeastern Germany features a complex large floodplain, in which the Rhine and its tributaries left multiple geomorphological imprints since the Late Glacial period. Determining and timing the previous courses of the different watercourses in the URG is therefore a challenge. Here we apply a combination of radiocarbon dating and provenance studies through Mid Infrared Spectroscopy (MIRS) applied to filled palaeochannels, to infer palaeo-courses of the Rhine and its main tributaries. Sediments from 12 palaeochannels in the study area (region Neuf-Brisach-Sélestat) were classified into "transitional" (channel still connected to a feeding river), infill (near total disconnection from the former feeding river) and "surficial floodplain" units. Provenance determination allows differentiating sediment sources between different watersheds (corresponding to the Rhine and the Ill/Vosges tributaries) through a two-step process: 1) statistical differentiation of reference MIRS spectra from modern rivers, and 2) classification of unknown palaeochannel samples using this referential. Radiocarbon dating allows identifying main sedimentation packages at the 12 investigated palaeochannels. Nine maps are thus produced covering the period 10'100 BC – 600 AD and a surface of ca. 25 by 50 km. These highlight the progressive movement of the Rhine and Ill through the URG during the Holocene. Periods of non-recorded deposition are also evident in the palaeochannels, which may relate to times of reduced fluvial dynamics in the URG.

Mots-Clés: Fluvial dynamics, Upper Rhine Graben, Provenance studies, Palaeochannels

SEDIMENTOLOGICAL PATTERNS AND CLIMATIC IMPRINTS AT LAKE ACIGÖL (SW ANATOLIA) DURING THE QUATERNARY

Claire Rambeau ^{*1}, François Demory ², Valerie Andrieu-Ponel ³, Mireille Perrin ², Syed Blawal ¹,
Anne-Elisabeth Lebatard ², Pierre Rochette ², Mehmet Cihat Alçiçek ⁴

¹ Sedimentary Geology and Quaternary Research, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg – Allemagne

² Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement – Aix Marseille Université, CNRS : UMR7330 – France

³ Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et continentale – Université d'Avignon et des Pays du Vaucluse : UMR7263 – France

⁴ Pamukkale University, department of Geology – Turquie

*Intervenant - claire.rambeau@geologie.uni-freiburg.de

Lake Acigöl, in SW Anatolia, has important potential to record past climatic changes for most of the Quaternary period in the Eastern Mediterranean region. Paleomagnetism suggests that the 601m-long sequence, extracted from the lake close to the basin centre by the ALKIM Company exploiting its magnesium-rich waters, covers the last 2.3 Ma. This potentially makes the Lake Acigöl sequence the longest continental record for the region. The sedimentological succession shows recurrent variations between more carbonate-rich (limestone/dolostone) and more detrital-rich sediments (clayey mudstone), associated to various amounts of evaporates and biological remains (pollen, ostracods, diatoms, gastropods, bivalves), which make this sequence a high-potential environmental and climatic archive. Long-term lake level changes can be deduced from major lithological variations (e.g., carbonates and evaporate abundances) and linked to long-term cooling and/or tectonic activity. Both the sedimentary facies and the magnetic susceptibility records additionally suggest that climate variations (i.e., glacial-interglacial periods) are imprinted in the lake sequence, with warm periods corresponding to enhanced carbonate precipitation and cold/dry periods marked by higher detrital input associated to reduced vegetation cover and increased erosion in the catchment area. The importance of the Acigöl sequence in recording regional palaeoenvironmental conditions is strengthened by its proximity to the Denizli travertine from which the oldest Hominin from Turkey was discovered. *This research has been supported by a TUBITAK-CNRS bilateral cooperation (grant number 114Y723), by the ECCOREV Research Federation (OSU PYTHEAS, CNRS, AMU), the CNRS Program Tellus-INTERRVIE and by the Wissenschaftliche Gesellschaft Freiburg im Breisgau. We acknowledge the ALKIM and SODAS companies for their permission and support in the field.*

Mots-Clés: Quaternary, Lake, Anatolia, Climate

HOLOCENE-LONG RECORD OF FLOOD FREQUENCY IN THE SOUTHERN ALPS (LAKE ISEO, ITALY) UNDER HUMAN AND CLIMATE FORCING

William Rapuc ^{*1}, Pierre Sabatier ¹, Fabien Arnaud ¹, Antoine Palumbo ¹, Anne-Lise Develle ¹, Jean-Louis Reyss ¹,
Laurent Augustin ², Edouard Régner ³, Andrea Piccin ⁴, Emmanuel Chapron ⁵, Jean-Pascal Dumoulin ⁶,
Ulrich Von Grafenstein ³

¹ Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne – Université Savoie Mont Blanc, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5204 – France

² Division technique INSU/SDU (DTI) – INSU, CNRS : UPS855 – 1, Place Aristide Briand 92195 MEUDON CEDEX, France

³ Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement [Gif-sur-Yvette] (LSCE - UMR 8212) – Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines - France

⁴ Direzione Generale Territorio Urbanistica (RLB) – Piazza Città di Lombardia 1 20124 Milano, Italie

⁵ Géographie de l'environnement (GEODE) – CNRS : UMR5602, Université Toulouse le Mirail - Toulouse II – 5 Allée Antonio Machado 31058 TOULOUSE CEDEX 1, France

⁶ Laboratoire de Mesure du Carbone 14 - ARTEMIS (LMC14) – CNRS : UMS2572 – CEA de Saclay - bat 450, porte 4E - 91191 Gif sur Yvette, France

*Intervenant - william.rapuc@univ-smb.fr

A high-resolution sedimentological and geochemical analysis of a 21 m sediment sequence of Lake Iseo (Southern Alps, Italy) allowed for the reconstruction of the long-term flood frequency by visual identification of the event layers over the last 12 kyr cal BP. In a previous study that was undertaken on another sediment core from Lake Iseo, these layers were attributed to extreme surface runoff events. However, in this former core, large mass-wasting deposits that induce significant hiatuses did not permit a continuous record of flood events to be established. Such disturbances were absent in the core studied in the present paper. This permitted to establish a high-resolution continuous Holocene record. Based on the flood chronicle and sedimentological and XRF geochemical analyses, we found evidence of a major palaeohydrological transition at approximately 3.8 kyr cal BP, which was previously described as occurring in the western Mediterranean region. The oldest part of the record indeed presents a very low frequency of flood events (< 1 flood/century), while after 4 kyr cal BP, the flood frequency increased. This pattern appears to be in agreement with other Southern Alpine paleo flood records. The transition is interpreted as a nonlinear climate response to the orbital-driven gradual decrease in summer insolation at 60°N, which together with the influence of the Mediterranean mesoscale precipitation events, is typical for the Mediterranean climate. However, the comparison of the flood record with the archaeological and historical data from the watershed suggests that human activity during the Roman period in the vicinity of the main tributaries also influenced the flood frequency. Even in a large Alpine lake and more than 2000 years ago, extreme precipitation events that were recorded through the sedimentation process can hence be impacted by the anthropization of the catchment area pointing the requirement of deeper studies of Earth surface critical zone pluri-millennial dynamics.

Mots-Clés: Lake sediment, Holocene, Flood chronicle, Human impact, Southern Alps

ETUDE DE LA DYNAMIQUE DE LA ZONE CRITIQUE DANS LE BASSIN VERSANT DU LAC ISEO (ALPES ITALIENNES) DEPUIS LE PETIT-AGE GLACIAIRE

William Rapuc ^{*1}, Pierre Sabatier ¹, Jerome Gaillardet ², Julien Bouchez ², Laurent Augustin ³, Andrea Piccin ⁴, Ulrich Von Grafenstein ⁵, Fabien Arnaud ¹

¹ Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne *Université Savoie Mont Blanc, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5204*

² Université de Paris, Institut de physique du globe de Paris, CNRS, F-75005 Paris *IPG PARIS, CNRS : UMR7154*

³ Division technique INSU/SDU (DTI) *INSU, CNRS : UPS855 1, Place Aristide Briand 92195 MEUDON CEDEX - France*

⁴ Direzione Generale Territorio Urbanistica (RLB) *Piazza Città di Lombardia 1 20124 Milano - Italie*

⁵ Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement [Gif-sur-Yvette] (LSCE - UMR 8212) *Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines - France*

*Intervenant - william.rapuc@univ-smb.fr

Les flux de matières au sein de la zone critique (ZC) sont modifiés à la fois par les fluctuations climatiques et par l'action de l'homme en terme quantitatif (augmentation des flux particuliers minéral et organique) mais également en terme qualitatif (modification de cycles biogéochimiques). Les zones de montagne possèdent une forte dynamique de la ZC, de par les conditions environnementales intrinsèques à ces milieux. Parmi elles, les Alpes européennes sont particulièrement intéressantes car elles sont exploitées par l'Homme depuis des millénaires. L'évolution de la ZC doit être documentée sur de longue période de temps, au-delà d'observations directes actuelles, étant donné qu'elle relie des processus à différentes échelles temporelles. Pour tenter de reconstituer l'évolution long-terme de la ZC, nous adoptons une approche sources-puits basée sur i) l'analyse de la composition isotopique en Sr et Nd afin de tracer les sources des apports sédimentaires et ii) l'étude de la composition en éléments majeurs et traces pour reconstituer la dynamique des apports et l'évolution de l'état d'altération des sources au cours du temps. Le bassin versant du lac Iseo dans le Val Camonica (NW de l'Italie) a été choisi pour sa taille conséquente (1,777 km²), sa géologie diverse, facilitant l'identification des sources des apports sédimentaires, ainsi qu'une histoire d'anthropisation bien documentée. 25 échantillons de sédiments fluviaux ont été prélevés dans des laisses de crues des affluents majeurs du lac Iseo et ont été mis en relation avec les sédiments lacustres du dernier millénaire prélevés dans le bassin profond. La fluctuation des apports provenant de ces sources est discutée depuis le Petit-Age glaciaire jusqu'à l'actuel afin de comprendre l'influence du climat (précipitations, dynamique glaciaire) et de l'activité humaine sur la dynamique de la ZC à travers l'érosion et d'altération des sols dans cette région de l'arc alpin.

Mots-Clés : Sédiments lacustres ; Zone Critique ; Sources ; puits ; Géochimie isotopique

LA PLATEFORME CARBONATÉE CRÉTACÉE DE LA PLAQUE ARABE : UN MODÈLE ?

Philippe Razin ^{*1}, Carine Grélaud ¹, Julie Champagne ¹, Emmanuel Dujoncq, Jimmy Robinet,
Arnaud Lebec, Frans Van Buchem ², Volker Vahrenkamp ³, Peter Homewood ⁴

¹ ENSEGD - Bordeaux INP Université Michel de Montaigne - Bordeaux III : EA4592 1 allée Daguin 33607 Pessac - France

² Halliburton

³ Abu Dhabi Company for Onshore Oil Operation (ADCO)

⁴ GEOSOLUTIONS TRD GEOSOLUTIONS TRD 99b rue d'Ossau 64290 Gan - France

*Intervenant - razin@ipb.fr

Au Crétacé, la plaque arabe était recouverte d'une vaste plateforme carbonatée épicontinentale localisée sur la marge passive de la Néotéthys. L'architecture stratigraphique et distribution des faciès au sein des séquences de dépôt successives le long d'un transect de plus de 300 km entre les Montagnes d'Oman et les Emirats Arabes Unis fournissent des éléments intéressants, spécifiques ou non, pour la compréhension de la dynamique de tels systèmes carbonatés : (1) Après une phase d'émersion puis d'ennoyage vers la fin Jurassique, les dépôts carbonatés s'organisent en prismes de dépôt constamment progradants, sans qu'aucune phase d'ennoyage (« drowning ») ne parvienne à endiguer cette progradation et entraîner une rétrogradation significative du système. La production carbonatée outrepasse ou équilibre toujours l'accommodation, déterminant différents types de clinoforme de progradation, différentes inclinaisons des clinoformes, différentes vitesses de migration de la bordure de plateforme... (2) Tous les faciès argileux intercalés au sein des carbonates correspondent à des dépôts de plateforme interne peu profonde, y compris ceux renfermant des organismes pélagiques (ammonites) et planctoniques, ou autres foraminifères benthiques tels que des orbitolines. Les argiles proviennent principalement du bouclier arabe émergé en amont, et disparaissent progressivement en direction de la bordure de la plateforme. Cette distribution des argiles donne encore lieu à de nombreuses erreurs d'interprétation séquentielle et paléogéographique sur les séries mésozoïques de la plate-forme arabe. (3) Les dépôts de plate-forme interne sont extrêmement tabulaires et s'organisent en séquences stratocroissantes et argilo-décroissantes souvent interprétées comme des séquences « shallowing-up » bien qu'enregistrant une augmentation progressive du taux d'accommodation. (4) Les nombreuses phases d'émersion qui ponctuent les séquences sont difficiles à identifier d'un point de vue pétrographique. Elles sont évidentes lorsque de légers mouvements verticaux favorisent le développement d'incisions. Les phénomènes de karstification ne sont largement développés que lorsque des déformations tectoniques engendrent des gradients hydrauliques significatifs. (5) Différentes générations de bassins intrashelfs ou de mini-dépressions se mettent en place en réponse à un phénomène d'aggradation différentielle de la plateforme pendant les périodes d'accommodation maximale sans intervention de mouvements tectoniques. Les conditions anoxiques régnant dans ces dépressions favorisent la préservation de dépôts carbonatés riches en matière organique. (6) Les dépôts de haute-énergie de bordure de plate-forme sont principalement composés de grainstone oo-bioclastique, plus rarement de faciès bioconstruits à coraux, stromatopores, microbialite, etc. Les faciès à rudistes sont préférentiellement localisés en position d'arrière-barrière et ne forment jamais d'édifices récifaux de morphologie prononcée identifiable sur les profils sismiques. (7) Les résédimentations gravitaires le long des clinoformes sont particulièrement significatives lorsque la pente des clinoformes est la plus accusée, c'est-à-dire lorsque le taux d'aggradation de la plateforme est maximal, c'est-à-dire pendant les périodes de maximum de taux d'accommodation. (8) Les variations eustatiques sont clairement enregistrées dans ces séries crétacées, en particulier celles de grande amplitude du Berriasien – Valanginien (80 à 120 m). Les impacts majeurs des déformations tectoniques sont ceux qui initie puis qui interrompt le développement de cette plateforme au Tithonien supérieur puis au Turonien. Pour significatifs voire transposables qu'ils soient, ces éléments d'observation n'ont pas la prétention d'ériger la plate-forme crétacée de la plaque arabe en « Modèle », tout au plus celle de fournir quelques éléments de compréhension des systèmes analogues du Moyen-Orient.

Mots-Clés: Systèmes carbonatés ; Crétacé ; Plateforme arabe

PHYSIOGRAPHIE DYNAMIQUE D'UN CANYON GEANT : EXEMPLE DU GREAT ABACO CANYON, BAHAMAS

Audrey Recouvreur ^{*1}, Thierry Mulder ¹, Thibault Cavailhes ¹, Hervé Gillet ¹, Jean Borgomano ²

¹ UMR 5805 Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux (EPOC) – Université de Bordeaux (Bordeaux, France) – France

² Centre européen de recherche et d'enseignement de géosciences de l'environnement – Institut de Recherche pour le Développement - Aix Marseille Université UMR7330

*Intervenant - audrey.recouvreur@u-bordeaux.fr

Les objectifs de ce travail sont de caractériser 1°) le fonctionnement des pentes carbonatées, 2°) les processus sédimentaires qui s'y produisent et 3°) la mise en place, la persistance et l'effet sur les transferts gravitaires des canyons. De nouvelles données de bathymétrie multifaisceaux, de réflectivité et de sismique haute résolution ont été acquises durant la campagne Carambar 2. Ajoutées aux données des précédentes campagnes, ces dernières apportent des données sur l'intégralité de la pente nord du Petit Banc des Bahamas, des environnements peu profonds (25 m) de haut de pente jusqu'au domaine ultra profond (5000 m) de la plaine abyssale. Plus en détails, cette étude couvre la partie la plus à l'ouest du bassin de Blake et la partie sud du Blake Plateau séparés par un escarpement sous-marin d'environ 2500 m de hauteur : le Blake Bahama Escarpment (BBE). Ces données incluent notamment deux canyons parmi les plus grands du monde (plus de 150 km de long et 1500 m de hauteur) : le Little Abaco Canyon (LAC) et le Great Abaco Canyon (GAC). Cette étude se focalise ici sur le GAC et sa physiographie en utilisant les données de sismique haute résolution.

Ce canyon incise la pente nord du Petit Banc des Bahamas parallèlement à la plate-forme sur plus de 150 km, avec une hauteur pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres. Il est formé d'une succession de *knickpoints* et *plunge pools* d'une taille remarquable pouvant atteindre 800 m de profondeur. L'embouchure du GAC traverse le BBE et s'ouvre sur le bassin de Blake. Celle-ci se prolonge dans le bassin via un chenal sans expression topographique visible en bathymétrie. Cette structure, traduisant un export de matériel carbonaté par le GAC, est cependant observable sur les profils sismiques. Elle présente un remplissage atteignant un maximum de 500 m d'épaisseur à l'entrée de l'embouchure du canyon. Cette accumulation décroît progressivement jusqu'à atteindre une épaisseur d'une centaine de mètres à 50 km de l'embouchure. D'après l'étude des profils sismiques, la base de cette structure chenalisée est marquée par un réflecteur continu de très forte amplitude soulignant une forte érosion des réflecteurs sous-jacents. Celui-ci pourrait correspondre à une discordance angulaire et être associée à la mise en place du canyon. En outre, cette structure érosive tronque un horizon d'extension régionale (appelé " Horizon M " selon la terminologie ODP) daté du Miocène Moyen. Cela suggère une activité maximum du GAC plus récente que le Miocène Moyen.

De plus, sur les profils sismiques traversant l'embouchure du GAC, un réseau de failles de direction N110 est observable. Celles-ci présentent une géométrie en *horst* et *graben* ainsi qu'une cinématique normale. Elles semblent affecter la succession sédimentaire du Crétacé jusqu'au Miocène Moyen avec un rejet de 0.1 à 1 seconde temps-double. Comme ces failles sont alignées avec le canyon et sa structure chenalisée à l'embouchure, celles-ci semblent contrôler la localisation du GAC. De plus, ces failles présentent la même direction que le GAC et que la Great Abaco Fracture Zone, mise en place lors de l'ouverture de l'Atlantique. Ces observations suggèrent un contrôle structural ante Miocène Moyen sur la morphologie et position du GAC, probablement hérité de l'ouverture de l'océan Atlantique. Aussi, certaines de ces structures se propagent dans la pile sédimentaire du chenal à l'embouchure du canyon, suggérant une réactivation de ces failles post Miocène. Globalement, cette étude provenant du nouveau jeu de données de la campagne Carambar 2 permet d'approfondir l'origine et l'activité de ce canyon carbonaté. Cela marque notamment le caractère bref à l'échelle des temps géologiques de la mise en place et de l'activité d'un canyon de cette dimension.

Mots-Clés: Carbonate, Canyon, Pente carbonatée, Bahamas

FIRST RESULTS ON A 2D HIGH RESOLUTION STRATIGRAPHIC MODEL OF THE UPPER MONTNEY FORMATION (SPATHIAN, ALBERTA - BRITISH COLUMBIA)

Arthur Remaud ^{*1}, Estelle Moussion ¹, Vincent Crombez ², Tristan Euzen ³, Sandra Brocheray ^{*4}

¹ Unilasalle *Institut Polytechnique UniLaSalle, Institut Polytechnique UniLaSalle*

² CSIRO, Deep Earth Imaging Future Science Platform, ARRC, Kensington, WA 6151, Australia.

³ IFP Technologies (Canada) Inc., Calgary, Alberta, Canada.

⁴ Bassins Réservoirs Ressources (B2R) *Institut Polytechnique LaSalle Beauvais 19 rue Pierre Waguet 60000 Beauvais - France*

*Intervenant - arthur.remaud@etu.unilasalle.fr

Since the 1950s, the Alberta Basin has been widely explored for its conventional oil and gas potential. More recently, over the past decade, as a result of the decreasing cost for horizontal drilling and hydraulic fracturing techniques, the oil industry has generated renewed interest in exploring this region with a significant unconventional resources potential. The exploitation of self-sourced reservoirs requires a good knowledge of the physical, chemical and mechanical properties of rocks and the spatial variations of associated sedimentary geometries and heterogeneities. The study of unconventional hydrocarbons bearing formations requires an understanding of the high-resolution distribution of sedimentary.

This study focuses on the formation of the Upper Montney (Spathian sub-stage) of the Alberta Basin, located in the provinces of Alberta and British Columbia, Canada. Recent studies have shown that the Triassic of the Western Canadian Basin can be considered as a geodynamic transition period between the passive margin context and the Jurassic foreland basin. Moreover, these studies showed that the stratigraphic architecture of the Montney can be divided into three third-order sequences. The Spathian sub-stage is the latest sequence of the Montney formation itself subdivided into seven para-sequences. The Spathian can be defined by a third order transgressive-regressive cycle with a general trend towards regression. The formation is bounded at the top by a large erosion surface (SB4), so the study focuses only on the first four because they are well preserved and less prone to erosion. The aim of this study is to characterize and quantify, at high-resolution, the geological control (sedimentary and structural) on the stratigraphic architecture of Spathian deposits.

The modelling of the first four para-sequences of the Spathian on DionisosFlow is based on previous works integrating outcrop and well data. The stratigraphic model built for the present work is 170 km long and 20 km wide with a cell size of 1 km by 1 km. This model allows for a 2D simulation of the Groundbirch area and a calibration to previously published well-sections. According to previous core descriptions, we only define clastic sediment classes in DionisosFlow (shale, silt and sand). The model starts at 248.35 Myr and ends at 246.1 Myr, the equivalent of the early Spathian. This interval is divided into 4 parasequences of 0.25 Myr each modelled with a time step of 0.05 Myr.

The model results show that stratal stacking models are related to a complex interaction of parameters among which eustatic, tectonic and sedimentary variations that mainly control stratigraphic architecture. The basin architecture is controlled by regional and local subsidence. Our model shows that local subsidence has a greater impact on sedimentary architecture than regional movements. This subsidence is interpreted to be related to sediment load and appears to be associated with the inherited Paleozoic tectonic structure, including the Fort St John graben. In addition the model parameters show a decrease of the fluvial discharge and an increase of the sediment supply. Here we interpret that as a decrease of the drainage area associated with a change in its topography. In the model, detailed calibration of the architecture evolution suggested local relative sea level variation different from the global eustatic trends, with the subsidence and the water and sediments input this overall suggest a structural or geodynamical control on the basin during the Spathian.

Mots-Clés : Montney ; Spathian ; Canada ; stratigraphic modeling ; DionisosFlow ; sedimentary fluxes ; relative sea ; level

LES NIVEAUX A CARDIUM DES CHOTTS SUD-TUNISIENS : RESURGENCE DU MYTHE DE LA GRANDE BAIE DE TRITON

Jean-Yves Reynaud ^{*1}, Mohamed Ouaja ², Inès Benaoun ³, Albert Galy ⁴, Moez Mansoura ⁵, Mohamed Soussi ²

¹ LOG UMR CNRS 8187 – Université de Lille - Sciences et Technologies – France

² BSGP, LR18ES15, Université de Tunis El Manar – Tunisie

³ FSG, Université de Gabès – Tunisie

⁴ CRPG UMR CNRS 7358 – Université de Lorraine – France

⁵ DCG, Office National des Mines – Tunisie

*Intervenant - Jean-Yves.Reynaud@univ-lille.fr

Les plages à Cardium des Chotts ont été considérées comme des vestiges d'un paléolac ayant existé plusieurs fois au Quaternaire, du fait que certains sont interstratifiés dans des dépôts d'apparence fluviaux sur la bordure N du Chott Jerid. Les Cardium, qui sont tolérants aux variations de salinité, auraient été importés au stade larvaire par des oiseaux. La réinterprétation des sables d'Oudref comme un dépôt de passe tidale à l'extrémité E du Chott Fejej (voir la communication de Hallek et al., ce volume) remet en lumière la possibilité de connexions marines dans le bassin des Chotts, et nous conduit à questionner à nouveau les plages à Cardium, à partir de deux affleurements examinés en détail.

A Staftimia (C1), sur la bordure S du Chott Fejej, les Cardium forment des lumachelles interstratifiées sur plusieurs mètres dans des sables graveleux et conglomératiques à litage composite d'angle faible, incisés localement par des dunes 3D ou des petits chenaux de profondeur métrique. Les coquilles, monospécifiques et bien triées, sont peu fragmentées et très imbriquées. C'est un faciès typique de barre d'avant-plage indiquant une énergie élevée (vagues et courants), et une forte dynamique de courant EW. Les coquilles sont localement recristallisées. A Kelwamen (C2), sur la bordure S de la terminaison E du Chott Jerid, les Cardium sont épars ou concentrés en passées décimétriques dans un niveau sableux préservé sous les limons éoliens formant des lunettes en bordure du Chott. Les sables à Cardium de cette localité sont localement incisés par de petits chenaux remplis par des conglomérats de calcrètes. Dans les passées où elles sont éparses, les valves des Cardium sont parfois en connexion. Les Cardium y sont associés à des Turitelles. Toutes les coquilles sont bien conservées, pas recristallisées.

Le d18O des coquilles varie autour de 0‰ (C2) à -6‰ (C1) et le d13C entre 0,3‰ et -0,6‰ (alors que la matrice en remplissage des Turitelles de C2 possède un d13C de -2,9‰). Ce sont des valeurs qui indiquent une origine marine des coquilles. Les valeurs sensiblement plus légères du d18O de C1 ne peuvent pas être le fait de la recristallisation (qui impliquerait des températures de 25°C supérieures aux températures de surface) mais pourraient être expliquées par un effet vital lié à l'adaptation des faunes aux variations importantes de salinité en milieu marin restreint.

Les valeurs du rapport 87Sr/86Sr varient de 0,7088 (C1) à 0,7091 (C2). Dans l'hypothèse d'un bassin lacustre, la composition en strontium des coquilles devrait refléter la composition des eaux percolées dans les bassins versants du Chott. Or toutes les roches environnantes (dont certaines très solubles) sont d'origine marine et mésozoïques. Elles devraient contribuer à une signature de 0,707 au maximum. Ce résultat, associé à celui des isotopes stables, est en faveur d'une origine marine du bassin dans lequel les mollusques vivaient. En conséquence, on peut utiliser la variation isotopique du Sr pour proposer un âge au dépôt de Cardium de Staftimia (C1). Considérant que la composition isotopique serait exactement celle de l'eau de mer, cet âge serait serravalien. Des mesures complémentaires sont en cours pour préciser ce point.

A tout le moins, ces résultats remettent en cause l'interprétation exclusivement lacustre et Quaternaire du bassin des Chotts, et suggèrent l'existence antérieure d'un bassin marin néogène avec un niveau de base au moins 20 m au-dessus du niveau actuel du Chott Fejej, soit + 45 m. C'est l'idée de la Grande Baie de Triton, la mer dans le désert, qui traverse la littérature d'Hérodote à Roudaire. Les hauts niveaux eustatiques du Miocène moyen ou du Pliocène inférieur auraient ainsi pu déborder le seuil d'Oudref, séparant actuellement le bassin des Chotts de la Méditerranée, et créer dans le bassin des Chotts le prisme tidal nécessaire à expliquer la dynamique des sables d'Oudref.

Mots-Clés: Cardium, Néogène, Tunisie, Méditerranée, Chotts, Tidal, Isotopes, d13C, d18O, 87/86Sr

SUBMARINE SEDIMENT RECORD OF THE 2009 SOUTH PACIFIC TSUNAMI AND 1960 GREAT CHILEAN EARTHQUAKE TSUNAMI IN TUTUILA, AMERICAN SAMOA

Brieuc Riou ^{*1,2}, Eric Chaumillon ¹, Catherine Chagué ³, Pierre Sabatier ⁴, Jean-Luc Schneider ²

¹ Littoral Environnement et Sociétés (LIENSs) – Université de La Rochelle, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR7266 – France

² Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Côtiers (EPOC) – Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Côtiers (EPOC) – France

³ School of Biological, Earth and Environmental Sciences (UNSW - BEES) – Australie

⁴ Environnements, Dynamiques et Territoires de la Montagne (EDYTEM) – CNRS : UMR5204, Université de Savoie – Université de Savoie - France

*Intervenant - brieuc.riou@u-bordeaux.fr

Following recent tsunamis, most studies have focused on the onshore deposits, while the offshore backwash deposits, crucial for a better understanding of the hydrodynamic processes during such events and offering an opportunity for sedimentary archives of past tsunamis, have mostly been omitted.

The SAMOA campaign was carried out in Tutuila (American Samoa) in September 2015, following the 2009 South Pacific Tsunami, which impacted the island with maximum wave height reaching 7 m and run-up locally reaching 20 m. Seafloor bathymetry and reflectivity data, extensive 2D seismic and sediment cores were collected in Pago Pago Bay. Geophysical data were processed and sediment cores were split in half, described, analyzed for grain size and geochemical composition, and dated using both ²¹⁰Pb and radiocarbon. Thin sections were also prepared and examined.

Our study showed that a unique sedimentary record of the backwash from two historic tsunamis, namely the 2009 South Pacific Tsunami and the 1960 Great Chilean Earthquake Tsunami, was preserved in Pago Pago Bay. Although not always concomitant with a marked grain size change, backwash deposits are identified by terrestrial geochemical (high Ti/Ca ratio) and mineralogical signatures (plagioclase, iddingsite and pyroxene minerals eroded from the volcanic basement), associated with micro-deformations (asymmetric flame structures). These micro-deformations are described for the first time in historic shallow marine backwash deposits and lead us to propose an improved depositional mechanism for tsunami backflow based on hyperpycnal currents.

This study brings a new criterion to the proxy toolkit for identifying tsunami backwash deposits. It also shows that sheltered shallow marine environments located in areas repeatedly impacted by tsunamis offer a higher potential for sediment preservation. Such environments seem to be ideal for the reconstruction of local paleo-tsunami catalogs but also other types of extreme wave events such as storms/cyclones. The recent history with destructive tsunami events in the last two decades has shown the importance of evaluating coastal natural hazards. Thus, sheltered bays should be preferentially investigated for coastal risk assessment.

Mots-Clés: tsunami, backwash, sédimentologie, géochimie, minéralogie, courants hyperpycniaux

AN APPLICATION OF STRATIGRAPHIC FORWARD MODELLING: TRAINING AI MODELS FOR LOG PREDICTION AND SEISMIC INTERPRETATION

Agathe Ripoll ^{*1}, Yannick Fuchey ¹, Mostfa Leijri ², Sergio Courtade ²

¹ Schlumberger Montpellier – Schlumberger Petroleum Services, Montpellier, 34000, France – France

² Schlumberger Stavanger – Norvège

*Intervenant - agathe.ripoll@etu.unilasalle.fr

Oil and gas industry request digital efficient solutions for big data management. Indeed, companies are dealing with high volume of legacy stored data and new ones acquired by cutting edge technologies which generates tera octets of them. Furthermore, exploration and development projects are getting more complex for mainly three reasons: nowadays discoveries are specific petroleum systems, projects are way bigger (unconventional domain), or re-development studies of producing fields so as to maximize production. Thus, management of big data in complex geological system is a top priority requirement for coming digital solution applied to Oil & Gas.

To answer this use case, oil and gas services companies are about to commercialize some automatic interpretation solutions at reservoir scale. However, new workflows are currently in development to integrate artificial intelligence (AI), at bigger scale studies. This approach mimics and amplifies human brain capabilities. With a big amount of input data, the AI assigns to the device a progressive learning ability which enhance its capacities along time.

What are the steps that compose an automatic stratigraphic interpretation workflow based on IA at basin scale?

To address that, a workflow has been established divided in three parts: the build of stratigraphic models, the extraction of data from those models, and a recognition and learning phase.

A stratigraphic study at basin scale involves dealing with a large amount of data which is complex and time-consuming. Thus, building an automated process involves giving to the machine a large quantity of detailed stratigraphic data. To do so, modelling geological models thanks to GPM module on Petrel© with a stratigraphic forward modeling approach allow to produce such stratigraphic data at basin scale. Geological parameters being controlled, each stratigraphic sequence can be identified and isolated. Thus, numerical objects highlighting those sequences are extracted to be crossed and related to wells and seismic data.

Synthetic seismic and pseudo-wells are extracted then from GPM models as input data for the learning phase. As they are related and labeled to numerical stratigraphic sequences, they become key elements to the understanding for the basin. By associating this data sets to basin depositional sequences, a numerical library of object corresponding to those sequences can be extracted and indexed for the AI knowledge. Indeed, it learns schematic associations of wells or seismic linked with the numerical objects corresponding to sequences. The more correlation there will be as input for the learning phase, the more the device will recognize complex stratigraphic sequences.

This experimental AI workflow is an innovative approach for oil and gas software services. As such, results are still yet to be discovered and analyzed. Its achievement is currently tested gathering needed requirements and particularly shifted toward creation of synthetic data as an input for IA.

Mots-Clés: Stratigraphic interpretation, automation, basin scale, well logs, seismic interpretation, artificial intelligence, synthetic wells, synthetic seismic, forward modeling, GPM.

LA FORMATION DU FLYSCH DE MOTTA SAN GIOVANNI (CALABRE, ITALIE) : UN EXEMPLE DE SYSTÈME TURBIDITIQUE CONFINÉ EN CONTEXTE EXTENSIF

Nathan Rispal ^{*1}, Adrien Marchiel ¹, Hugo Chirol ¹, Tom Kubiak ¹, Sandra Brocheray ¹, Julien Bailleul ¹,
Pascal Barrier ¹, Sébastien Rohais

¹ Bassins Réservoirs Ressources (B2R) – Institut Polytechnique LaSalle Beauvais – 19 rue Pierre Waguet 60000 Beauvais, France

*Intervenant - nathan.rispal@orange.fr

Les systèmes turbiditiques développés dans des bassins confinés ont fait l'objet de nombreuses études en domaines compressifs (bassins perchés sur prisme de subduction (BAILLEUL *et al.*, 2007), bassins d'avant pays (ETIENNE, 2012), ou encore dans des bassins intra-pentes formés par halocinèse (PRELAT *et al.*, 2009) mais très peu dans des bassins mis en place dans des contextes extensifs. Leur étude permet d'évaluer l'influence de la morphologie d'un bassin sur l'architecture des dépôts turbiditiques.

Ce travail s'intéresse à l'architecture stratigraphique d'un système turbiditique confiné à partir de l'étude d'affleurements incluant des coupes sédimentologiques métrées sérieuses, des dessins architecturaux sur photo-panorama, des mesures de paléo-courants et des analyses microfaciès. Le cas d'étude correspond aux grès turbiditiques de la Formation du Flysch de Motta San Giovanni, qui affleurent en , à l'extrême sud de la Calabre,. D'âge miocène moyen-supérieur, ces grès se sont mis en place à la transition entre un contexte d'arrière-arc extensif et le *wedge-top* surmontant le prisme Calabrais. Ces dépôts sont préservés dans des sous-bassins organisés en blocs basculés délimités par des failles normales d'orientation Nord-Est Sud-Ouest. Ces failles ont été initiées à l'Aquitaniens et sont encore actives au Langhien. La Formation du Flysch de Motta San Giovanni est subdivisée en deux ensembles : la partie inférieure, " Motta 1 ", correspond à des argiles macrofaune bathyales à coraux et échinides (> 1000 m de bathymétrie), et la partie supérieure, " Motta 2 ", correspond aux séquences turbiditiques. Les données récoltées ont permis l'élaboration d'un modèle de faciès distinguant les éléments architecturaux de lobes (*lobe axis*, *lobe off-axis*, *lobe fringe*), de chenaux, et de levées. Cette distinction des différents éléments architecturaux du système turbiditique a permis ensuite d'étudier l'évolution des dépôts au cours du remplissage des sous-bassins. Ainsi, deux séquences de dépôts progradantes constituées successivement de faciès de lobes puis de chenaux ont été observées dans le sous bassin de Motta San Giovanni (secteur ouest). Dans le sous-bassin de Melito di Porto Salvo, plus au sud, c'est un enchainement de six systèmes de lobes, organisés en séquences strato et grano-croissantes, qui a pu être décrit. La base de la série gravitaire est souvent caractérisée par la présence de *Mass Transport Deposits* qui peuvent également s'intercaler parfois au sein même des unités turbiditiques. L'enchainement type des faciès dans un remplissage *enfill and spill*, composé de *Mass Transport Deposits*, de lobes, puis de chenaux et enfin de surfaces d'érosions d'écoulements en *by-pass*, a été enregistré dans le bassin de Motta San Giovanni. Les interactions entre les bordures du bassin et les écoulements turbiditiques, identifiables sous la forme de sillons d'affouillements pluri-métriques, ont été identifiées dans des dépôts en *onlaps* sur les bordures du bassin de Melito di Porto Salvo. Tous ces critères permettent de soutenir le caractère confiné des écoulements turbiditiques pendant la mise en place de la Formation des Flysch de Motta San Giovanni au sein de blocs basculés successifs.

Références :

- BAILLEUL, J., ROBIN, C., CHANIER, F., GUILLOCHEAU, F., FIELD, B., ET FERRIÈRE, J. 2007. Turbidite systems in the inner forearc domain of the Hikurangi convergent margin (New Zealand): new constraints on the development of trench-slope basins. *Journal of Sedimentary Research*, volume 77, p.263-283.
- ETIENNE, S. 2012. Caractérisation architecturale haute-résolution des lobes turbiditiques sableux confinés. Exemple de la Formation des Grès d'Annot Eocène-Oligocène, SE France. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 1, 317p
- LIU, Q., KNELLER, B., FALLGATTER, C., ET VALDEZ BUSO, V. 2018. Quantitative comparisons of depositional architectures of unconfined and confined turbidite sheet systems. *Sedimentary Geology*, volume 376, p.72-89.
- PRELAT, A., HODGSON, D.M., ET FLINT, S.S. 2009. Evolution, Architecture and hierarchy of distributary deep-water deposits: a high-resolution outcrop investigation from Permian Karoo Basin, South Africa. *Sedimentology*, volume 56, n°7. p. 2132-2154.
- SINCLAIR, H. D., ET TOMASSO, M. 2002. Depositional evolution of confined turbidite basins. *Journal of Sedimentary Research*, volume 72, p.451-456.

Mots-Clés: Calabre, turbidite, bassin confiné

SOUTHERN PATAGONIAN WEDGE DYNAMICS INFERRED BY TECTONO-STRATIGRAPHIC SEQUENCES AND EVOLUTION OF THE MAGALLANES-AUSTRAL FORELAND BASIN (CHILE)

Huber Rivera ^{*1,2}, Joseph Martinod ², Marcelo Farías ¹, Jacobus Le Roux ¹

¹ Department of Geology, FCFM, University of Chile – Chili

² Institut des Sciences de la Terre (ISTerre) – Université Grenoble Alpes, Université Savoie Mont Blanc, CNRS, IRD, IFSTTAR, ISTerre, 38000 Grenoble, France – France

*intervenant - riverarh@univ-grenoble-alpes.fr

Active mountain chains in zones of convergence are the result of the tectonic activity generating relief. This relief under the influence of climate and surface processes develops different erosion patterns, drainage network, and sediment dispersal routing that finally contributes to the sedimentary basins growth. Therefore, the close relationship between tectonic processes occurring in the orogen and the sedimentary sequences hosted in foreland basins gives insights into the dynamics of orogenic wedges. In the southernmost Andes, the difficulty of access to study the thrust sheets, style, and stages of deformation in the Southern Patagonian orogen, have obscured the well understanding of this part of the chain. Then, the comprehension of the evolution of the Magallanes-Austral Basin, in terms of its sedimentary fill evolution, basin architecture and subsidence, routing systems, and the evolution of the source rock terranes helps in knowing the development of the Southern Patagonian Andes. In this work, we present the combination of subsurface and outcrop data, including seismostratigraphic analysis, sedimentology, backstripping, and integrated provenance (sandstone/conglomerate petrography, geochemistry, and detrital zircon U-Pb geochronology) results of the Late Cretaceous through Miocene strata of the Magallanes-Austral Foreland Basin. We evaluate the long-term evolution of the accommodation space and the location of major sediment accumulation zones, the sedimentary evolution of the basin and the dynamic response of the stratigraphic sequences to pulses of deformation in the orogen. With this approach, it is possible to obtain better constraints on the temporality, duration, and velocity of the sedimentary and tectonic processes and ultimately to infer changes in the wedge dynamics of the orogen in terms of the critical-taper theory. Three second-order shallowing cycles are recognized that last from the Late Cretaceous to early Miocene. They can roughly be compared to underfilled-overfilled cycles. However, only one true overfilled cycle represented by the onset of the continentalization of the environments is recognized during the Oligocene-early Miocene. This cycle occurs when the Southern Patagonian orogen reaches a greater topographic expression that leads to the establishment of a rain shadow in the foreland basin. The first two underfilled-to-overfilled are represented by the progressive shift from bathyal-pelagic facies dominated by longitudinal sediment transport to shallow marine facies with sediment transport direction preferentially transversal to the basin axis. The backstripping results show accelerated subsidence from latest Cretaceous to Paleocene in the proximal foredeep but scarce to null subsidence in the forebulge zone. Afterward, we observe a progressive deceleration in the foredeep subsidence, while subsidence increases in the distal forebulge from the early Eocene to early Miocene. Additionally, we recognize eight tectono-stratigraphic sequences (2 for the Late Cretaceous and 6 for the Cenozoic) bounded by regional unconformities visible both in surface and subsurface data. They are mainly linked to tectonic loading and unloading phases, but some of them are enhanced by base-level changes. Considering the evolution of the Southern Patagonian Andes as a critical-taper wedge, we can infer that a supercritical state occurred twice during its evolution. The first occurrence, from *ca.* 85-67 Ma, is characterized by the incorporation of the basement, and mafic rock terranes in the hinterland. The second one, from *ca.* 30-20 Ma, represents another phase of internal rejuvenation and uplift of early foreland strata, metamorphic, and volcanoclastic terranes in the rear of the wedge (hinterland), by means of whether back-thrusting, out-of-sequence thrusting, or basal accretion in the orogenic wedge. Accentuated erosion and frontal accretion of new thrust sheets are the two possible mechanisms to make critical the taper. However, given the difficulty in eroding certain types of rocks in the hinterland, the latter mechanism seems to be the most effective, leading to the widening of the thrust-belt and migration of the foredeep. This occurred *ca.* 66-47 Ma, and *ca.* 19-15 Ma ago. In this way, the migration of deformation front to the foreland decreases internal contractional deformation, abating the pro-side slope to sustain the wedge stability.

Mots-Clés: Southern Patagonian Andes, Magallanes/Austral foreland basin, basin evolution, provenance, seismostratigraphy

DYNAMIQUE FLUVIO-GLACIAIRE LGM AU FRONT DU LOBE LYONNAIS DANS LA REGION DU BAS DAUPHINE

Thibault Roattino ¹, Christian Crouzet ^{*1}, Jean-François Buoncristiani ²

¹ Institut des sciences de la Terre – Université Savoie Mont Blanc : UGA, CNRS, IRD, IFFSTAR – France

² Biogéosciences – Université de Bourgogne – France

*Intervenant - hcro@univ-savoie.fr

Dans la région du Bas Dauphiné, il existe plusieurs systèmes fluvio-glaciaires en liaison directe avec les dernières avancées glaciaires alpines (LGM). Sur ce secteur, les études antérieures du complexe des moraines internes et des terrasses fluviales associées, montrent à partir de critères géomorphologiques, différents stades de retrait du glacier delphino-savoisien. Cependant, la dynamique sédimentaire et la chronologie de ces dépôts fluvio-glaciaires reste à ce jour mal connue et basée uniquement sur des travaux anciens (Mandier, 1988). Dans ce cadre, nous avons entrepris une nouvelle étude approfondie, couplant approche géomorphologique, stratigraphique et sédimentologique, de trois systèmes fluvio-glaciaires (les vallées mortes d'Heyrieux, de Septème et de Moidieu) ayant fonctionné uniquement durant le (ou les) crue(s) glaciaires paroxysmales. L'analyse géomorphologique se base sur l'utilisation d'un MNT haute résolution (RGE 5m). L'analyse sédimentologique et stratigraphique a été possible grâce aux observations dans les carrières en activité couplées à l'utilisation des forages de la BSS (BRGM).

L'analyse géomorphologique, basée sur des critères objectifs (intensité de la pente) a permis de démontrer l'existence de plusieurs terrasses fluviales pour chaque couloir fluvio-glaciaire. Le couloir de Moidieu, situé le plus au sud montre quatre terrasses, dont trois se raccordent parfaitement aux dépôts morainiques. Pour les deux autres systèmes fluvio-glaciaires, le nombre de terrasse est moins important, deux terrasses sont présentes dans le couloir de Septème et une seule dans le couloir de Heyrieux. D'après ces résultats, nous démontrons pour la première fois une diminution du nombre de terrasse en allant vers le Nord. A partir des données de forage, nous avons pu définir la géométrie en 3D du substratum anté-quaternaire. Sur le secteur analysé, l'accommodation pour les dépôts quaternaires reste faible (entre 5 et 50m) car le substratum ne montre pas de creusement important, mais seulement quelques dépressions peu profondes probablement héritées de cours d'eaux messiniens orientés NE-SW.

Les descriptions sédimentologiques ont permis une analyse des processus et des environnements de dépôts associés. Deux principaux faciès ont été distingués : faciès 1- il est constitué par des séquences massives de graviers polygéniques à stratifications horizontales et quelques grandes lentilles de sables montrant des rides de courant, ce faciès est mis en place par des courants d'écoulement hyperconcentrés ; faciès 2- il est constitué par des séquences d'un conglomérat polygénique à stratifications entrecroisées avec de nombreuses petites lentilles de sable, ce faciès est mis en place par des courants tractifs engendrant des systèmes de type cut-and-fill. Les différents faciès observés montrent clairement que l'enregistrement sédimentaire se localise dans la zone proximale d'un système fluvio-glaciaire.

La géomorphologie met en évidence quatre niveaux de terrasses, dont la plus haute, très fragmentaire, est attribuée à la glaciation du Riss. Les trois terrasses LGM ne sont pas retrouvées dans tous les couloirs fluvio-glaciaire suggérant un fonctionnement des couloirs différent et/ou asynchrone. Ces terrasses sont probablement le fruit de trois phases de retrait ou de stationnement du glacier delphino-savoisien et pourraient également montrer une augmentation différentielle du soulèvement crustal lié au retrait glaciaire.

Mandier, P., 1988. Les problèmes chronologiques posés par les phases de la récession Wurmienne dans la moyenne vallée du Rhône. *Bulletin de l'association française pour l'étude du Quaternaire*, 2(3), pp. 123-128.

Mots-Clés: LGM, fluvio, glaciaire, géomorphologie, Bas Dauphiné, quaternaire

ARCHITECTURE INTERNE DES DUNES LITTORALES DE LA CÔTE AQUITAINE PAR GEO-RADAR (GPR) : EXEMPLE DES PLAGES DU TRUC VERT ET DE BISCARROSSE

Nicolas Robin ^{*1}, Julie Billy ², Bruno Castelle ³, Patrick Hesp ⁴, Quentin Laporte-Fauret ³, Alexandre Nicolae Lerma ⁵, Vincent Marieu ³, David Rosebery ⁶, Nadia Senechal ⁷, Stéphane Bujan ⁷, Benoit Destribats ⁶, Richard Michalet ⁷

¹ CEFREM, Université de Perpignan Via Domitia, 52 Avenue Paul Alduy, 66000 Perpignan, – Université de Perpignan – France

² BRGM French Geological Survey, Risks and Prevention Division – BRGM - Direction des Risques et de la Prévention – France

³ EPOC – CNRS, université de Bordeaux, Bordeaux INP – France

⁴ Beach and Dune Systems (BEADS) Laboratory, School of the Environment, Flinders University, Faculty of Science and Engineering, Bedford Park, Adelaide, South Australia, 5041 – Australie

⁵ BRGM French Geological Survey, Regional Direction Nouvelle-Aquitaine, Pessac – BRGM – France

⁶ Office National des Forêts - ONF (FRANCE) – Office National des Forêts - ONF (FRANCE) – France

⁷ EPOC – Univ. Bordeaux-CNRS – France

*Intervenant - nicolas.robin@univ-perp.fr

Les dunes littorales sont des entités sédimentaires présentes sur la plupart des côtes sableuses. Elles présentent non seulement un intérêt pour la richesse écologique qu'elles abritent mais aussi pour le rôle capital qu'elles exercent dans la protection des terres face à l'aléa de submersion marine. Si leur dynamique naturelle est relativement bien comprise, leur évolution devient beaucoup plus complexe lorsqu'elle a connu des interventions humaines (e.g. remodelage mécanique, paillage). Connaître leur architecture interne peut permettre de remonter aux différents remodelages et aux évolutions naturelles qui ont suivi. Cette architecture permet d'appuyer ou affiner les modèles conceptuels de construction et d'évolution du milieu dunaire (long terme ou post-tempête), identifier la signature de périodes de très fortes énergies ou encore appréhender l'impact des travaux de remodelage. L'objectif de cette communication est de restituer les premiers résultats du projet DUREX (*DUne Reflector EXperiment*) qui vise à apporter des connaissances sur l'architecture interne des dunes littorales de la côte Aquitaine. Deux premiers sites aux trajectoires d'évolution contrastées ont été investigués, les dunes littorales des plages du Truc Vert et de Biscarrosse, deux sites labélisés par le Service National d'Observation DYNALIT. Les dunes y sont bien développées avec des hauteurs atteignant 20-25 m et présentent des faciès type que l'on peut retrouver ailleurs en Aquitaine (dune blanche, dune grise...). La méthodologie employée repose en partie sur une campagne géophysique à l'aide d'un geo-radar, qui est une méthode non-invasive permettant d'obtenir une coupe 2D de l'architecture interne de la dune. Trois antennes géoradar Mala de fréquences différentes ont été utilisées (100, 250 et 500 MHz) afin d'allier profondeur de pénétration et résolution du signal. L'instrument a été couplé à un DGPS centimétrique afin de restituer précisément la topographie des transects. L'interprétation des données géophysiques est associée à l'exploitation de données topographiques LIDAR et photogrammétrie par drone afin de restituer les évolutions topographiques depuis 2011, ainsi qu'à des photographies aériennes historiques de l'IGN. L'interprétation est également réalisée à l'aide des archives de l'Office National des Forêts, organisme en charge de la gestion de la dune littorale, pour retracer les différentes interventions réalisées depuis plus d'un siècle. Les campagnes géophysiques ont permis d'imager l'organisation interne des dunes jusqu'à 20 m de profondeur et de montrer que les deux sites présentent des structures internes très différentes. Sur le site du Truc Vert, 4 unités sont observées : i) une première unité servant d'accroche à l'ensemble du système, interprétée comme le résultat de la mise en place d'une palissade à la fin du 19^{ème} siècle ; ii) une unité progradant vers l'Est montrant une surface d'érosion sur son toit (17-18 m IGN.69) témoignant du reprofilage des dunes aquitaines dans les années 70-80 ; iii) une unité progradant vers l'Ouest, qui présente des marques d'érosion interprétées comme l'action des tempêtes de l'hiver 2013-2014 ; iv) une unité aggradante de surface correspondant au "chapeau" des dunes. Sur le site de Biscarrosse, le système dunaire repose sur plusieurs paléosols subhorizontaux. On peut distinguer : i) une unité progradante vers l'Est sur 100 mètres et située au-dessus d'un paléo-sol subhorizontal d'altitude + 6 m IGN.69 ; ii) plusieurs unités aggradantes en arrière dune ; et iii) une unité aggradante de surface, chapotant le reprofilage historique de la dune. L'ensemble des structures des deux sites d'étude sont interprétées en terme d'évolution permettant d'identifier les grandes périodes d'accrétion et de progradation, d'érosion, de stabilisation et d'événements majeurs en terme d'histoire de dune et de gestion dunaire anthropique.

Mots-Clés: gpr, stratigraphie dunaire, aquitaine

PATTERNS OF ORGANIC CARBON ENRICHMENT IN A LACUSTRINE SYSTEM ACROSS THE K-T BOUNDARY: INSIGHT FROM A SOURCE-TO-SINK ANALYSIS OF THE YACORAITE FORMATION, SALTA RIFT BASIN, ARGENTINA

Sébastien Rohais ^{*1}, Youri Hamon¹, Rémy Deschamps¹, Valérie Beaumont¹, Marta Gasparrini¹, Daniel Pillot¹,
Maria Fernanda Romero-Sarmiento¹

¹ IFPEN – Institut Français du Pétrole – Energies Nouvelles – France

*Intervenant - sebastien.rohais@ifpen.fr

An integrated source-to-sink approach was applied using sedimentary, geochronology, geochemical and isotopic datasets to better understand the complex interactions between production, destruction, and dilution processes that characterize the dynamic of organic-rich sediments. This approach was tested on the Late Cretaceous to Early Cenozoic Yacoraite Formation, a typical lacustrine source rock from the Salta rift Basin (NW Argentina). The Yacoraite Formation corresponds to a mixed carbonate-siliciclastic lacustrine sedimentary system, deposited during the sag phase (post-rift) and also records the K-T boundary. We show that the Yacoraite Formation recorded major climate changes that can be documented in terms of catchment dynamic, erosion processes, carbonate accumulation trends, lacustrine dynamic and source rock quality. The background organic matter corresponds to Type I, dominated by algal growth (mean HI 600-800 mgHC/gTOC, TOC0 1-2 wt.%). The K-T boundary was the climax of a climate change initiated ca. 0.3 Myr before that induced a major change in the catchment weathering processes, which temporally corresponds to the accumulation of poor quality source rock intervals (TOC0 $\leq$ 0.2 wt.% and HI < 50 mgHC/gTOC) in these series. The location of the K-T boundary is highlighted by a main negative anomaly in $\delta^{13}\text{C}$ of the carbonate deposits of the Yacoraite Formation, as also supported by absolute U-Pb dating of interfingered volcanic ashes. It was followed by a major pulse in paleo-productivity, in turn followed by a major pulse in TOC0 (10-15 wt.%) under anoxic conditions. In ca. 0.2 Myr the lacustrine dynamic and the related organic-carbon enrichment resumed to their initial setting, just prior to the prelude K-T boundary climate change. The results suggest that the Yacoraite Formation can be considered as a world-class example to illustrate how the K-T boundary is recorded in lacustrine sediments.

Mots-Clés: source rock, organic carbon, K, T boundary, lacustrine, Salta rift, Argentina, source, to, sink

SEDIMENTOLOGIE ET GEOMORPHOLOGIE SISMIQUE 3D DES SEQUENCES GLACIOGENIQUES DU PALEOZOÏQUE SUPERIEUR (DEVONIEN SUPERIEUR ET CARBONIFERE) DU BASSIN DU CHACO (BOLIVIE)

Stephane Rousse *¹, Frederic Schneider ¹

¹ Beicip-Franlab – Beicip Franlab, Beicip-Franlab – France

*Intervenant - stephane.rousse@beicip.com

En Bolivie méridionale, dans le bassin du Chaco et les chaînons subandins adjacents, l'enregistrement sédimentaire de la glaciation de la fin du Paléozoïque se traduit par le développement d'une épaisse succession glaciogénique à base érosive, atteignant entre 600 et 1000 m de puissance. Cette série, organisée en deux groupes stratigraphiques partiellement amalgamés (i.e. Machareti et Mandiyuti) et dont l'âge s'étire du Dévonien Supérieur au Permien Inférieur comprend jusqu'à 4 épisodes de glaciation majeurs. Ces séries renferment localement des ressources en hydrocarbures significatives dont l'exploration et le développement demeurent incertains.

Via une approche intégrée, associant données de terrain, de puits (carottes et diagraphies) ainsi que l'analyse de plusieurs cubes sismiques disponibles, l'intimité de l'architecture sédimentaire de ces séries a pu être approchée.

La reconnaissance et le suivi physique de certaines surfaces d'érosion glaciaires dans les données sismiques a permis de définir les enveloppes de cycles glaciogéniques (séquences) contraints par 2 surfaces d'érosion glaciaire successives.

Les faciès sédimentaires au sein des cycles/séquences, étudiés sur carottes et sur affleurements, s'organisent en 5 associations majeures montrant des dépôts sous-glaciaires, proglaciaires et péri-glaciaires, voire interglaciaires dans certains cas.

Par le pointé détaillé des surfaces d'érosion glaciaires et l'utilisation systématique d'"horizon-slices", l'analyse sismo-géomorphologique 3D à l'échelle d'une séquence unitaire permet de mettre en évidence la complexité intrinsèque de l'organisation spatiale des corps sédimentaires. Cette complexité semble régie en grande partie par la dynamique des glaciers (avancée/retrait et comportement du réseau de drainage des eaux de fonte) et l'espace d'accommodation (topographie créée, isostasie et subsidence).

De fait, différents objets stratigraphiques sont imagés distinctement à l'échelle des cubes sismiques, tels:

- des linéations glaciaires (drumlins) présents sur les surfaces d'incision;
- des réseaux de chenaux sous-glaciaires participant au remplissage de la partie basale de l'incision;
- des systèmes d'"ice-contact fan" et leur réseau d'alimentation qui constituent l'essentiel du remplissage (prisme de "grounding zone") pendant les phases de retrait et/ou de réavancée glaciaires;
- des bourellets morainiques construits lors de réavancées mineures.

L'ensemble de ces objets et la topographie résiduelle existante le cas échéant sont progressivement ennoyés en phase interglaciaire par des dépôts fins de type "varves".

La partie supérieure de la séquence, si préservée d'une érosion sus-jacente, montre l'arrivée progressive dans le bassin de faciès distaux proglaciaires (dépôts hyperpycniaux/turbidites gréseux et diamictites) correspondant à la phase de réavancée du glacier.

Si l'architecture interne d'une unique séquence glaciogénique apparaît comme complexe, l'emboîtement potentiel de cycles successifs et leur amalgame consécutif du fait d'incisions plus récentes prononcées, tend à rendre la prédiction des corps réservoirs très délicate dans de tels systèmes sédimentaires.

Mots-Clés: Carbonifère, Sédimentologie glaciaire, géomorphologie sismique, architecture stratigraphique, bassin du Chaco, Bolivie

REVISION DE L'ARCHITECTURE STRATIGRAPHIQUE DES GRES D'ERQUY-FREHEL : RESULTATS PRELIMINAIRES

Emerik Royer ^{*1}, Julien Sauvage ¹, Olivier Bain ¹, Renaud Toullec ¹, Sébastien Rohais

¹ EA 7511, Basins-Réservoirs-Ressources (B2R), département Géosciences, UniLaSalle, Beauvais, France – Institut UniLaSalle Beauvais – France

*Intervenant - Emerik.ROYER@etu.unilasalle.fr

La série conglomératique et grés-feldspathique rouge azoïque d'Erquy-Fréhel d'âge Ordovicien, affleure le long de la Côte d'Emeraude (France, Côtes-d'Armor) sur plus de 15 km au niveau de l'Unité tectonique cadomienne de St Brieuc, orientée NE-SW et délimitée à l'est par la Zone de cisaillement de la Baie de la Fresnaye.

La série est découpée en plusieurs membres avec des analyses sédimentologiques détaillées disponibles très peu nombreuses. Après les travaux pionniers de Pruvost & Waterlot (1936), seuls la thèse de Went (1988) et les articles publiés après ses travaux de thèse se sont intéressés à la sédimentologie de la série d'Erquy-Fréhel.

Ces niveaux sont parfois aquifères et présentent donc un intérêt majeur en termes de caractérisation réservoir et peuvent servir d'analogie pour des champs ayant évolué dans des contextes tectono-sédimentaires similaires.

La qualité des affleurements, les débats sur les modalités d'érosion de la chaîne Cadomienne dans un contexte d'absence de couvert végétal et les interrogations sur le contexte géodynamique au cours de l'Ordovicien (rift ou post-rift) en font un cas d'étude particulièrement intéressant pour extraire du signal sédimentaire des contraintes sur l'évolution du bassin. Les séries d'Erquy-Fréhel font apparaître une organisation complexe de corps sableux dont les structures en remplissage et en accretion font apparaître des géométries complexes en dômes et creux de différentes longueurs d'ondes depuis l'échelle pluri-décamétrique à l'échelle infra-métrique ; les structures 3D sont légion (TCS, HCS, SCS ...) avec des paléo-courants (plus de 5000 mesures) se dirigeant majoritairement vers le Nord-Nord-Ouest puis vers le Nord-Est indiquant plusieurs sources d'apports liés certainement à des modifications dans les paléo-topographies.

D'un point de vue pétrographique, les grès sont très peu évolués, peu ou mal triés avec souvent des fragments lithiques issus de la chaîne cadomienne, et dont les feldspaths sont ubiquistes caractérisant les formations souvent arkosiques de cette époque et visibles dans d'autres formations ordoviciennes bretonnes.

La Formation d'Erquy, massive en son centre, se termine par un ensemble à granoclassements normaux. Suite à cela, s'en suit un empilement de bancs (entre 30 cm et 1m) de corps sigmoïdes et de stratifications entrecroisées montrant de nombreux *pinch-outs*. Séparés par les Conglomérats de Sévigné délimitant sa base, le début de la Formation de Fréhel est globalement constituée de cycles à granoclassements inverses montrant également de nombreux litages obliques et stratifications entrecroisées.

Les environnements de dépôts sont à affinité deltaïque/cône alluvial/plaine alluviale avec parfois une influence marine en domaine de shoreface avec courants tidaux et tempestites.

Cette étude préliminaire permet de rendre compte de la complexité de l'architecture stratigraphique ordovicienne en Nord-Bretagne afin de poser les jalons pour de futures investigations. Egalement, des études diagénétiques devront être menées pour comprendre la distribution de surcroissances de quartz se concentrant à certains niveaux métriques bien définis, ainsi que pour expliquer des néo-formations d'illites provenant clairement de l'altération des feldspaths (auxquelles pourraient se surimposer des argiles syn-sédimentaires). En général très tight, les grès de Fréhel peuvent être altérés et fracturés ; Le lien entre position stratigraphique, lithologie, diagenèse et fracturation fera l'objet de futures études.

Mots-Clés: Géométries sédimentaires, Grès, Ordovicien, Erquy, Fréhel, Bretagne, France

TYPOLOGIES, PROCESSUS ET STRATIGRAPHIE DES CONTOURITES DANS LE RIFT DE CORINTHE - APPROCHE INTEGREE TERRAIN, SISMIQUE ET DONNEES OCEANOGRAPHIQUES

Romain Rubi ^{*1}, Sébastien Rohais ², Sylvie Bourquin ³, Aurélia Hubert-Ferrari ¹, Isabelle Moretti ⁴, Elias Fakiris ⁵, Dimitris Christodoulou ⁵, Xenophon Dimas ⁵, Maria Geraga ⁵, George Papatheodorou ⁵

¹ Université de Liège, département de Géographie – Belgique

² IFPEN – Institut Français du Pétrole – Energies Nouvelles – France

³ Géosciences Rennes – CNRS : UMR6118 – Géosciences Rennes, CNRS UMR 6118, Université de Rennes 1, OSUR, 35042 Rennes Cedex, France, France

⁴ Sorbonne Université, CNRS-INSU, Institut des Sciences de la Terre Paris, ISTeP UMR 7193 – Sorbonne Universités, UPMC, CNRS – France

⁵ Department of Geology, University of Patras, Patras, Greece – Grèce

*Intervenant - romain.rubi@uliege.be

Les dépôts sédimentaires associés aux phases de rifts sont contrôlés par le contexte géodynamique et les failles normales. Lors de l'initiation du rift, les dépôts sont continentaux et généralement formés par des réseaux fluviaux débouchant dans des lacs isolés. Dans une deuxième phase, ces sous-bassins se connectent et s'approfondissent laissant place à une sédimentation clastique lacustre ou marine. Parallèlement à ces processus gravitaires de dépôts, les sédiments peuvent être remaniés par des processus indépendants de la source sédimentaire, pendant ou après le dépôt, par des courants de fond.

Bien que le Rift de Corinthe ait été largement étudié, les modèles tectono-sédimentaires existants sont basés sur une sédimentation gravitaire, et ne considèrent pas ces processus de remaniement. Une approche intégrée basée sur de nouvelles données sédimentologiques, sismiques et océanographiques, d'affleurements et de carottes, permet d'illustrer la formation d'un système sédimentaire mixte turbiditique et contouritique modifiant significativement les modèles tectono-sédimentaires utilisés.

L'étude de terrain couplée au modèle photogrammétrique à haute-résolution des affleurements localisés sur la marge sud du Rift de Corinthe permet de documenter les facies, les associations de facies ainsi que l'architecture d'un système prodeltaïque. Ce prodelta est formé par deux *moats* actifs et parallèles limités par un *drift* commun. Ces *moats* forment un angle de 70 à 90° avec l'axe de progradation du delta, et s'écoulent parallèlement à la côte. Le drift est formé indépendamment du remplissage des *moats* par deux types de séquence : une séquence turbiditique et une séquence bigradationnelle contouritique. Les *moats* sont remplis par des facies de sables et de conglomérats à imbrication transverse, indiquant un remaniement persistant des clastes par des courants perpendiculaires à la zone d'apport et donc un export du matériel grossier dans la partie distale du bassin sous l'action de courants de fond.

Les données de sismique illustrent une architecture comparable au niveau des deltas actuels du Golfe de Corinthe. De plus, la pente Nord du Golfe présente également des *sediment-waves*, des *moats* perchés et des *plastered drifts*. Ces *moats* sont érosifs, migrent à contre-pente et sont limités vers le bassin par un *drift*. Ces corps morphosédimentaires formés par le remaniement et l'érosion des sédiments témoignent de la présence de courants parallèles à la côte. La cartographie de l'ensemble de ces corps à l'échelle du Golfe et l'analyse des cartes d'isopaques, durant les derniers 600 ka a permis de mieux contraindre les processus sédimentaires dominants au cours de l'évolution du Rift. Ces processus de haute énergie modifient le cheminement sédimentaire et impliquent certaines configurations paléocéanographiques et paléogéographiques qui sont cruciales dans l'évolution du Rift et notamment sa connexion avec la Méditerranée.

Actuellement le Golfe de Corinthe est en connexion avec la Méditerranée à l'Ouest au niveau du détroit de Rion. Ce niveau de seuil, d'une bathymétrie actuelle de 62 m, contrôle le caractère lacustre ou marin du Golfe en fonction de l'eustatisme. Cette zone est donc décisive dans la compréhension de la dynamique océanique du Golfe. C'est pourquoi, une campagne sismique et océanographique, a été réalisée en partenariat avec l'Université de Patras en Juin 2019. Elle a permis d'imager (Multibeam, Chirp, Sparker, Camera) et de mesurer pour la première fois des courants de fond (ADCP). Les résultats préliminaires documentent les facies et les géométries sédimentaires associées à une circulation de courants de l'ordre de 1 m/s ainsi que de nombreuses surfaces d'érosion sous-marines en période de haut niveau marin. Ces surfaces d'érosion associées à un contexte transgressif sont à intégrer aux interprétations stratigraphiques classiques jusqu'alors proposées.

Mots-Clés: Turbidites, Contourites, Delta, Rift, Facies, Sismique

QUANTIFICATION DE L'IMPACT DE L'AGGLOMERATION ANGEVINE SUR LES DEBITS SOLIDES DES RIVIERES A BASSE ENERGIE SARTHE, MAYENNE, MAINE

Léa Ruggieri ¹, Grégoire M. Maillet ^{*1}, Matthieu Bonnefond ², Philippe Jugé ³

¹ LPG-BIAF – Université Nantes Angers Le Mans, CNRS : UMR6112 – France

² Laboratoire Géomatique et foncier – Conservatoire National des Arts et Métiers [CNAM] : EA4630 – France

³ Cetu Elmis Ingénieries – Université François Rabelais - Tours – France

*Intervenant - gregoire.maillet@univ-angers.fr

Dans un contexte où le fonctionnement hydrosédimentaire des rivières de basse énergie sont l'objet de peu d'études, ce travail vise à estimer si les méthodes de quantification de la charge solide actuellement opérationnelles sont suffisamment précises pour détecter l'impact d'une agglomération sur le débit solide des rivières malgré les marges d'erreur encore élevées. Les rivières étudiées sont la Sarthe et la Mayenne qui confluent juste à l'amont de l'agglomération angevine pour former la Maine. A partir d'un suivi de la variabilité haute résolution temporelle et spatiale des concentrations en MES (prélèvement à la bouteille Niskin et mesures ADCP) et d'une caractérisation morpho-sédimentaire diachronique de la zone de confluence (sondeur multifaisceaux et cartographie sédimentaire du fond des lits des rivières), le débit solide de ces rivières est quantifié dans sa composante en suspension et en charriage. Les résultats montrent que les stations de jaugeage de la DREAL surestiment de maximum 5% les débits liquides en amont d'Angers par rapport à ceux mesurés à l'aval. L'incertitude monte à 12% maximum lorsque l'on compare la somme des débits en suspensions de la Sarthe et de la Mayenne avec ceux de la Maine aval. La charge en suspension amont est principalement sous-estimée lors des faibles débits liquides et sur-estimée lorsque les débits augmentent. Le bilan des mesures bi-hebdomadaires réalisées lors des mois d'avril mais juin et juillet 2019 s'équilibrent et, sur la période considérée, la somme des débits de la Sarthe et de la Mayenne est égale aux mesures réalisées sur la Maine aval à 1% près. La chaîne de mesure déployée est donc suffisamment fiable pour la quantification des MES. Pour la charge solide, en l'absence d'évènement hydrologique significatif entre mars et juillet 2019, les différentiels bathymétriques n'expriment aucune modification de la topographie au niveau de la confluence. Le recours à la modélisation géostatistique (Gao et Collins, 2002) donne néanmoins des résultats intéressants, conformes aux signatures sédimentaires de chaque affluent, repérée par l'étude des graphs de distribution granulométrique des sédiments du lit des rivières. Il semble donc possible de caractériser les processus de transports par charriage par le couplage des approches morphobathymétriques diachroniques et modélisation géostatistiques, mais la période d'étude doit être étendue au-delà de l'année hydrologique pour espérer percevoir la mise en œuvre de ces processus. Au final, la chaîne de traitement pour la mesure de la charge en suspension et de la charge solide testée en amont et en aval de l'agglomération angevine semble suffisamment performante pour distinguer l'erreur de mesure de la modification des débits solides provoquées par l'empreinte des aménagements de l'agglomération. Les test réalisés à l'amont et à l'aval d'ouvrages de franchissement (pont ferroviaire et viaduc autoroutier) présentent des résultats encourageants.

Mots-Clés: débit solide, rivières basse énergie, impact anthropique

ANALYSE ET MODELISATION STRATIGRAPHIQUE ET THERMIQUE DU BASSIN SEDIMENTAIRE ONSHORE DU LIBAN

Mohamad Ali Salloum ^{*1}, Antoine Le Solleuz ¹, Raymond Michels ¹

¹ Université de Lorraine, CNRS, GeoRessources, F- 54000 Nancy, France – Université de Lorraine, CNRS, GeoRessources, F- 54000 Nancy, France, Université de Lorraine, CNRS, GeoRessources, F- 54000 Nancy, France – France

² Université Libanaise – Liban

*Intervenant - salloum_mohamadali@hotmail.com

Si l'offshore du bassin du Levant est une cible privilégiée depuis de nombreuses années (Egypte, Israël, Chypre, etc.), la partie onshore de plusieurs pays qui entourent ce bassin a été sujette à de nombreuses phases exploratoires pétrolières (Syrie, Jordanie...), le Liban ne dérogeant pas à la règle. L'onshore libanais a donc déjà été la cible de plusieurs études géologiques et géophysiques dans le but de caractériser le(s) différent(s) systèmes pétroliers qui auraient pu jouer un rôle dans la production pétrolière régionale [Ghalayini et al., 2017]. Des études sédimentaires, stratigraphiques et tectoniques y ont été réalisées afin de caractériser la géométrie des corps sédimentaires et la part de la géodynamique dans le contrôle de ceux-là, et de définir le calendrier des événements pétroliers en lien avec le bassin du Levant [Hawie et al., 2013]. Dans toutes ces études de bassin, les roches triasiques et jurassiques sont considérées comme les plus nourricières en terme de quantité de matière organique et de maturité thermique. Toutefois, aucune étude analytique complète n'existe concernant l'intégralité de cette période, que ce soit sur le plan paléontologique, sédimentaire ou géochimique. Il est vrai que, d'une part les forages existants atteignent rarement le niveau triasique et d'autre part, les affleurements géologiques sont difficilement accessibles (topographiquement ou politiquement). Sur les 3 affleurements potentiels connus au Liban, nous avons retenu la région de Nahr Ibrahim.

L'étude présentée ici consiste à proposer un modèle de bassin et pétrolier complet depuis l'analyse géochimique des roches-mères, jusqu'à la géométrie 3D et le calendrier du système pétrolier, et ce à l'échelle de l'ensemble du pays libanais.

Aussi, nous présenterons dans un premier temps, un modèle géologique 3D (réalisé sur GoCad) du sous-sol libanais qui harmonise l'ensemble des données scientifiques existantes publiées (profils sismiques, puits, coupes géologiques, cartes géologiques, acquisition géophysiques...), ceci afin de mieux définir la géométrie des formations géologiques. Dans un second temps nous présenterons notre étude analytique complète ciblée sur les séries sédimentaires carbonatées du Trias-Jurassique de la région de Nahr Ibrahim évoluant dans des environnements de dépôts côtiers restreints à ouverts dominé houle, similaires aux formations syriennes de Kurrachine: micropaléontologie sur pollens, géochimie organique (analyse rock-eval), pétrographie, sédimentologie, diagenèse (recristallisations précoces et tardives très prononcées dans la région de Nahr Ibrahim et qui serviront probablement à réaliser une étude thermo-barométrique sur inclusions de fluide), etc. L'étude de la matière organique de l'onshore soutient l'hypothèse d'une grande maturité thermique des roches-mères triasiques, comme cela a déjà été démontré dans la région, et plus particulièrement dans les séries triasiques de Wadi Raman en Israël [Renouard et al., 1955], ou dans le bassin de Palmyre en Syrie [Bou Daher et al., 2014, Velasco et al., 2014]. Enfin, nous présenteront une modélisation (1D et 2D) du bassin libanais et de son évolution pétrolière (sous Petromod), afin de caractériser le système pétrolier le plus réaliste pour le bassin de l'onshore libanais. Ce modèle tient compte des données harmonisées sous le modèle 3D, ainsi que de l'ensemble des analyses sédimentaires et géochimiques. Cette modélisation du système pétrolier libanais met l'accent sur l'origine des roches-mères triasiques-jurassiques et leur potentialité.

Mots-Clés: système pétrolier, onshore Liban, roche, mère, matière organique, modélisation numérique

EVOLUTION DES PALEOTEMPERATURES FINI-JURASSIQUES A PARTIR D'ANALYSES ISOTOPIQUES DE DENTS ET D'ECAILLES DE POISSONS ET DE CROCODILIENS (COUPE DE CHASSIRON, ILE D'OLERON, FRANCE)

Johann Schnyder ¹, Florian Doressoundiram ^{*1}, Emmanuelle Pucéat ², Pierre Pellenard ², Romain Vullo ¹, Benjamin Brigaud ³, Didier Néraudeau ⁴, Dominique Abit ¹

¹ Sorbonne Université, CNRS, ISTEP, UMR 7193, 4 pl. Jussieu 75252 Paris cedex 05 – Sorbonne Université, CNRS, ISTEP, UMR 7193, 4 pl. Jussieu 75252 Paris cedex 05 – France

² Biogéosciences, UMR 6282, UBFC/CNRS, Université Bourgogne Franche-Comté, 6 boulevard Gabriel, F-21000 Dijon. – Université de Bourgogne-Franche-Comté, Université de Bourgogne Franche Comté – France

³ Géosciences Paris Sud (GEOPS) – Université Paris-Sud - Université Paris-Saclay, CNRS : UMR8148 – France

⁴UMR CNRS 6118 Géosciences – Université de Rennes I – France

*Intervenant - florian.doressoundiram@u-psud.fr

Les climats du Mésozoïque ont longtemps été considérés comme étant uniformément chauds, de type greenhouse, et sans calottes glaciaires (Frakes, 1979). A la suite de travaux pionniers, les études récentes tendent à montrer une variabilité climatique assez forte des climats mésozoïques, avec l'existence de phases alternativement chaudes et humides et froides et sèches pouvant pour certaines inclure la présence ponctuelle de calottes glaciaires (Dera et al., 2011).

La transition Jurassique-Crétacé est caractérisé par un changement climatique de grande ampleur, marqué par le développement de l'aridité du climat au cours du Tithonien (Jurassique) et du Berriasien basal (Crétacé) (Abbink et al., 2001). Le développement fini-jurassique de l'aridité est enregistré de la Tunisie actuelle sur la marge sud de la Téthys à l'Ouzbekistan sur la marge Nord.

Si les changements des conditions d'humidité au cours du temps sont assez bien établis à la fin du Jurassique, il n'en va pas de même pour les fluctuations des températures. Les données isotopiques permettant de reconstituer des paléotempératures au Kimméridgien supérieur et au Tithonien sont en effet plus rares qu'à d'autres intervalles de temps et parfois contradictoires.

Dans ce contexte, la coupe de Chassiron (île d'Oléron, Charentes-Maritime), qui couvre un intervalle de temps du Kimméridgien supérieur au Tithonien inférieur à supérieur, a été échantillonnée en détail de façon à produire de nouvelles contraintes de paléotempérature des eaux marines. La coupe présente une évolution des environnements de dépôts, passants de plate-forme ouverte marine à salinité normale à la base de la coupe (Kimméridgien supérieur) à des environnements marins peu profonds, localement à salinité variable (faciès purbeckiens, Tithonien) au sommet. L'étude s'est concentrée sur la collecte de dents et d'écailles de poissons et de crocodiliens le long de la coupe pour réaliser une analyse du $\delta 180$ de l'apatite. Notre étude montre que de possibles variations de salinité (essentiellement de dessalure et un intervalle documenté de sursalure) n'ont affecté que ponctuellement l'enregistrement $\delta 180$ obtenu. Interprétés en terme de paléotempératures, les résultats indiquent une température moyenne plus importante au Kimméridgien-Tithonien inférieur, autour de 23°C, alors que le Tithonien inférieur à supérieur présente des températures autour de 18,5°C, ce qui traduit une tendance au refroidissement au Jurassique supérieur, similaire à ce qui est décrit par les rares données disponibles de la littérature. Une amplitude plus importante des variations de $\delta 180$ mesurés au Kimméridgien supérieur est attribuée à un effet de la bathymétrie couplé à une possible saisonnalité plus marquée.

Références :

- Abbink, O., Targarona, J., Brinkhuis, H., Visscher, H. (2001). Late Jurassic to earliest Cretaceous palaeoclimatic evolution of the southern North Sea. *Global and Planetary Change*, 30, p. 231-256.
- Dera, G., Brigaud, B., Monna, F., Lafont, R., Pucéat, E., Deconinck, J.-F., Pellenard, P., Joachimsky, M.M., Durlet, C. (2011). Climatic ups and downs in a disturbed Jurassic world. *Geology*, 39, p. 215-218.
- Frakes, L.A. (1979). *Climates through geological time*. Elsevier Sci., New York, 310 p.

Mots-Clés: Paléoclimat, jurassique supérieur, isotopes de l'oxygène, phosphates

ETUDE DU COMPORTEMENT ET DE L'EVOLUTION DU BSR EN CONTEXTE DE MARGE ACTIVE : EXEMPLE DU PRISME DE SUBDUCTION D'HIKURANGI, ILE DU NORD DE LA NOUVELLE-ZELANDE

Emeline Soudant ¹, Clara Gartner ¹, Julien Bailleul ¹, Geoffroy Mahieux ¹, Frank Chanier ², Aurélien Gay ³, Sébastien Potel ¹

¹ EA7511 Bassin-Réservoir-Ressource UPJV-UniLaSalle – University of Picardie Jules-Verne – France

² Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences (LOG) – Université de Lille, Université Littoral Côte d'Opale, CNRS : UMR8187 – F59800 Lille, France

³ Géosciences Montpellier – Institut national des sciences de l'Univers : UMR5243, Université de Montpellier

*Intervenant - emeline.soudant@etu.unilasalle.fr

Depuis 25 Ma, le prisme de subduction Hikurangi, localisé sur la côte est de l'île Nord de la Nouvelle-Zélande, se développe en réponse au plongement de la plaque Pacifique sous la plaque Australienne. La convergence rapide de ces deux plaques (en moyenne 40 mm/an) entraîne de nombreuses déformations. Cette activité tectonique favorise la circulation des fluides au sein du prisme orogénique. Ainsi, les failles favorisent la migration de fluides. Par exemple, les chevauchements engendrent une interruption du Bottom Simulating Reflector (BSR) permettant ainsi aux fluides de différentes natures de migrer. En effet, le BSR est la matérialisation sismique, par un réflecteur à forte amplitude, de la base de la zone de stabilité des hydrates de gaz et en dessous de cette limite les gaz libres s'accumulent.

En mer, le prisme de subduction porte une plateforme qui s'est développée en relation avec l'évolution tectonique de la marge. Du fait de son éloignement à la fosse, les déformations compressives Plio-Quaternaire au niveau de cette zone sont faibles permettant la formation d'un large bassin sédimentaire qui s'étend sur plusieurs kilomètres. C'est le remplissage de ce bassin par des sédiments syn-subduction ainsi que la surrection récente de l'ensemble de la marge qui ont permis la formation de la plateforme de Wairarapa.

Plus près du front de déformation, les liens entre le développement du BSR, les zones de chevauchements et de failles récentes, et les autres marqueurs de circulations de fluides tels que les cheminées de gaz, les " blanked zone ", les pockmarks ou encore les " bright spots " ont déjà été largement étudiés. Ces différents travaux ont démontré les relations entre les modes et mécanismes de déformations (anticlinal faillé, failles inverses et normales, ...), et les échappements de fluides, les déformations favorisant clairement la circulation des fluides.

Nous montrons dans cette étude qu'un BSR existe également au niveau de la plateforme. Pour cela, le travail est basé sur l'interprétation de données de sismique marine 2D (campagnes IAE1, 05CM et BRUIN) sous le logiciel IHS Kingdom.

L'interprétation de ces données sismiques permet de caractériser le BSR sous la plateforme et de comparer les résultats obtenus avec ceux provenant d'autres secteurs sur le reste du prisme. Il s'agit notamment de déterminer où le BSR se développe préférentiellement et de comprendre son mode de formation dans cette zone moins déformée et de bathymétrie beaucoup plus faible. L'objectif est également de discuter de la présence ou non d'un paléo-BSR dans cette même zone et d'en comprendre l'origine.

Notre analyse des BSR sur la plateforme vient ainsi compléter les résultats déjà obtenus par d'autres études, plus bas sur le prisme, dans les zones de chevauchements plus récents, offrant ainsi vision globale de la déstabilisation du BSR au sein du prisme de subduction.

Mots-Clés: BSR, circulation de fluides, Hikurangi, marge active

L'ESTUAIRE HYPERTIDAL DE SANTA CRUZ - CHICO RIVER (SUD PATAGONIE, ARGENTINE) : UN ENVIRONNEMENT SOUMIS A DES FORÇAGES HYDRODYNAMIQUES ET SEDIMENTAIRES EXCEPTIONNELS

Bernadette Tessier ¹, Jean-Yves Reynaud ², Roberto Scasso, Jose Cuitino, Maria Duperron

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

² Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences (LOG) - UMR 8187 – Université de Lille, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8187 – France

*Intervenant - bernadette.tessier@unicaen.fr

Peu de sites côtiers sont soumis à des régimes de marée dits "hypertidaux", c'est-à-dire avec des marnages supérieurs à 8 m. Il faut en effet une combinaison de facteurs à la fois morphologiques et hydrodynamiques permettant une amplification importante de l'onde de marée, en particulier de sa composante principale M₂. Les systèmes hypertidaux se rencontrent principalement dans l'Hémisphère nord, là où les plateformes continentales sont les plus développées. Dans l'hémisphère sud, les marées atteignent un marnage hypertidal à deux endroits seulement, au nord de l'Australie, et le long des côtes du sud de la Patagonie en Argentine. A cet endroit, le développement de la plateforme continentale permet une forte amplification, avec des marnages qui atteignent 12 m à l'entrée des estuaires qui jalonnent les côtes de la province de Santa Cruz.

C'est le cas de l'estuaire du Santa Cruz - Rio Chico (Le SC-RC) situé à environ 350 km au nord du Détroit de Magellan, en limite nord du Bassin Austral. Cet estuaire de type ria est bordé de falaises, de quelques dizaines de mètres, entaillées dans des grès fins peu cimentés du Miocène, eux-mêmes surmontés par les formations fluviales plio-quaternaires des "rodados patagónicos". Il est formé à la confluence entre les rivières andines Santa Cruz et Rio Chico, située à 28 km de l'embouchure. La Santa Cruz est la rivière la plus importante de Patagonie, avec un débit annuel de 750 m³.s⁻¹. Le Rio Chico a un débit moyen annuel de 25 m³.s⁻¹ seulement ; elle est cependant l'affluent le plus important de la Santa Cruz. Le marnage est de l'ordre de 12 m juste en amont de l'embouchure, et encore de 8 m à la confluence. Les courants de marée engendrés sont puissants avec une dominance du flot entre l'embouchure et la confluence. Dans la Santa Cruz, en raison des forts débits de la rivière, le flot n'est actif que sur quelques kilomètres en amont de la confluence ; il n'y a pas d'inversion des courants au-delà. Dans le Rio Chico, le flot se propage sur une 30 km en amont de la confluence. Les houles atlantiques provoquent une érosion active des falaises et la construction de flèches à galets et crêtes de plages à l'embouchure de l'estuaire. A l'intérieur de ce dernier, les très forts vents d'W et SW qui soufflent quasiment en permanence dans cette région de la Patagonie, forment une houle d'amplitude métrique.

Nos travaux sur cet estuaire ont pour objectif de définir comment fonctionne et évolue un estuaire hypertidal dans un environnement subdésertique traversé par des rivières proglaciaires à débit saisonnier contrasté. Nous présentons ici les résultats préliminaires de l'étude morphosédimentaire des environnements inter- et supratidaux de l'estuaire, ainsi qu'une prospection sismique du domaine subtidal. Les données recueillies montrent que : l'estuaire est composite, assimilable à un estuaire "dominé par la houle", avec un bassin central entre l'embouchure et la confluence et un delta de baie formé par la Santa Cruz, tandis qu'à l'amont de la confluence le Rio Chico constitue à lui seul un estuaire "dominé par la marée". Le contexte géologique en uplift, les apports massifs en galets et sable par la rivière Santa Cruz érodant l'encaissant miocène et les "rodados", l'agitation très importante provoquée par les forts vents constants, ajoutés à la puissante dynamique tidale, confèrent à cet estuaire de fortes singularités. On peut noter en particulier sur les rives estuariennes (i) un continuum de flèches à galets étagées depuis le segment fluvial jusqu'à la côte et (ii) une apparente absence de faune et de bioturbation dans les estrans boueux situés en contrebas. Dans la partie subtidale, le système est caractérisé par (iii) la prédominance d'une surface de ravinement chenalisée dans le substratum entre des complexes de barres et grandes dunes graveleuses, flot dominées dans le bassin central.

Mots-Clés: estuaire, hypertidal, argentine

THE URGONIAN SUBALPINE PLATFORM: NEW DATA

Audrey Thomas ^{*1}, Danièle Grosheny ¹, Serge Ferry ², Fabrice Malartre ³, Didier Quesne ⁴, Antoine Pictet ⁵

¹ Université de Lorraine *GeoRessources, UMR 7359 CNRS-UL*

² 6D avenue Général de Gaulle, 05100 Briançon, France *Université de Lyon*

³ *GeoRessources - Ecole Nationale Supérieure de Géologie (ENSG) - Université de Lorraine Rue du Doyen Marcel Roubault 54500 Vandœuvre-lès-Nancy - France*

⁴ Université de Bourgogne *UMR 6282 Biogéosciences*

⁵ Institut of Earth Sciences *Bâtiment Géopolis, 1015 LAUSANNE - Suisse*

*Intervenant - audrey.thomas@univ-lorraine.fr

Two Upper Hauterivian and eight Barremian lithostratigraphic units (U1 to U8) are defined in the Vercors Urgonian platform carbonates (Moucherotte at Grand Veymont at Font d'Urle). The discovery of a martelites specimen in the marlstones between U6 and U7 suggests that Bedoulian deposits are very thin at the top of the carbonate succession that mainly covers the Barremian. U8 is a calcarenite deposited along the Vercors N-S axis in a forced regression regime (strongly erosive bases intersecting at U7 and U6) before deposition of the transgressive layers of the high orbitoline.

Compared to other interpretations, the analysis of the geometry of deposits in the Vercors cliff shows a progressive model starting at the end of the Hauterivian in the Moucherotte south of Grenoble and ending at the end of the Bedoulian in the region from Font d'Urle-Ambel overlooking the hollow of Vocontian. These results are in agreement with the regional stratigraphic results of Clavel et al. (2014) and also with those of Richet et al. (2011) in the eastern cliff, supporting a global progradation from N to S in the Vercors. The analysis of stratigraphic geometries in the north in the Chartreuse and Bornes massifs is also in agreement with an overall progradation of N to S. However, this progradation appears more complex, since a large stock was located in the east, in the outer crystalline sedimentary cover, now completely eroded, from the Mont Blanc massif to the Pelvoux massif. The early presence of shelf carbonates in the Pelvoux Massif is indirectly evidenced by a lower N-S-fed lower-turbidite system in the Gap region.

Mots-Clés: Carbonate Platform ; Progradational geometry ; Southeastern France ; Vercors

CARACTERISATION ET MODELISATION DES HETEROGENEITES SEDIMENTAIRES ET PETROPHYSIQUES DES RESERVOIRS GEOTHERMIQUES DU JURASSIQUE MOYEN ET DU CRETACE INFERIEUR D'ILE-DE-FRANCE

Hadrien Thomas ^{*1}, Hermann Zeyen ¹, Benjamin Brigaud ¹, Thomas Blaise ¹, Emmanuel Mouche ²,
Bertrand Saint-Bézar ³, Marc Fleury ⁴, Simon Andrieu ⁵, Miklos Antics, Eric Portier ⁶, Yann Samson,
Maxime Catinat

¹ Géosciences Paris Sud (GEOPS) – CNRS, UMR 8148, Université Paris XI - Paris Sud – UFR Sciences, Bâtiment 504, 91405 ORSAY, France

² Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement [Gif-sur-Yvette] (LSCE) – Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines : UMR8212, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives : DSM/LSCE, Université Paris-Saclay, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8212 – Bât. 12, avenue de la Terrasse, F-91198 GIF-SUR-YVETTE CEDEX, France

³ Université Paris Sud XI \s\do3(G)éosciences Paris-Sud (GEOPS) – Université Paris XI - Paris Sud, CNRS : UMR8148, CNRS : UMR8148 – Faculté des sciences, 91405 Orsay, France, France

⁴ IFP Energies nouvelles – IFP Energies Nouvelles – 1 avenue de Bois-Préau, France

⁵ Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), DGR/GBS Orléans – France

⁶ GDF-Suez, Direction EP – GDF-Suez – 1 place Samuel de Champlain, 92930 Paris la Défense Cedex, France

*Intervenant - hadrien.thomas@u-psud.fr

La dynamique récente du développement d'une production d'énergie moins émettrice de CO₂ dans les grandes agglomérations mondiales pousse les investissements vers des solutions plus écologiques comme l'éolien, le photovoltaïque ou la géothermie. La géothermie profonde (> 200 m) offre un modèle de chauffage urbain à grande échelle et sur le long terme. En revanche, le risque géologique qu'une nouvelle opération n'obtienne pas une ressource géothermique présentant des caractéristiques de porosité/perméabilité et de température suffisante pour assurer la rentabilité du projet pendant sa durée de vie joint au coût élevé de sa mise en place limitent son bon développement. Ce risque géologique constitue un obstacle au développement futur de la géothermie en Ile-de-France. L'optimisation de l'utilisation de la géothermie nécessite (1) une caractérisation précise de l'hétérogénéité du réservoir en termes de porosité/perméabilité ou de connectivité du réservoir et (2) des simulations numériques fiables des écoulements et flux de chaleur à +30 ans, voire +100 ans après le début de la production.

L'objectif est de modéliser en 3D les géométries stratigraphiques, les propriétés de faciès et pétrophysiques et de simuler l'écoulement dans deux des principaux aquifères géothermiques de la partie est-francilienne (le Néocomien du Crétacé Inférieur et le Dogger du Jurassique moyen). La finalité devra permettre de mieux comprendre et contraindre les risques pris par les collectivités lorsqu'elles développent un projet de géothermie profonde.

Afin de créer ce modèle, 80 puits (630 logs), forés depuis 60 ans, ont été étudiés sur une surface de 800 km². Le premier travail réalisé a consisté à homogénéiser ces données de puits, notamment diagraphiques (GR, Sonic, résistivité, neutron, RMN), à numériser la majorité d'entre elles sur géomodelleur. Sept forages carottés ont été étudiés en détail d'un point de vue sédimentologique et stratigraphique afin de relier faciès sédimentaires et signal diagraphique dans un cadre géométrique bien défini. Les données de porosité et perméabilité des rapports de fin de sondage ont été numérisées et intégrées au 2^{ème} (Crétacé inférieur) ou 3^{ème} (Jurassique Moyen). Douze 70 puits dans les niveaux du Jurassique moyen et 8 dans les niveaux du Crétacé inférieur. Trois autres surfaces ont été tracées afin de modéliser les limites de certaines autres formations. Un total de 27 faciès est regroupé dans 4 associations pour les carbonates et en 7 associations pour les grès, permettant de coder l'ensemble des puits en association de faciès. Les données de porosité et de perméabilité sont codées en faciès ce qui permet une extrapolation de ces propriétés entre les différents puits du modèle. Le modèle a été maillé en cellules portant chacune des informations spécifiques de propriétés (faciès, porosité, perméabilité). Le projet sera ensuite importé dans le logiciel Tough2 permettant d'étudier les écoulements de fluides. Une étude statistique pourra ainsi être effectuée sur les effets des variations de propriétés dans une zone connue sur le développement d'une bulle froide, l'emprise totale ou le temps de vie potentiel d'un doublet géothermique dans une zone à très forte densité d'exploitation, et de plus en plus exploitée.

L'objectif final de ce genre de travaux est de favoriser le développement de sources d'énergies non conventionnelles et durables dans des mégapoles à la densité de population élevée et aux besoins énergétiques grandissants.

Mots-Clés: Géothermie, Bassin sédimentaire, Modélisation, Petrel, Réservoir, Carbonate, Silicoclastique, Tough2, Bassin de Paris

LES BASSINS ARCHEENS DITS EN SUCCESSION : UNE CARACTERISTIQUE REPANDUE ASSOCIEE A DE NOMBREUX GISEMENTS

Phil Thurston *¹

¹ Phillips Thurston – Canada

*Intervenant - pthurston@laurentian.ca

Les bassins archéens en succession " du type Timiskaming " se développent après une déformation précoce dans les ceintures des roches vertes dans les cratons de Supérieur, l'Esclave, Rae, Hearne, Wyoming, Yilgarn et Karelie. . Ils contiennent des conglomérats intercalés avec des grès, les roches sédimentaires d'un environnement plus profond, et volcanites calco-alkalins et alkalin toute reposant au-dessus les volcanites et avec un marge comme faille. Les choses distinctif pour ces bassins sont : 1) un discordance basal avec les volcanites sous-jacents, les clastes granitoïdes, avec les autres clastes représentant une provenance locale et en premier volcanique.

Localement, des clastes de jaspé sont reconnus ; leur présence suggérant une sédimentation pélagique tardif avant le développement du bassin. Les contacts et/ou l'état des clastes peuvent indiquer l'existence d'altération avant développement du bassin ou sédimentation des grès quartzifères dans un environnement peu profond. Les conglomérats et les grès intercalés avec des lits de graviers sont également typiques d'un environnement alluvionnaire. La composition siliciclastique et l'absence d'argillites suggèrent que la sédimentation est associée à un environnement d'eau peu profonde avec une influence détritique continentale. Ces bassins forment des séquences relativement hétérogènes pouvant être assez épaisses partout dans la stratigraphie des ceintures des roches verts avec un degré de métamorphisme relativement faible (par exemple Chibougamau en Abitibi) jusqu'à des unités relativement petites proches de discordances (Houston assemblage près de Red Lake) dans les terranes à métamorphisme élevé.

Les bassins sont généralement délimités par des failles affectant toute la croûte terrestre ainsi suggéré par 1) les études sismiques réflectifs dans le craton Yilgarn et du Supérieur, 2) la présence de roches volcaniques alcalines dans les terranes de North Caribou, Wabigoon et Wawa-Abitibi (Province du Supérieur), et 3) l'association spatiale de ces bassins avec les gisements archéens aurifères filoniens dans la plupart des terranes de la Province du Supérieur, de l'Esclave, et quelques terranes du craton Yilgarn. La présence d'enclaves [GB1] conservées autour ces bassins suggère que ces bassins aient pu avoir une étendue latérale et une distribution plus grande que celle observée actuellement. En outre, on observe une association spatiale des bassins en succession avec les gisements aurifères de type VMS environ 30 millions d'années plus anciens suggérant des structures d'extension longuement actives dans et au marges des terranes. En générale, l'âge de ces bassins en succession sont semblables aux sous-provinces métasédimentaires (ex : Limpopo, English River, Quetico and Pontiac).

Le modèle structural préféré est le suivant : 1) développement du bassin par des failles chevauchantes précoces, 2) approfondissement des bassins par extension avec magmatisme alcalin, indiquant un lien vers des processus mantelliques. Les clastes granitoïdiques peuvent indiquer un soulèvement et l'érosion découvrant une variété de niveaux crustaux. L'existence de ces bassins malgré un soulèvement de 5-15 km après l'Archéen suggère un enfouissement à grande profondeur par des failles chevauchantes, 3) des structures avec un lien au développement des bassins était inversé par la déformation tardif. Ainsi, les bassins Timiskaming peuvent être apparentés à : 1) des structures d'extension persistantes, 2) des marges de blocs continentaux ou peut-être représentant des vestiges de séquences plus anciennes que la déformation précoce ait pu préserver seulement proches des structures tardives. Le développement de ces bassins seulement dans les roches vertes tardifs insinue une extension syn-orogénique et leur distribution dans les ceintures < 2,7 Ga peut suggérer une érosion significative des ceintures plus anciens.

De quell(s) type(s)?

Mots-Clés: Bassins en succession

CONTROLES SUR LA SEDIMENTOLOGIE DANS LES CEINTURES DES ROCHES VERTES ARCHEENS

Phil Thurston *¹

¹ Phillips Thurston – Canada

*Intervenant - pthurston@laurentian.ca

Au sein des ceintures des roches vertes archéennes, la stratigraphie et sédimentologie des unités sédimentaires peuvent nous en dirent beaucoup à propos de l'environnement de dépôts de ces dernières. Les variations sont principalement fonction du rythme du volcanisme et de l'activité orogénique. La partie méridionale de la Sous- Province de l'Abitibi (Canada), localisée dans la Province du Supérieur, compte 7 épisodes de volcanisme d'une durée totale d'environ 50 My, alors que pour les roches vertes dans la partie centrale de la Province du Supérieur, le volcanisme semble durer presque 300 My.

Les ceintures des roches vertes à volcanisme rapide comme l'Abitibi ont des cycles volcaniques d'une durée moyenne de 7 My, se déroulant entre 2,75 Ga et 2,70 Ga. Les cycles d'une épaisseur variant de un à cinq kilomètres montrent des tholéiites et des komatiites, et de rares rhyolites toutes surmontées par des cherts et des formations de fer rubanées avec des structures de chargement et non des structures de traction. La géochimie des terres rares et Y montrent que ces formations de fer se sont formées en milieu marin avec une influence variable de processus hydrothermaux. Les argillites situées entre les coulées mafiques et ayant une épaisseur métriques, montre un litage et semblent associées à un environnement de dépôt océanique profond. En outre, elles peuvent être associées avec des gisements de type VMS.

Dans les ceintures des roches vertes à volcanisme lent, les cycles volcaniques durent plusieurs dizaines de millions d'années. Par exemple, au lac Confederation dans la terrane de " North Caribou " au centre de la Province du Supérieur, trois cycles de volcanisme (2,96, 2,84 et 2,74 Ga) ont été recensés. Au sommet du cycle de 2,8 Ga, se trouve une rhyolite avec des fragments de ponces silicifiées qui représente une éruption subaérienne surmontée par une unité de carbonaté stromatolithe associée à un environnement intertidal et par une formation de fer illustrant un environnement plus profond. A Red Lake (environ 100 km à l'ouest), des horizons de stromatolithes existent surmontées encore par des cherts et des formations de fers. L'héritage isotopique indique la présence d'un socle plus ancien qui peut expliquer le manque de subsidence et l'éruption subaérienne.

Quand le volcanisme cesse dans ces ceintures des roches vertes de n'importe quel craton, la déformation précoce est suivie par le développement de bassins en successions avec des grès et des conglomérats montrant des strates entrecroisés d'un environnement fluvial. Ces bassins sont présents dans les cratons du Supérieur, Yilgarn et Baltique par exemple. Dans quelques régions de la Province du Supérieur, les ceintures des roches vertes sont adjacentes à des sous-provinces sédimentaires indiquant le même âge que les bassins en succession. Ces sous-provinces montrent des " prograding clastic wedges " avec une progression des conglomérats à la marge nord vers des unités de type wackes et pélites.

Mots-Clés: Sédimentation Archéen

ETUDE INTEGREE DES CHEMINEES CARBONATEE DE LA MARGE HIKURANGI (NOUVELLE-ZELANDE, ÎLE NORD) : EVOLUTION DIAGENETIQUE ET TRAÇAGE DES CIRCULATIONS DE FLUIDES EN CONTEXTE DE MARGE ACTIVE

Renaud Toullec ^{*1}, Julien Bailleul ¹, Pierre Malie ¹, Franck Chanier ¹, Geoffroy Mahieux, Vincent Caron ¹, Sébastien Potel ¹

¹ EA 7511, Basins-Réservoirs-Ressources (B2R), département Géosciences, UniLaSalle, Beauvais, France – Institut UniLaSalle Beauvais – France

*Intervenant - renaud.toullec@unilasalle.fr

L'île nord de Nouvelle-Zélande présente un intérêt tout particulier pour l'étude des marqueurs d'expulsions de fluides en contexte de marge active. Deux zones ont été investiguées uniquement au niveau du prisme de subduction émergé Hikurangi : le synclinal d'Akitio (Miocène inférieur-moyen) et les falaises de Cape Turnagain (Miocène supérieur-Pliocène). Le but de l'étude est de retracer et de comparer l'historique et la nature des fluides par l'étude de concrétions tubulaires dont la morphologie et les successions diagénétiques diffèrent entre les deux zones, ainsi que leurs signatures isotopiques. Dans les deux cas, l'encaissant est systématiquement composé de boue carbonatée lithifiée très riche en pyrites fromboïdales authigéniques et en faunes très peu diversifiées, indiquant des conditions de stress environnemental. Les perméabilités klinkenberg actuelles et mesurées dans l'encaissant sont de l'ordre de $10 \exp(-4)$ mD indiquant une déshydratation importante.

Concernant les tubes eux-mêmes, leur morphologie, leur taille (diamètre et longueur) ainsi que leur paragenèse diffèrent grandement.

Dans les formations du bassin d'Akitio, ils sont de dimension réduite (métrique à infra-décimétrique), et souvent très "bulbeux", leur paragenèse indiquant un développement polyphasé complexe, parfois brutal avec des signes de fracturation hydraulique et injections de boue ayant généré des fragments allongés et déformés de manière plastique puis cimentés précocement par de l'aragonite, de la calcite prismatique et fasciculaire. En outre, des traces de circulation de fluides hydrocarbonés sont prouvées par la présence de bitumes recouvrant les ciments précoces calcitiques et aragonitiques et parfois de quartz authigéniques, dont des fragments peuvent être remobilisés par de nouvelles injections de fluides.

Dans les formations de Cape-Turnagain, les tubes sont pluri-métriques et très réguliers avec cimentations progressives, sans injections importantes et soudaines de boue.

En complément, 80 mesures isotopique $\delta^{18}O/\delta^{13}C$, 9 mesures de $^{87}Sr/^{86}Sr$, analyses ponctuelles et cartographie minérale par analyse EDX, ont été réalisées sur les ciments et l'encaissant. Toutes les analyses sont couplées à des observations systématiques en cathodoluminescence. La plupart des mesures $\delta^{18}O/\delta^{13}C$ s'éloignent des valeurs marines normales du Miocène avec une influence certaine de l'oxydation bactérienne du méthane, surtout dans la zone d'Akitio où le $\delta^{13}C$ est systématiquement plus faible qu'à Cape Turnagain. Si le remplissage tardif de certains tubes semble avoir subi une altération météorique, les autres phases de cimentation doivent faire intervenir des fluides aussi profonds que ceux mis en contact avec les formations du Miocène inférieur – moyen et possiblement Crétacé, lesquelles influenceraient la chimie des fluides expulsés dans les niveaux supérieurs jusque dans le Miocène supérieur durant le raccourcissement de la marge.

Le Néogène est classiquement la meilleure période pour utiliser le $^{87}Sr/^{86}Sr$ comme outil chemostratigraphique et indirectement déduire de possibles contaminations durant les phases de cimentations éogénétiques.

Les données de Strontium indiquent également une contamination par des fluides provenant de niveaux plus anciens que ceux dans lesquels les tubes se sont développés en plus d'une influence probable causée par la déshydratation des argiles. Ainsi, si l'âge obtenu sur bivalve (*Cucullae sp.*) est de 21-23 Ma, donc proche de datations paléontologiques déjà réalisées, un shift vers des âges plus importants que prévus et mesuré dans les cristaux de calcites et d'aragonite indique également une contamination par des fluides selon un modèle de remontée per-ascensum. Ces remontées ont du se faire en suivant les structures faillées majeures comme en témoigne l'alignement des tubes selon des directions de structures cassantes kilométriques affectant l'ensemble des séries du Crétacé au Néogène.

Enfin, pourraient être associées à ces circulations de fluides des niveaux d'usines à carbonates de type C ("cold carbonate factories"), riches en coquilles de bivalves et rhodolithes, indiquant un possible rôle majeur des fluides sur le développement de communautés biologiques spécifiques.

Mots-Clés: Nouvelle Zélande, Hikurangi, Akitio, Cape Turnagain, fluides, cheminées carbonatées, diagenèse, isotope

ARCHITECTURE ET ANALYSE DE LA MORPHODYNAMIQUE DES CORPS SEDIMENTAIRES DE PLATE-FORME EN CONTEXTE MACRO-TIDAL : EXEMPLE DU BANC DE SILLAGE DE LA HORAIN EN BAIE DE ST BRIEUC (MANCHE)

Kalil Traore ^{*1}, David Menier ², Erwan Gensac ³, Romain Le Gall

¹ Université de Bretagne Sud – Univerité de Bretag Sud – France

² Université de Bretagne Sud (UBS) – Université de Bretagne Sud, Université de Bretagne Sud – Géosciences Ocean, UMR CNRS 6538, rue Yves Mainguy, 56017 Vannes cedex, France

³ Géosciences Marines et Géomorphologie du Littoral (GMGL) – UMR CNRS 6538 LDO-GMGL – France

*Intervenant - kalil.traore@univ-ubs.fr

Les bancs et dunes sous-marines sont, avec les vallées incisées, les lieux d'accumulation majeurs des sédiments meubles de plate-forme soumise à un régime macro-tidale et à l'action des tempêtes.

Le banc de la Horaine se situe en bordure Ouest de la baie de St Brieuc à une 20aine de mètres de profondeur bathymétrique. Il présente une morphologie allongée derrière un haut fond rocheux à la manière des formes d'accumulation fuyante en " queue de comète " décrites par Guilcher sous cette terminologie dès 1950. Ce banc a une orientation NW-SE avec une longueur de l'ordre de 12 Km et une largeur de 2 Km pour une épaisseur pouvant atteindre localement 23 mètres. Son architecture et sa dynamique s'établissent en domaine de plate-forme interne soumis à un régime macro-tidal.

L'analyse des données d'une campagne acoustique récente combinant des outils géophysiques (sondeur multifaisceaux, sonar à balayage latéral et sismique Sparkler) a permis d'identifier 3 unités acoustiques composant le banc et d'illustrer la morphodynamique actuelle des dunes associées. Le banc de la Horaine repose sur une surface d'abrasion marine, très faiblement et localement incisée [1]. Cette surface est construite sur l'unité acoustique (U0) correspondant au socle composé de formations magmatiques et métamorphiques d'âges cadomiennes reprises en partie au cours de l'orogénèse hercynienne. L'unité sismique basale du banc (U1) présente des réflecteurs sismiques horizontaux continus à forte amplitude avec une épaisseur ne dépassant pas 4 ms. Elle est interprétée comme un remplissage de vallées incisées.

L'unité (U2) présente une épaisseur de l'ordre de 17 ms et d'extension de l'ordre de 7 km² comprenant une configuration des réflecteurs internes plans puis obliques progradants vers la côte. Elle est interprétée comme des dépôts transgressifs sculptés en partie par l'action conjuguée des courants tidaux (houle et marée) et séparés de l'unité 3 (U3) par une surface d'érosion (ou d'inondation maximale). L'unité sismique (U3), la plus récente, présente des réflecteurs sismiques obliques et correspond aux dunes actuelles migrantes de la partie supérieure du banc sous l'influence marquée des courants tidaux. Ces connaissances permettent de proposer un modèle simplifié des phases qui ont ponctué la transgression holocène dans ce secteur. La première phase est caractérisée par le remplissage des vallées incisées. La deuxième phase par les dépôts transgressifs aggradants. Lorsque ces dépôts transgressifs, par aggradation, atteignent la limite d'action des vagues, il y a construction d'une surface de non dépôt marquant le début de la troisième phase de la transgression holocène caractérisée par une dynamique de dunes surimposées au banc. Ces dunes sont des dépôts de haut niveau marin en équilibre avec la dynamique hydro-sédimentaire actuelle. Leur répartition et la géométrie de leurs crêtes semblent indiquer la présence d'une gyre tidale pouvant être à l'origine de la stabilité du banc à la manière de ce qu'on retrouve dans le détroit de Gibraltar [2]. Les processus responsables de la stabilité du banc restent cependant à vérifier à partir de l'analyse d'une série de mesures géophysiques temporelles intégrant l'hydrodynamisme. Ces mesures permettront aussi de préciser si le stock sédimentaire provient d'un apport extérieur ou si le système sédimentaire est autonome sans apports ni pertes, le matériel sableux étant constamment recyclé. En conclusion, ce banc de sillage présente une architecture composite à l'image du banc d'Ar men mer celtique [3] ou du banc de Zahara au large du détroit de Gibraltar [2] caractérisés par un empilement de dunes. On retrouve cependant de nombreuses variantes dans l'architecture interne de ces bancs dues au régime hydrodynamique qui peut changer d'un environnement à un autre. En effet, les facteurs environnementaux locaux contrôlent, à court terme, la nature des faciès et des surfaces mais la géométrie des cortèges sédimentaires est à associer à la dernière transgression marine (Dalrymple *et al.*, 1992).

Mots-Clés: Stratigraphie, transgression holocène, plate, forme interne, Banc de Sillage, dunes sous, marines

A SEDIMENTOLOGICAL APPROACH TO BETTER VALORISE HARBOUR SEDIMENTS

Alain Trentesaux ^{*1}, Denys Hura ¹, Eric Armynot Du Châtelet ¹, Jeanne De Lorgeril ¹, Guillaume Arnouts ¹, Fabio Francescangeli ², Nicolas Tribovillard ¹, Viviane Bout-Roumazeilles ¹, Armelle Ribouleau ¹, Eric Masson ³, Marion Delattre ¹, Romain Abraham ¹

¹ Université de Lille - Laboratoire d'Océanologie et Géosciences - Univ-Lille/CNRS/ULCO – Université de Lille – France

² University of Hamburg, Institute for Geology, Centre for Earth System Research and Sustainability – Allemagne

³ Territoires, Villes, Environnement Société - EA 4477 – Université du Littoral Côte d'Opale, Université de Lille : EA4477 – France

*Intervenant - alain.trentesaux@univ-lille1.fr

All around the world, harbours act as sediment traps due to favourable conditions of sedimentation. In the meantime, due to diverse activities, metals, organic components or others often pollute sediments. To develop their infrastructures harbours have a need of sediment. This could be for quay reinforcement, platform development ... On the contrary, they sometimes need to export their sediment (dumped at sea or managed as wastes) to ease navigation. After characterizing trapped sediments quality, harbour authorities are facing the problem of these extra sediments use and need to take into account the costs of any decision.

To reduce costs and to better use the sediment resource, harbours need to better develop a circular economy approach. The Suricates (Interreg North West Europe Programme: Sediment Uses as Resources In Circular And Territorial Economies) Project aims to help local authorities to develop this approach with a sustainable development direction. In France, the project focuses on the Harbours of Calais and Boulogne-sur-Mer. Those harbours facing the English Channel are respectively the first French harbours for passenger and fishing activities. This paper focuses on sediment analyses that were performed in Boulogne-sur-Mer between 2008 and 2019 thanks to three sampling campaigns.

In 2008, an extensive sampling campaign (317 samples) focused of the different basins of the harbour, each of them being characterized by diverse type of pollution due to their specific use: high seas fisheries, local fisheries, recreational navigation, commercial, steelworks, ... Enrichment factors were calculated, some of them being high enough to prevent for any use of the sediment. In these conditions, the decision is to leave these sediments in place before a suitable solution is determined to treat them. In 2013 a core was taken in one of the most polluted harbour. Dating back to the end of the 19th century, at its base, this core displays a significant change in its indicators (grain-size, metal content, faunal diversity and quality) with time. At the top of the core, a clear improvement of the sediment quality is observed. In 2019 a second surface-sediment sampling campaign was conducted in the harbour leading to the collection of 150 samples. Up to now, only sedimentological and chemical analyses have been performed. They allow determining the evolution of the quality of surface sediments between 2008 and 2019. First results indicate a global improvement of the sediment quality. Different hypothesis can be addressed such as wastewater treatment plant development, steelworks dismantling and increase of ship-waste-treatment regulations.

Even if this increased quality is a good sign for the harbour, its users and inhabitants, one can address the question of older, industrial, trapped sediment. This represents a huge volume of potentially polluted sediments difficult to valorise. To help local authorities to better use their sediment resource in a circular economy framework, the project will develop operational guides for sediment reuse optimisation.

This study has been partially funded in the framework of the Interreg NWE 462 project Suricates.

Mots-Clés: Dragage, sédiment, pollution, zone côtière, économie circulaire, valorisation

STORM-INDUCED CONCENTRATION OF SULFURIZED, MARINE-ORIGIN, ORGANIC MATTER AS A POSSIBLE MECHANISM IN THE FORMATION OF PETROLEUM SOURCE-ROCK

Nicolas Tribovillard ^{*1}, Hichem Koched, François Baudin ², Thierry Adatte ³, Marion Delattre, Romain Abraham, Jean-Noël Ferry

¹ Université de Lille *Université Lille I - Sciences et technologies, CNRS : UMR8187*

² Institut des Sciences de la Terre de Paris (iSTeP) *Université Pierre et Marie Curie (UPMC) - Paris VI, CNRS : UMR7193,*

³ Institut des Sciences de la Terre, Université de Lausanne (UNIL) *Géopolis, 1015 Lausanne - Suisse*

*Intervenant - nicolas.tribovillard@univ-lille1.fr

Black shales, though laminated, are not systematically synonymous with quiet conditions of deposition. A number of papers report about black shales yielding sedimentary structures echoing relatively high hydrodynamism. Here we examine two sedimentary sequences pertaining to the Late Jurassic Argiles de Châtillon Formation of the Boulonnais area (Northernmost France), each of them including a meter-thick black-shale horizon. The two laminated black shales contain sulfurized (i.e., organic S-rich) organic matter, amounting to a maximum of 9%. However, some differences set the two black shales apart. The lower one was deposited under calm, suboxic to anoxic, bottom-water conditions (the « classic » way); the upper black shale was deposited under oxic, agitated bottom-water conditions, not compatible with stable sulfidic conditions required for organic-matter sulfurization. The upper black shale experienced hydrodynamically-induced concentration of sulfurized, recalcitrant organic matter of marine origin. The sulfurized organic matter could be preserved and quantitatively accumulated owing to its non-putrescible nature, leading to the formation of a potential hydrocarbon source rock. The association of pyrite inclusions with sulfurized organic matter probably modified the hydrodynamic behavior of organic particles. The storm-induced remobilization and concentration of sulfurized organic matter implies that the "sulfurization factory" operated in proximal, shallow environments such as estuaries, mud flats or mangrove environments. Such a model is in agreement with findings from modern coastal/shelf environments (notably mangroves) and fully transposable to many other sedimentary situations of any geological time period.

Mots-Clés: Matière organique ; black shales ; tempestites ; Boulonnais ; Jurassique

DECIPHERING SUPERGENE FROM HYDROTHERMAL PROCESSES: INSIGHTS FROM THE WORLD-CLASS SHALE HOSTED IMITER AG(HG-PB) DEPOSIT (MOROCCO)

Johann Tuduri ^{*1}, Olivier Pourret ², Johan Yans ³, Abdelaziz Gaouzi⁴

¹ ISTO, UMR7327, Université d'Orléans, CNRS, BRGM, F-45071 Orléans – BRGM, F-45060 Orléans, France – France

² AGHYLE, UniLaSalle, Beauvais – Institut Polytechnique UniLaSalle – France

³ Université de Namur - Namur Groupe de Recherche Interdisciplinaire du Développement Durable (UNamur - NaGRIDD) – 61 rue de Bruxelles 5000 Namur, Belgique

⁴ Managem/SMI, Twin Center, Tower A, PB 16016, Maarif, Casablanca, Maroc – Maroc

*Intervenant - j.tuduri@brgm.fr

The world-class Ag(-Hg-Pb) Imiter deposit (8.5 Mt @ 700 g/t Ag) consists of mineralised quartz–carbonate veins mostly hosted by Cryogenian metagreywackes (Tuduri et al., 2018). The model of formation of this deposit remains a matter of debate. Indeed, some authors suggest an epithermal model related to the huge felsic volcanic event occurring at the Ediacaran–Cambrian transition (e.g., Levresse et al., 2004) whereas others support diagenetic brine–evaporite interactions related to the Central Atlantic Magmatic Province (CAMP) at about 200 Ma (e.g., Borisenko et al., 2013; Essarraj et al., 2016). In any case, the Imiter deposit remains atypical due to *i*) high concentrations in Ag with Hg(-Pb-Zn); *ii*) no Au anomaly; *iii*) black-shale as host rocks, and *iv*) Ag-ore controlled by a major E–W shear-zone. Although a two-stage model of formation for the emplacement of the main ore structures has been proposed (Tuduri et al., 2006), the ore remobilisation at low-T has been poorly documented even though such enrichments are being exploited. Few details exist in mining reports and one can note interesting grades related to secondary enrichments that can reach 1500 g/t Ag with locally more than 300 kg/t. In this study, the processes of ore remobilisation during hydrothermal and supergene conditions are discussed. Two new stages have been added, both emplaced later with respect to the main ore structures. Thus following the stage 1 and 2 described by Tuduri et al., (2006), stage 3 is observed in the upper part of the mine. It consists of *i*) massive sphalerite [ZnS] and galena [PbS] vein infills, then *ii*) development of complex overgrowths of Ca-Fe-Mn-carbonates with pyrite [FeS₂], sphalerite, galena and imiterite-like mixture [Ag₂HgS₂] followed by *iii*) probable replacement of the earlier galena by plattnerite [PbO₂] along cracks and native silver [Ag⁰] deposition in veins and cavities. Related alterations are made of clays including K-rich clays that mostly occur in the carbonate-sulfide paragenesis. A single K-Ar datation on bulk gave an age of 370.4 +/- 11.4 Ma. According to Baidder et al., (2008) and Frizon de Lamotte et al., (2013), the stratigraphic record of the Palaeozoic sequences belonging to the Anti-Atlas sedimentary cover, 4 km thick in the area of interest here, reveals a regular subsidence with an important collapse in the 380–360 Ma time intervals. According to such palaeogeographic and tectonic settings, this Upper Devonian age suggests that at least the sulfidic paragenesis is hypogene in origin. This therefore questions the potential role of the CAMP on the formation of the deposit. Stage 4 is also characterised by a quite complex paragenesis made of *i*) acanthite [Ag₂S], cinnabar [HgS], imiterite, probable perroudite [Hg₅Ag₄S₅(I,Br)₂Cl₂], cerussite [PbCO₃], mimetite [Pb₅(AsO₄)₃Cl], then *ii*) iron oxy-hydroxides with quartz, followed by *iii*) synchysite [CaCe(CO₃)₂F] then coronadite [PbMn₈O₁₆]. The occurrence of perroudite and mimetite suggests the involvement of Cl-rich waters which has been interpreted as supergene enrichment due to an increase of oxidation state processes. Development of such a supergene mineralisation may suggest prevalence of semiarid conditions. However, the occurrence of synchysite that also implies rare earth elements and F-rich fluids indicates that secondary silver enrichment processes in the Imiter mine do not exclusively require presence of meteoric water even during the latest stage of enrichment.

Références:

- L. Baidder et al., Geol. Soc. London Spec. Publ. 297, 453 (2008).
- A. S. Borisenko et al., Dokl. Earth Sc. 456, 663 (2014).
- S. Essarraj et al., Econ. Geol. 111, 1753 (2016).
- D. Frizon de Lamotte et al., Tectonics 32, 107 (2013).
- G. Levresse et al., Chem. Geol. 207, 59 (2004).
- J. Tuduri et al., Minerals 8, 592 (2018).
- J. Tuduri et al., C. R. Geosci. 338, 253 (2006).

Mots-Clés: Silver, REE, Hypogene, Supergene, Palaeozoic basin, Imiter, Anti Atlas, Morocco

EFFET DES HYPERTHERMAUX SUR LES SYSTEMES ALLUVIAUX : LE CAS DU MECO (EOCENE MOYEN) SUR LES DEPOTS CONTINENTAUX DU BASSIN TRANSPORTE D'AINSA (ESPAGNE) : SEDIMENTOLOGIE DE FACIES – PALEOHYDRAULIQUE – GEOCHIMIE – MINERALOGIE DES ARGILES

Jean Vérité ^{*1}, Castellort Sébastien ², François Guillocheau ¹, Thierry Adatte ³, Cécile Robin ¹

¹ Univ Rennes, CNRS, Géosciences Rennes - UMR 6118, 35000 Rennes, France – Univ Rennes, CNRS, Géosciences Rennes - UMR 6118, F-35000 Rennes, France – France

² Department of Earth Sciences [Geneva] – Suisse

³ ISTE, Geopolis, CH-1015 Lausanne, Switzerland – Suisse

*Intervenant - jeanverite.96@live.fr

Face aux enjeux climatiques actuels, une des missions des Géosciences est de mieux comprendre les périodes d'effet de serre intenses et brutales, dits hyperthermaux, dont fait partie l'optimum climatique de l'Eocène Moyen (ou MECO), se produisant entre 40.0 et 40.5 Ma (Bartonien).

Ces événements hyperthermaux ont essentiellement été étudiés dans les environnements marins profonds dans lesquels ils ont été définis. Peu d'études ont été menées sur leur expression et leur impact sur les systèmes continentaux aériens (alluvial s.l.). C'est l'objectif de cette étude qui vise à caractériser les effets du MECO sur le système alluvial de la Formation d'Escanilla du bassin transporté d'Ainsa (Zone Sud-Pyrénéenne, Espagne). Cette étude a l'objectif (1) d'identifier l'événement du MECO dans ces sédiments continentaux et (2) de quantifier son impact sur le système alluvial d'Escanilla.

Cette étude se fonde sur (1) une analyse des faciès alluviaux à la transition entre les membres de Mondot et Olsón de la Formation d'Escanilla, (2) un profil isotopique du $\delta^{13}\text{C}$ sur la matière organique, (3) une analyse des spectres d'argiles (illite, chlorite, kaolinite, smectite, palygorskite), (4) une mesure de l'indice d'altération chimique et (5) une analyse des paramètres paléohydrauliques des chenaux.

Les études de type (2) visent à identifier le MECO, tandis que (3) à (5) établissent des contraintes pour mesurer les effets du MECO sur les systèmes alluviaux. Les paramètres paléohydrauliques sont calculés en utilisant les équations empiriques de Trampush *et al.* (2014) pour les paléopentes, de Manning (1891) pour les paléoflux d'eau et de Meyer-Peter & Muller (1948) pour les paléoflux de sédiments. Ces paramètres sont estimés à partir des hauteurs, largeurs et granulométries moyennes des chenaux préservés.

- L'analyse de faciès a permis de caractériser quatre faciès principaux : (1) des chenaux en tresse ou à faible sinuosité (charges en traction), (2) des chenaux méandrés (charges mixtes), (3) une plaine alluviale de type lacs peu profonds à marais et (4) de rares sols carbonatés.
- La fin du MECO a été identifiée par une excursion négative en $\delta^{13}\text{C}_{\text{organique}}$ à la base du chron C18.2n (données magnétostratigraphiques – Garcès *et al.*, 2017).
- Le Conglomérat Mondot-Olsón – à la transition entre les membres de Mondot et Olsón et contemporain de la fin du MECO – marque (1) un changement de système fluvial depuis des chenaux méandrés à des chenaux en traction, (2) par un doublement des flux d'eau et de sédiment, et (3) par une augmentation de la fraction d'argiles d'origine détritique.
- Un climat semi-aride est interprété sur cet intervalle stratigraphique de l'Eocène moyen à partir de faciès pédogénétiques de type " calcrète " et de palygorskite. Une phase plus humide est cependant identifiée simultanément de la fin MECO.

Ainsi au sein d'une période caractérisée par un climat globalement semi-aride au Bartonien, un épisode d'augmentation des flux – corrélé à des conditions plus humides et marqué par une élévation de la fraction détritique des argiles – intervient contemporanément de la fin du MECO. Si ces variations de flux et d'humidité du climat constituent effectivement réponse à cet hyperthermal, alors une augmentation des précipitations sur la chaîne pyrénéenne naissante durant le maximum thermique du MECO vers ± 40 Ma pourrait en être la cause.

Mots-Clés: Hyperthermaux, Système alluviaux, Paléohydrologie, Optimum climatique de l'Eocène moyen

EVOLUTION DE L'ARCHITECTURE FLUVIATILE DE LA FORMATION DE TREMP (ESPAGNE) DU MAASTRICHTIEN AU PALEOCENE : QUELLES INFORMATIONS EN TIRER POUR L'HISTOIRE DE L'OROGENESE PRECOCE DES PYRENEES?

Constance Vinciguerra ^{*1}, Sophie Leleu ¹, Slim Fetati ¹

¹ GEORESSOURCES ET ENVIRONNEMENT – Université Michel de Montaigne - Bordeaux III : EA4592 – France

^{*}Intervenant - Constance.Vinciguerra@ensegid.fr

La Formation de Tremp (Maastrichtien supérieur- Paléocène) présente des faciès alluviaux variés (Garumnien) et peut atteindre jusqu'à 1000 mètre d'épaisseur au nord du Bassin de Tremp-Graus. Cette étude caractérise la variabilité des architectures fluviales avec pour objectif de tracer les systèmes de drainage dans le temps et dans l'espace pour définir les périodes de flux sédimentaires majeurs et de comprendre la formation des reliefs pyrénéens.

Au Campano-Maastrichtien, dans l'avant-pays sud-pyrénéen les chevauchements migrent vers le sud et contrôlent la localisation des dépocentres sédimentaires (Ardèvol et al., 2000 ; Fondevilla et al., 2016). La zone d'étude se situe dans le Bassin de Tremp-Graus qui forme un synclinal est-ouest limité au nord par le chevauchement de Boixols et au sud par celui de Montsec.

Trois coupes sédimentaires ont été levées entre les faciès témoignant de l'émersion du bassin (Grey Unit) et la plateforme carbonatée ilderienne ré-inondant tout le bassin au début de l'Eocène. La série rouge continentale étudiée repose sur la Grey Unit dont les faciès ont une répartition spatiale complexe avec des zones de non-dépôt. Les faciès garumniens peuvent être divisés en 4 types de systèmes fluviaux : (A) un système de très faible énergie, caractérisé par de très petits chenaux dans une plaine alluviale dominante, (B) un système à chenaux sinueux caractérisé par la préservation de barres de méandres isolées, (C) un système à chenaux anastomosés présentant des remplissages grossiers en lentilles connectées latéralement par des dépôts de débordement et (D) un système à corps amalgamés, caractérisé par des corps conglomératiques et des barres de méandres gréseuses.

L'étude de la répartition spatiale permet de mettre en évidence que (1) la série présente une épaisseur beaucoup plus faible dans la zone méridionale du bassin et que (2) les chenaux sont plutôt localisés dans la zone septentrionale du bassin, correspondant à la zone de forte subsidence, probablement liée à l'activité du chevauchement de Boixols, au nord du bassin. Ainsi cela formait une gouttière de drainage, dont la source majeure se localisait vers le sud-est dans les Catalanides (Mish, 1934 ; Ziegler, 1990 ; Gomes-Gras et al., 2016). Cependant la présence de faunes remaniées dans les grès suggère qu'une part des sédiments provenaient de la zone au Nord du chevauchement de Boixols (anticlinal de Sant Corneli). En particulier au Maastrichtien supérieur, la forte épaisseur de la série se terminant par une unité à corps amalgamés (unité de Talarn) tend à indiquer un bassin actif à fort apport sédimentaire et les mesures de courant de l'unité de Talarn indiquent une provenance venant de l'est et du nord-est. Au Paléocène, le taux de subsidence semble ralentir et devient plus homogène dans le bassin, mais les chenaux restent localisés au nord.

Dans la zone septentrionale, il est clair que les systèmes fluviaux changent drastiquement au cours du temps. Bien que la stratigraphie ne soit pas très précise dans ces faciès, il est possible de subdiviser la série : au Maastrichtien supérieur le type A s'établit après l'émersion puis le type D se met en place au Maastrichtien terminal et Danien basal, marquant un pulse sédimentaire important ; le Danien se poursuit avec un changement majeur et le retour à des systèmes de plus faible énergie (type C) malgré des grains grossiers. Entre la fin du Danien et durant une partie du Thanétien, une période est marquée avec peu de chenaux puis un intervalle avec des horizons de gypse qui s'intercalent dans la plaine alluviale. Finalement la fin du Thanétien est caractérisé par le type B, suggérant un rapport accommodation/ sédimentation assez fort, et un débit des paléo-rivières relativement important avant la limite Paléocène/ Eocène marquée par les Conglomérats de Claret.

Mots-Clés: Sédimentation continentale, Architecture fluviale, Bassin de Tremp

PROCESSUS DIAGENETIQUES DANS LES GRES FAIBLEMENT ENFOUIS DU CRETACE INFÉRIEUR DU BASSIN DE PARIS : VERS L'IDENTIFICATION D'UN PROCESSUS DE CHLORITISATION DES SABLES ESTUARIENS

Maxime Virolle ^{*1}, Benjamin Brigaud ¹, Patricia Patrier ², Daniel Beaufort ³, Abdelrahman Eid, Hadrien Thomas, Eric Portier, Hugues Feniès ⁴, Raphaël Bourillot ⁵

¹ Géosciences Paris Sud (GEOPS) – Université Paris-Sud - Paris 11, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR8148 – Université Paris Sud, bât. 504 510, 91405 ORSAY Cedex, France

² Université de Poitiers – CNRS : UMR7285, INSU, Université de Limoges, Université de Poitiers, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse – France

³ INSTITUT DE CHIMIE DES MILIEUX ET MATERIAUX DE POITIERS (IC2MP) – Université de Poitiers, CNRS : UMR7285 – 4 RUE MICHEL BRUNET BAT B27 - CHIMIE 86022 POITIERS CEDEX, France

⁴ ENSEGID, Géoressources et Environnement – Bordeaux INP – 1 Allée Daguin, 33607 Pessac, France, France

⁵ GÉORESSOURCES ET ENVIRONNEMENT – Université Michel de Montaigne - Bordeaux 3 : EA4592, université Bordeaux Montaigne – Institut EGID 3 1, allée Daguin F-33607 Pessac cedex, France

*Intervenant - max.virolle@laposte.net

Les réservoirs localisés dans des formations estuariennes (ex. Bassin Petrel, Australie) incluent d'abondants faciès à tapissages argileux (ou *clay coatings*) de chlorite qui forment d'excellents réservoirs d'hydrocarbures situés à des profondeurs de plus de 2 km. Il a été clairement démontré que ces chlorites authigéniques contrôlent la qualité des propriétés des réservoirs gréseux profondément enfouis en inhibant le développement de surcroissances de quartz. Ceci permet la préservation de la perméabilité et de la porosité des roches réservoirs au cours de l'enfouissement. Dans la littérature, il est généralement admis par des études en laboratoire reproduisant les réactions minérales, que les chlorites riches en fer se forment à partir de la transformation d'un minéral précurseur contenant du Fer, comme la berthiérine ou l'odinite. L'étude récente de plusieurs environnements estuariens modernes montre que des tapissages argileux en grande partie composés d'argiles détritiques (illite, chlorite, kaolinite et parfois de smectite dioctaédrique), mais pas de berthiérine ni d'odinite. Ces observations posent une réelle question sur les transformations minérales se produisant entre les argiles détritiques observées dans les environnements de surface et les chlorites ferreuses très bien cristallisées observées à plus de 2 km de profondeur. La formation des *coatings* de chlorite riche en fer nécessite donc (i) des argiles détritiques ou phyllosilicates alumineux très réactifs piégés dans le sédiment, et (ii) une source de fer ferreux (autres minéraux réactifs ou apport par des fluides), (iii) puis une probable transformation des argiles en berthiérine. Ce dernier processus est, à ce jour, non observé en milieu naturel. 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 son apparition (profondeur et température), ainsi que des différentes voies de transformations minérales entre le matériel initial de départ et la chlorite ferreuse. L'idée de ce travail est d'étudier les minéraux diagénétiques présents dans des sédiments sableux moyennement indurés, situés à des profondeurs d'enfouissement de 400 à 1000 m, profondeur où les processus diagénétiques ne sont pas souvent étudiés. Ces analyses minéralogiques seront remises dans leur contexte sédimentologique et stratigraphique afin d'être le plus prédictif possible en terme de position géométrique. Les dépôts estuariens choisis dans le Bassin de Paris correspondent aux Sables Wealdien. Ces dépôts ont été mis en place dans des environnements côtiers, *shoreface*, delta et estuaire. Par analogie avec l'estuaire de la Gironde, seuls les faciès estuariens ont été considérés. L'analyse de ces sables du Bassin de Paris, notamment par diffraction aux rayons X sur fraction inférieure à 1 mm et au Microscope Electronique à Transmission, montre la présence de berthiérine qui semble apparaître à des profondeurs situées entre 600 et 900m. Le fer, élément majeur dans la formation de cette berthiérine, est présent dans le milieu comme le montre la présence de pyrite mais aussi de coatings constitués par des carbonates riches en fer (sidérite, ankérite). En fonction des conditions géochimiques du milieu, une compétition dans la diagenèse du fer peut avoir lieu. La berthiérine quant à elle semble provenir de la dissolution de micas détritiques mais aussi de la dissolution de kaolinite. Ces mécanismes se produiraient à des températures de l'ordre de 30-40 degrés.

Mots-Clés: Diagenèse, coat, chlorite, berthiérine, réservoir

DE LA MATIERE ORGANIQUE EXTRATERRESTRE PRESERVEE DANS DES SEDIMENTS VIEUX DE 3,3 MILLIARDS D'ANNEES

Frances Westall ^{*1}, Didier Gourier , Jean Breheret , Keyron Hickman-Lewis

¹ Centre de Biophysique Moléculaire, Orléans – CNRS : UPR4301 – France

*Intervenant - frances.westall@cnrs.fr

Il est généralement admis qu'une fraction importante des molécules organiques qui ont permis l'émergence de la vie sur Terre provient de sources extraterrestres, telles que les chondrites carbonées (météorites), les micrométéorites et les poussières interplanétaires. Les rares roches survivantes du premier milliard d'années de l'histoire de la Terre sont très fortement métamorphisées et altérées et n'ont préservé aucune trace d'un tel apport extraterrestre. Les traces d'impacts géants sont plus abondants à partir de 3,4 milliards d'années mais jusqu'à présent, aucune trace de matière organique d'origine extraterrestre n'a survécu, ou n'avait encore été détectée.

C'est pourquoi la mise en évidence de matière carbonée extraterrestre dans des sédiments très bien préservés – datés de 3,33 milliards d'années - dans la Formation des Cherts de Josefsdal (Ceinture verte de Barberton, Afrique du sud) revêt un intérêt particulier. Epaisse de 8 à 40 m, cette formation est composée de sédiments majoritairement d'origine chimique (précipitation de silice) et biologique (tapis bactériens phototrophes) déposés en milieu littoral comme en attestent rides de tempêtes, de courants et de vagues. Deux couches de cendres volcaniques résultant d'éruptions majeures sont intercalées. La première est formée de l'empilement de huit ensembles de lits de cendres volcaniques qui représentent l'archivage détaillé d'autant d'explosions. Ces lits d'épaisseur millimétrique à pluri-centimétrique sont granoclassés: les plus fines particules, étant déposées en dernier, sont recouvertes d'une mince pellicule noire contenant de la matière organique.

L'analyse de ces fines couches carbonées par Résonance Paramagnétique Electronique (RPE) a montré que la matière organique de l'une d'entre elles, épaisse de 2 mm, a des caractéristiques spectroscopiques très similaires à celles observées dans les météorites carbonées, mais différentes de celles observées dans de nombreux autres sédiments riches en carbone organique datant de l'Archéen (3,5 à 2,5 milliards d'années), y compris dans la Formation des Cherts de Josefsdal elle-même. Ce résultat a été confirmé par d'autres analyses RPE démontrant que cette matière carbonée extraterrestre a une composition différente que celle de la matière carbonée Archéenne d'origine biologique (assurée ou supposée). De plus, de très petites particules de spinelles, plus particulièrement des ferrites de Ni et Cr, dont la composition chimique est compatible avec une origine extraterrestre, ont été trouvés dans la même couche.

La présence énigmatique conjointe de matière organique et de nanospinelles extraterrestres est peut-être due à des conditions météorologiques particulières qui ont permis leur dépôt sans être dilués par les cendres volcaniques. Néanmoins la coexistence de deux phases de carbone organique dans le même dépôt sédimentaire - l'une d'origine extraterrestre et l'autre d'origine biologique – pointe du doigt l'immense défi qu'il faudra affronter dans la recherche *in situ* de traces de vie ancienne dans d'autres corps planétaires, comme Mars.

Références

D. Gourier et al. Extraterrestrial organic matter preserved in 3.33 Ga sediments from Barberton, South Africa. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. **2019**, 258, 207-225. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2019.05.009>

Westall, F., Campbell, K.A., Bréhéret, J.G., Foucher, F., Gautret, P., Hubert, A., Sorieul, S., Grassineau, N., and Guido, D.M., 2015. Archean (3.33 Ga) microbe-sediment systems were diverse and flourished in a hydrothermal context. *Geology*, July 2015; v. 43; no. 7; p. 615–618.

Mots-Clés: Terre primitive, origine de la vie, carbone extraterrestre, Barberton, sédiments côtiers

INCISED VALLEY OF THE GULF OF GABES (SOUTHERN TUNISIA) DURING THE QUATERNARY. CONTRIBUTION OF VERY HIGH-RESOLUTION SEISMIC DATA

Raouia Zahmoul ^{*1}, Alain Trentesaux ¹, Jean Yves Reynaud ¹, Mohamed Hédi Inoubli ²

¹ Laboratoire d'Océanologie et des Géosciences – Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences – France

² Research Unit of Applied Geophysics to Materials and Minerals (URGAMM) – Tunisie

*Intervenant - raouia.zahmoul@univ-lille.fr

The Gulf of Gabes in Southern Tunisia corresponds to the last large carbonate Mediterranean shelf. It is also characterized by the highest Mediterranean tidal range (> 2m). During the Quaternary, due to (i) changes in location of the coastline; (ii) climatic oscillations and (iii) the probable effects of recent tectonic movements, the area of exposed shelf varied considerably. This has deeply influenced the onshore hydrologic system and the supply of detrital sediment to the offshore zone. The Quaternary stratigraphy is currently revised onshore. It corresponds to a succession of incised valley fills cropping at the banks of present-day wadis. The valley fills consist of fluvial to lacustrine deposits expressing a progressive increase of aridity and of routing of sediments toward the Gulf. We report here the first results from a very high-resolution seismic survey of the offshore counterpart of this system in the Gulf of Gabes. The results show the seaward extent of the valley network. A succession of at least three paleo-valley fill sequences that can be followed across most of the surveyed area. Based upon (i) their thickness, (ii) the thalweg slope, (iii) the seismic facies, the seismic units are tentatively correlated to the incised valley fills preserved onshore. A geomorphic change of the fluvial system from meander belts to braided channels to sebkha-type deposits, dominating the successive sequences respectively, is inferred.

Mots-Clés: Climate change, Quaternary, seismic data, Gulf of Gabes

EVOLUTION OF CRITICAL ZONE PROCESSES IN THE NORTHERN FRENCH ALPS SINCE THE LATE GLACIAL PERIOD: LITHIUM ISOTOPES EVIDENCE FROM LAKE SEDIMENTS

Xu Yvon Zhang ¹, Manon Bajard ^{2,3}, Pierre Sabatier ^{*3}, Julien Bouchez ¹, Jérôme Poulenard ³,
Fabien Arnaud ³, Marie Kuessner ¹, Jérôme Gaillardet ¹

¹ Université de Paris, Institut de physique du globe de Paris, CNRS, F-75005 Paris *IPG PARIS, CNRS : UMR7154*

² Centre for Earth Evolution and Dynamics, University of Oslo, PO Box 1028, Blindern, 0315 Oslo, Norvège

³ EDYTEM, Université Savoie Mont Blanc, CNRS, Avenue de la Mer Caspienne, bat. Pôle montagne, 73376 Le Bourget du Lac *CNRS : UMR5204*

*Intervenant - pierre.sabatier@univ-savoie.fr

The critical zone is the integrated system supporting life at the Earth's surface, and weathering is one of the key processes of this critical zone: through weathering, bedrocks are converted to soils and essential nutrients are released and taken up by biota. At different time scales, various factors such as tectonics, lithology, vegetation or climate control weathering patterns and rates. Over the Holocene, human activities have undoubtedly affected weathering processes. Nevertheless, the response of weathering to anthropogenic forcing is still poorly known. Here, we report lithium isotopes ($7\text{Li}/6\text{Li}$ ratio, expressed as $\delta 7\text{Li}$) variations of detrital sediments as a tracer of weathering response since the late glacial period, reconstructed from a lacustrine sediment core collected in a prealpine lake (La Thuile, Bauges Massif, France)¹. As Li is exclusively contained in silicate minerals, and no Li isotope fractionation is associated with bedrock dissolution, $\delta 7\text{Li}$ is a robust geochemical tracer for weathering. The $\delta 7\text{Li}$ fractionation is mainly caused by clay formation where the light isotope of Li (6Li) is enriched in clay minerals. The sediment $\delta 7\text{Li}$ remained at a relatively high level during the late glacial period to the early Holocene (from ~21000 cal. BP to ~8500 cal. BP), when cold climate was prevailing over the Alps and physical erosion was strong with both low vegetation and soil cover. During the Holocene climatic optimum (from ~8500 cal. BP to 3000 cal. BP), a remarkable decrease is observed in the sediment $\delta 7\text{Li}$, indicating enhanced soil formation. From 2500 cal. BP, $\delta 7\text{Li}$ rapidly increases back to high levels, corresponding to the settlement of humans and increased anthropogenic activities such as deforestation and agriculture in the watershed. These anthropogenic activities induce strong erosion during the Roman period and after 1600 cal. BP (350 cal. CE) with a substantial accentuation in the Middle Age. Increasingly deep soil horizons were eroded and leading to the remobilization of poorly weathered material, hence rejuvenating soil development attested by $\delta 7\text{Li}$ increases as well as other proxies such as K/Ti ratio and organic matter¹. Detrital material during the last 900 years appear to be more weathered than over the Middle Age, according to the $\delta 7\text{Li}$, but never reach the depleted values observed before the human impact was introduced, indicating that soils were deeply affected and have yet not recovered. Hence, human activities introduced new factors regulating weathering in the critical zone prior to the Anthropocene, and our $\delta 7\text{Li}$ data suggest that the Alpine environment is still adjusting to these changes in the watershed of Lake La Thuile.

Reference: Bajard, Manon, et al. (2017). Progressive and regressive soil evolution phases in the Anthropocene. *Catena*, 150, 39–52.

Mots-Clés : Zone critique ; sédiment lacustre ; isotope du Li ; Alpes ; Holocène

LES *SEDIMENTS WAVES* DES STRUCTURES SEDIMENTAIRES UBIQUISTES : INVENTAIRE DE LEURS CONTEXTES DE DEPOTS

Jean-Loup Rubino *¹, Severine Russo ¹, Francois Lafont ¹, Julien Bourget ¹, Serge Berné ²

1 : Total CSTJF Avenue Larribau 64018 Pau cedex

2 : Université de Perpignan

*Intervenant – jean-loup.rubino@total.com

Connues depuis les années 70, les *Sediments Waves* ont d'abord été décrites sur des rides contouritiques profondes au large des US, puis en contexte de systèmes turbiditiques, soit sur les levées des chenaux ou au sein des canyons ; plus récemment elles sont apparues sur des nombreux talus continentaux dans des configurations variées, voire en contexte de talus pro deltaïque. Cette profusion est le résultat de la multiplication des *seabeam* de très haute qualité, ainsi que celles des blocs de sismiques 3D dans le domaine ultra-profond. Comme le soulignait, Urgelès et *al.* 2011, elles ont souvent été interprétées, à tort en raison de très fortes anamorphoses des profils sismiques, comme associées à de la tectonique gravitaire avec des failles normales d'angle faible. La variabilité de leur taille et des processus impliquées dans leur genèse est donc très diversifiés. Elles migrent très souvent à contre pente leur longueur d'onde varie de quelques hectomètres à quelques kilomètres et leur hauteur est décimétrique à pluri hectométriques.

Sediment waves associés aux systèmes turbiditiques : c'est incontestablement le contexte où elles sont les plus fréquentes, elles tendent à couvrir les levées de nombreux complexes de chenaux méandriformes, selon l'ampleur du débordement du flux turbiditique, elles suivent à angle droit la sinuosité des méandres, Posamentier et Kolla (2003) ou au contraire reste plus perpendiculaires à la pente. Bien décrites dans le Toyama *channel* on les trouve dans la plupart des grands fans tels que l'Amazon et de nombreux fans du SE asiatique ou d'Afrique de l'Ouest.

Des *gravels bars* de grandes tailles et constituées de matériaux très grossiers sont répertoriés soit dans les talwegs de chenaux ou dans les axes de canyons comme dans celui du Var, du fan du Labrador ou dans le canyon de Monterey.

Sediments Waves de talus : ces dernières années, c'est dans ce contexte qu'elles ont été le plus souvent décrites, elles peuvent couvrir des zones très larges, comme dans l'Albien du Maroc ou dans le Golfe du Lion et le Golfe de Valence ou elles sont pérennes depuis le Pliocène; on en trouve entre autre en Mer Tyrrhénienne ; en Uruguay et dans le talus des Iles Sandwich. Deux grands types de processus sont évoqués pour expliquer leur genèse soit les courants induits par les ondes internes ou les marées internes, soit les courants de densité induits par la dynamique de surface. On les trouve aussi dans les détroits où la dynamique des courants est renforcée comme en Calabre ou aux Philippines.

Sediments Waves associées aux rides contouritiques : C'est finalement dans ce contexte qu'elles sont les moins nombreuses, elles se trouvent souvent en position latérale des rides contouritiques ; les processus à l'origine de leur genèse restent mal compris, elles pourraient être associées à des terrasses affectant les contourites, elles-mêmes liés à l'existence de veines d'eau de densité différentes et de sens d'écoulement différents, des exemples spectaculaires existent en Oman , au large de Terre Neuve ou dans la fosse de Rockall.

Sediments Waves de delta : quoique moins nombreuses, les bathymétries HR ou les profils *sparker* ont révélés qu'elles sont aussi présentes dans les talus pro deltaïques en milieu marin comme en milieu lacustre, l'exemple du Llobregat en Catalogne est célèbre puisque on les trouve jusqu'à 70m, certaines ont été décrites en contexte de transition *lower shoreface - offshore* dans l'Adriatique et en Algérie, la encore elles sont soit liées aux flux turbiditiques, soit à du *dense cascading* induit thermiquement.

Il reste beaucoup à faire pour totalement comprendre leurs genèses, ceci passera par une multiplication des mesures de courants in situ ; ainsi que par l'obtention de carottes permettant d'améliorer la connaissance de leur contenu sableux et pour nous de mieux prédire leur qualité réservoir potentiel.

Index des Auteurs

- Abit Dominique 142
Abraham Romain 152, 153
Adatte Thierry 151, 155
Adnen Amiri 61
Afenzar Abdelkrim 104
Alcicek Mehmet Cihat 135
Allanic Cécile 21
Amedro Francis 30
André Droxler 95
Andrieu Simon 1, 2, 20, 21, 147
Andrieu-Ponel Valerie 124
Antics Miklos 147
Aquit Mohamed 25
Armynot Du Châtelet Eric 152
Arnaud Fabien 8, 13, 125, 160
Arnouts Guillaume 152
Aubourg Charles 55, 56, 57
Augustin Laurent 115, 125, 126
Aurelie Labeur 72
Averbuch Olivier 74
Baby Guillaume 12
Badelle Jacky 82
Bain Olivier 3, 79, 122, 139
Bailleul Julien 23, 24, 26, 27, 28, 46, 144, 150
Bajard Manon 160
Baltzer Agnes 53, 68
Bamford Marion 38
Baptiste Julien 12
Barbarand Jocelyn 78
Barbet Christine 18
Bareix Paul 3
Barrier Andrea 4
Barrier Eric 117, 118
Barrier Laurie 5
Barrier Pascal 26, 135
Bassett Kari 4
Batenburg Sietske J. 6, 85
Baudin Francois 33, 153
Baux Noémie 7
Bayon Germain 31
Beaufort Daniel 157
Beaumont Valérie 137
Beccaletto Laurent 16, 74, 89
Belleney Déborah 9, 68
Benadla Mustapha 83
Benaoun Inès 130
Benbouziane Abdelmajid 41, 42, 100
Benfrika El Mostafa 42, 93
Benlaoukli Bachir 10, 11
Benoît Laurent 107
Bensefia Kamar Eddine 83
Bergerat Françoise 58
Bermell-Fleury Sylvain 108
Bernard Julien 108
Bernardet Karim 115
Bessin Paul 12, 76
Biguenet Maude 13
Billy Isabelle 115
Billy Julie 136
Blaise Thomas 20, 78, 147
Blamart Dominique 66
Blanpied Christian 117, 118
Blawal Syed 124
Blondet Justine 31
Bodin Stéphane 102
Bonhoure Jessica 14, 119
Bonifacie Magali 20
Bonnefond Matthieu 141
Bonnell Cédric 55, 56, 57
Borelli Mario 48
Borgomano Jean 128
Borraccini Francesco 60
Bosc Rémi 14
Bouchard Alban 69
Bouchez Julien 126, 160
Bougeault Cédric 96
Boula Aurélie 15
Bourget Julien 110
Bourillot Raphael 157
Bourlange Sylvain 39
Bourquin Sylvie 16, 70, 89, 140
Bousquet Romain 88
Bout-Roumazeilles Viviane 109, 152
Bouwafoud Amine 42, 93, 100
Braun Jean 76
Brazon Carmen 60
Bréhéret Jean 17
Breitenbach Sebastian 102
Briais Justine 12, 18, 106, 121
Briard Justine 19

- Brigaud Benjamin 1, 20, 35, 78, 143, 147, 157
 Brocheray Sandra 26, 129, 133
 Brouard Etienne 32
 Brown Stephen 21
 Browne Greg 4
 Bruel Dominique 58
 Bruel Rosalie 22
 Bruneau Ludovic 30
 Bujan Stéphane 136
 Buoncristiani Jean-François 135
 Busfield Marie 37
 Cai Yanjun 111
 Callot Jean-Paul 55, 56, 62
 Calmels Damien 20
 Calvat Pascal 115
 Calzas Michel 115
 Campbell Kathleen 17
 Capar Laure 74
 Caputo Vitor 117, 118
 Caroir Fabien 23
 Caron Vincent 150
 Caruso Antonio 48
 Castelle Bruno 136
 Castelltort Sébastien 155
 Catinat Maxime 147
 Cavailhes Thibault 148
 Cavalazzi Barbara 63
 Chague Catherine 142
 Chakir Ahmed 93
 Chalmin Emilie 13
 Champagne Julie 127
 Champilou Jean-Baptiste 53, 82
 Chanier Frank 23, 24, 27, 46, 50, 144, 150
 Chanteloube Colin 5
 Chapkanski Stoil 123
 Chapron Emmanuel 69, 125
 Chaptal Corentin 24, 28
 Chaumillon Eric 13, 131
 Chavagnac Valérie 19
 Chellai El Hassane 25, 86
 Chenot Elise 30
 Childs Conrad 81
 Chirol Hugo 26
 Christodoulou Dimitris 133
 Claussmann Barbara 24, 27, 28, 50
 Clerc Camille 43, 109
 Cojan Isabelle 59
 Collot Julien 43, 109
 Corbineau Lucien 14
 Cordrie Louise 29
 Corentin Pauline 30, 31
 Costa Stéphane 112
 Couëffé Renaud 18, 87
 Couette Pierre-Olivier 32
 Coulombier Thibault 13
 Courtade Sergio 27, 50, 132
 Critelli Salvatore 48
 Crombez Vincent 129
 Crosta Xavier 115
 Crouzet Christian 8, 135
 Cuitino Jose 145
 Daeron Mathieu 19, 66
 Daffi Youssef 86
 Daniau Fleur 92
 Danisch Jan 102
 Danzelle Julien 33
 Dauvin Jean-Claude 7
 De Lorgeril Jeanne 152
 De Rafelis Marc 19, 66
 Dechnik Belinda 42
 Deconinck Jean-François 30, 34, 96
 Delattre Marion 152, 153
 Delhay-Prat Vincent 47, 113, 114
 Deloume-Carpentras Quentin 35
 Demory François 124
 Deplus Christine 108
 Derakhshani Reza 5
 Deschamps Rémy 36, 117, 118, 137
 Develle Anne-Lise 8, 13, 125, 160
 Dietrich Pierre 37, 38
 Destribats Benoit 136
 Dimas Xenophon 140
 Do Couto Damien 101
 Doressoundiram Florian 143
 Dorschel Boris 32
 Doublet Stefan 97
 Drage Eleanor 6
 Ducassou Céline 16, 89
 Ducassou Emmanuelle 91, 94, 95
 Dujoncquoy Emmanuel 127
 Dumoulin Jean-Pascal 125
 Duperron Maria 145
 Dupont Pauline 68
 Durain Alexandre 8

Duquennoy Julien 3	Gautier Pierre 70
Dutilleul Jade 39	Gay Aurélien 46, 144
Ehrhold Axel 9, 40, 68	Gebhardt Catalina 32
Eid Abdelrahman 157	Gensac Erwan 151
El Boukhari Hanane 41, 42, 93, 100	Geraga Maria 140
El Ouariti Salem 41, 42, 93, 100	Geraud Yves 39
Emmanuel Laurent 19, 66	Ghienne Jean-François 32, 37, 103
Ercilla Gemma 101	Giguet-Covex Charline 8
Ertlen Damien 122	Gindre-Chanu Laurent 47, 113
Essamoud Rachid 104	Giovanna Paola Della Porta 102
Etienne Samuel 43, 109	Girard Jean-Pierre 49
Euzen Tristan 129	Giraudeau Jacques 91
Fabre Maud 68	Gobetti Anatole 27, 50
Fakiris Elias 140	Godinho Elodie 104
Fanget Bernard 8	Gomez Juan Jose 34
Farias Marcelo 134	Gorini Christian 51, 101
Farout Isabelle 113	Gourcerol Blandine 52, 63
Fauquembergue Kelly 94	Gourier Didier 158
Feneyrol Julien 14	Gouriou Jérémie 40
Feniès Hugues 157	Granjeon Didier 105
Ferry Jean-Noël 155	Grasemann Bernhard 37
Ferry Serge 44, 45, 146	Grataloup Sandrine 18
Fetati Slim 156	Graveleau Fabien 74
Feuillet Nathalie 13, 29, 108	Gregoire Gwendoline 7, 53
Fillâtre Nathan 111	Grelaud Carine 127
Fillon Charlotte 106	Grenard-Grand Elise 54
Flood Roger 91	Grignard Pierre-Alexandre 55, 56, 57
Francescangeli Fabio 152	Grimaud Jean-Louis 58, 59
Franchi Fulvio 27	Grime Romain 60
Franzetti Marcaurelio 9	Grosheny Danièle 45, 146
Freslon Nicolas 31	Guerin Charline 108
Froideval Laurent 111	Guido Diego 17
Fuchey Yannick 132	Guillemoto Solene 117, 118
Gabriel Guihlem 3	Guillocheau François 12, 106, 155
Gadal Cyril 5	Guyomard Patrick 68
Gaillardet Jerome 126, 160	Hallek Faten 61
Gaillot Arnaud 43, 108	Hamon Alexandre 36, 62
Galabertier Bruno 115	Hamon Youri 137
Gale Andrew S. 6	Hanquiez Vincent 94, 95
Galy Albert 130	Haurine Frédéric 1, 20
Gao Elaine Yi 6	Hebbeln Dierk 32
Gaouzi Abdelaziz 154	Heine Erwin 69
Gartner Clara 46, 144	Heinrich Philippe 29
Gartrell Anthony 110	Hesp Patrick 136
Gasparrini Marta 36, 137	Hesselbo Stephen 96
Gaudin Maeva 79	Hickman-Lewis Keyron 17, 63, 158
Gaullier Virginie 23	Hoareau Guilhem 55, 56, 57

- Homberg Catherine 57, 59
 Homewood Peter 127
 Horowitz Jeremy 43
 Houssier Jérôme 123
 Howa Hélène 64
 Hubert-Ferrari Aurélia 140
 Huet Bastien 65
 Hura Denys 152
 Huret Emilia 30, 96
 Husson Eglantine 35
 Huyghe Damien 62, 66
 Inoubli Mohamed Hédi 61, 159
 Issautier Benoit 2
 Jenkyns Hugh C. 6
 Jones Matthew M. 85
 Joanny François-Xavier 3
 Jorry Stephan 40, 43, 108
 Jourani Essaid 41, 42, 86, 93, 100
 Jouet Gwenael 9, 40, 68, 105
 Jouve Guillaume 69
 Juan Caroline 109
 Jugé Philippe 141
 Kabiri Lahcen 102
 Kalifi Amir 65
 Kernif Tarik 70
 Koched Hichem 153
 Kontak Daniel 52
 Kravitz Katherine 76
 Kubiak Tom 26, 133
 Kuessner Marie 159
 Kwiecien Ola 162
 Labaume Pierre 87
 Labourdette Nathalie 66
 Lachassagne Patrick 18
 Lacquement Frederic 18, 74
 Lafite Robert 90
 Lahmar Karim 71
 Lajeunesse Patrick 32
 Landrein Philippe 30, 92, 96
 Lang Simon 110
 Laporte-Fauret Quentin 136
 Laporte-Magoni Christine 15
 Largeau Maria Anola 42
 Lartaud Franck 66
 Lartigau Marine 2
 Larue Jean Pierre 71
 Laspatzis Sophie 73
 Lasseur Eric 1, 2, 12, 35, 106, 121
 Laurent Aurore 74
 Le Ber Erwan 75
 Le Bot Sophie 54, 90, 107
 Le Cadre Adrien 76
 Le Dantec Nicolas 9, 105
 Le Friant Anne 108
 Le Gall Romain 151
 Le Heron Daniel 37
 Le Hir Pierre 105
 Le Mestre Monika 15
 Le Roy Pascal 9, 40, 43, 68
 Le Solleuz Antoine 142
 Léa Faubert 95
 Lebatard Anne-Elisabeth 124
 Lebec Arnaud 127
 Leijri Mostfa 132
 Leleu Sophie 77, 156
 Leloup Damien 69
 Leloup Hervé 65
 Lemay Martin 59
 Lenoir Louise 78
 Lepareur Fanny 43
 Leroux Estelle 105
 Lesourd Sandric 7, 90
 Loisy Corinne 77
 Lozada Tucci Tito 110
 Lucas Victoire 79
 Lymer Gaël 80, 81
 Mahieux Geoffroy 24, 27, 46, 50, 144, 150
 Maillet Grégoire M. 82, 141
 Maison-Potel Tatiana 80
 Malartre Fabrice 146
 Malet Emmanuel 8
 Malie Pierre 150
 Mansoura Moez 130
 Manzini Daniela 65
 Marc Stéphane 74
 Marches Elodie 68
 Marchiel Adrien 26, 133
 Marieu Vincent 136
 Marok Abbas 83
 Martinez Mathieu 84, 85, 114
 Martinod Joseph 134
 Marzoqi Mohamed 86
 Masse Pierre 72
 Masson Eric 152

Mathilde Banjan 8	O'connor Lauren K. 6
Matrion Bertrand 30	Olivier Matthieu 105
Maufrangeas Adrien 77	Ors Fabien 59
Mcarthur Adam 27, 28	Ortiz Alexandre 106
Mear Yann 7	Ouaja Mohamed 130
Mehl Caroline 58, 62	Pagel Maurice 20, 78
Menier David 151	Palumbo Antoine 125
Menzer Lionel 87	Pancrazzi Léo 107
Mercier Louison 72	Papatheodorou George 140
Mercuzot Mathilde 88	Paquet Fabien 108
Merle Didier 19	Patriat Martin 43, 109
Messenger Erwan 8	Patrier Patricia 157
Metzger Edouard 52	Pattier France 15, 109
Michalet Richard 82	Paumard Victorien 4, 110
Michel Guillaume 90	Payet Vincent 5
Michel Guiraud 31	Pedley Andrew 113, 114
Michels Raymond 142	Pellenard Pierre 30, 31, 34, 89, 92, 96, 143
Migeon Sebastien 88	Pellerin Le Bas Xavier 111
Miocic Johannes 49	Penaud Aurélie 40
Moal-Darrigade Paul 91	Perri Edoardo 48
Mojtahid Meryem 53	Perrin Mireille 124
Montadert Lucien 51, 98	Peuziat Bastien 112
Morales Chloé 92	Piccin Andrea 125, 126
Moretti Isabelle 140	Pichat Alexandre 47, 113, 114
Mouche Emmanuel 147	Pichot Thibaud 99
Mouchi Vincent 66	Pictet Antoine 146
Mouflih Mustapha 41, 42, 93, 99	Pignol Cécile 115
Mouret Aurelia 53, 64	Pillot Daniel 137
Moussion Estelle 129	Pittet Bernard 60
Mulder Thierry 94, 95, 127	Pochat Stéphane 65
Muller Héloïse 105	Poignant Loïk 116
Muller Marc 88	Poizot Emmanuel 7
Munier Thomas 96	Polard--Taine Pierre 117, 118
Murat Anne 7	Poli Emmanuelle 94
Musial Geoffray 53	Potel Sébastien 46, 144, 150
Nalpas Thierry 70	Poujol Marc 70, 89
Nardelli Maria Pia 82	Poulenard Jérôme 160
Nartean Clément 5	Pourret Olivier 14, 119, 120, 154
Néraudeau Didier 143	Portier Eric 147
Nguidi Mohamed Amine 42, 93, 100	Prevec Rose 157
Nguyen Thinh 110	Prieur Marine 121
Nicol Andrew 4	Puceat Emmanuelle 19, 31, 33, 143
Nicolae Lerma Alexandre 136	Quesne Didier 146
Noemani Rad Rooholah 101	Rabineau Marina 103
Noret Aurélie 78	Ragon Théa 103
Nutz Alexis 102, 103	Rain Hugo 122
Obad Soukaina 104	Rambeau Claire 123

- Rapuc William 124
 Rasmussen Sten 60
 Ravenne Christian 72
 Razin Philippe 88
 Recouvreur Audrey 128
 Régnier Edouard 125
 Remaud Arthur 129
 Renard Maurice 66
 Reolid Matias 83
 Reynaud Jean Yves 61, 130, 145, 159
 Reyss Jean-Louis 125
 Ribouleau Armelle 152
 Riboulot Vincent 68
 Riding Jim 96
 Rigollet Christophe 92
 Riou Briec 131
 Ripoll Agathe 132
 Riquier Laurent 33
 Rispal Nathan 26, 133
 Rivera Huber 134
 Roattino Thibault 135
 Robin Cécile 12, 106, 155
 Robin Nicolas 146
 Robinet Jimmy 127
 Robinson Stuart A. 6
 Rochette Pierre 124
 Roest Walter R. 43, 109
 Roger Jean 43
 Rohais Sébastien 26, 36, 73, 133, 137, 139, 140
 Romero-Sarmiento Maria Fernanda 137
 Ropert Michel 66
 Rosebery David 136
 Roubi Angélique 40
 Rouby Delphine 73
 Roule-Chenieux Barbara 77
 Rousse Stephane 138
 Rousseau Denis-Didier 115
 Royer Emerik 139
 Rubi Romain 140
 Rubino Jean-Loup 65, 72, 88, 103, 161
 Ruffet Gilles 103
 Ruggieri Léa 152
 Sabatier Pierre 8, 13, 22, 125, 126, 131, 160
 Saillet Elodie 119
 Saint-Bezar Bertrand 147
 Salloum Mohamad Ali 142
 Salomonsen Per 27
 Samar Louisa 83
 Samet Ali Mokhtar 83
 Samson Yann 147
 Sanborn Kelsey 43
 Sanchez Sophie 82
 Saqab Muhammad Mudasar 81
 Saspiturry Nicolas 2
 Saulet Pierre 3, 122
 Sauvage Julien 139
 Scasso Roberto 145
 Schmidt Sabine 68
 Schmitt Laurent 123
 Schmitz Julien 26
 Schneider Frederic 98, 138
 Schneider Jean-Luc 131
 Schneider Nathalie 123
 Schnyder Johann 143
 Schuster Mathieu 103
 Senechal Nadia 136
 Séranne Michel 87
 Siano Raffaele 40
 Smektala Franck 92
 Sommer-Delfolie Shankar 68
 Sorrel Philippe 65
 Soudant Emeline 46, 144
 Soulimane Choukri 83
 Soussi Mohamed 130
 Stephan Pierre 79
 Tessier Bernadette 54, 64, 107, 112, 145
 Tetzlaff Daniel 27
 Thinon Isabelle 108
 Thomas Audrey 146
 Thomas Hadrien 147, 157
 Thomas Yannick 68
 Thomazo Christophe 33
 Thurston Phillips 148, 149
 Toullec Renaud 149, 150
 Tournadour Elsa 43
 Traore Kalil 151
 Trentesaux Alain 152, 159
 Tribovillard Nicolas 153
 Tuduri Johann 120, 154
 Ullmann Clemens 96
 Vacher Pierre 13
 Vahrenkamp Volker 127
 Van Buchem Frans 127
 Vazquez-Riveiros Natalia 40

Vendeville Bruno 27, 28

Vennin Emmanuelle 19

Vérité Jean 155

Vidal Muriel 40

Vidal Olivier 99

Vincent Benoit 92

Vinciguerra Constance 77

Virolle Maxime 156

Vullo Romain 143

Von Grafenstein Ulrich 125, 126

Walsh John 81

Webster Jody 43

Weill Pierre 107

Westall Frances 17, 63, 158

Wilk Stanislas 94, 95

Yans Johan 154

Zahmoul Raouia 159

Zeyen Hermann 147

Zhang Xu Yvon 160



LISTE DES PUBLICATIONS A.S.F.

- Livre Sp. – La sédimentation du Jurassique W-Européen. 1979.
- Livre n° 06 – Le Trias détritique de Provence et du Dôme de Barrot.
- Livre n° 10 – 2^{ème} congrès Français de Sédimentologie, 1989, Paris.
- Livre n° 11 – *Mesozoic eustacy record on western Tethyan margins. Abstract book.*
- Livre n° 12 – *Mesozoic eustacy record on western Tethyan margins. Excursion.*
- Livre n° 13 – Diapirisme sur une marge en distension puis en décrochement.
- Livre n° 16 – 3^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, 1991, Brest. Excursions.
- Livre n° 19 – 4^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, 1993, Lille. Résumés.
- Livre n° 20 – 4^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, 1993, Lille. Excursion.
- Livre n° 21 – Géométrie et productivité des plates-formes carbonatées. Résumés.
- Livre n° 22 – IAS, 16th Regional Meeting of Sedimentology et 5^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, 1995, Aix. Abstracts, Résumés.
- Livre n° 23 – IAS, 16th Regional Meeting of Sedimentology et 5^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, 1995, Aix. Field-trip, excursions.
- Livre n° 24 – Modélisation d'un système de piémont. Excursion.
- Livre n° 26 – *Microbial mediation in carbonate diagenesis. International workshop.*
- Livre n° 27 – 6^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Montpellier. Résumés.
- Livre n° 28 – 6^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Montpellier 1997. Excursions.
- Livre n° 30 – Argiles : sédimentologie, diagenèse, environnement. Résumés.
- Livre n° 31 – *Mauritanian microbial buildups. Field-trip.*
- Livre n° 32 – *Paleoceanology of reefs & carbonate platforms: Miocene to Modern.*
- Livre n° 34 – 7^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Nancy. Excursions.
- Livre n° 36 – 8^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Orléans 2001. Résumés.
- Livre n° 37 – 8^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Orléans. Excursions.
- Livre n° 38 – 9^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Bordeaux 2003. Résumés.
- Livre n° 39 – Excursion. Processus gravitaires et évolution de bassin : Le Crétacé et le Tertiaire du Pays Basque.
- Livre n° 40 – Excursion. Sédimentologie et stratigraphie de deux vallées incisées de la côte aquitaine : la Gironde et la Leyre.
- Livre n° 41 – Excursion. Géologie et typicité des vins de Bordeaux
- Livre n° 42 – Excursion. La plate-forme carbonatée cénomaniennne de Charente : une double approche sédimentologique et paléoécologique.
- Livre n° 43 – Excursion sur les sites stratotypiques de l'Aquitainien et du Burdigalien et sur le Miocène régional.
- Livre n° 44 – Sédimentogenèse des sites préhistoriques du Périgord.
- Livre n° 45 – Ecole d'été : Carbonates récifaux et de plate-forme.
- Livre n° 47 – 38^{ème} Symposium de l'ECSA - Programme Seine-Aval : Excursion en Baie de Somme.

- Livre n° 50 – Sédimentologie de la formation des Sables de Fontainebleau et architecture des dépôts oligocènes du Bassin de Paris.
- Livre n° 51 – 10^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Presqu'île de Giens 2005. Résumés.
- Livre n° 52 – Sédimentations gravitaires carbonatées et silicoclastiques dans un bassin en transtension, séries d'âge Cénomaniens à Coniaciens moyens du Bassin Sud-Provençal.
- Livre n° 56 – International symposium « *Early Permian continental environments in the Autun basin* ».
- Livre n° 57 – 11^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Caen 2007. Résumés.
- Livre n° 58 – 11^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Caen. Excursion. La Baie du Mont-Saint-Michel : faciès, séquences, évolution.
- Livre n° 60 – 11^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Caen. Excursion. Les séismes de l'Oxfordien supérieur sur la bordure occidentale du Bassin Parisien.
- Livre n° 61 – 11^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Caen. Excursion. Résidus à silex de l'Ouest du bassin de Paris (Normandie et Perche).
- Livre n° 62 – Excursion. *The Triassic of NE France: continental environments and unconformities*.
- Livre n° 63 – Argiles et sédiment. Ecole thématique. Poitiers 2008.
- Livre n° 64 – 12^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Rennes 2009. Résumés.
- Livre n° 65 – Excursions. Etudes sédimentologiques en presqu'île de Crozon. 12^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Rennes 2009.
- Livre n° 66 – Excursion. Les vallées incisées pléistocènes de Bretagne : l'exemple de l'estuaire de la Vilaine. 12^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Rennes 2009.
- Livre n° 67 – Excursion. Les systèmes de dépôt tertiaires de la bordure méridionale du bassin sud-pyrénéen dans la Sierra de Guara. Contrôle tectonique de la sédimentation et instabilités gravitaires. RST, Bordeaux, 2010.
- Livre n° 68 – 13^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Dijon 2011. Résumés.
- Livre n° 69 – 1) Architecture des corps récifaux et calcarénitiques du Bajocien de la région de Baune. 2) Sédimentologie, stratigraphie et diagenèse des carbonates du Jurassique de l'est du b. de Paris : influences sur le système hydrologique du secteur de Meuse/Haute-Marne. Excursions du 13^{ème} Congrès ASF, Dijon 2011.
- Livre n° 70 – Le sol et sous-sol des versants viticoles de la Côte de Nuits : nouvelles cartographies géologiques, investigations géophysiques et pédologiques à haute résolution spatiale. Excursion du 13^{ème} ASF, Dijon 2011.
- Livre n° 71 – Excursion. Variabilité architecturale des lobes turbiditiques sableux confinés. Exemples des sous-bassins du Lauzanier et des Trois Evêchés. Formation des Grès d'Annot, Eocène Oligocène du Sud-Est de la France.
- Livre n° 72 – 8th International Conference on Tidal Environments. *Tidalites 2012. Field-tip book*. 1) *Incised valleys of SW France. Marennes-Oleron, Gironde & Arcachon*. 2) *The Miocene tidal shelly sands of Anjou-Touraine*. 3) *The Somme bay, NW France: a wave dominated macrotidal estuary*. 4) *The Mt St Michel Bay: facies, sequence & evolution of a macrotidal embayment*.
- Livre n° 73 – 14^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Paris 2013. Résumés.
- Livre n° 74 – Excursions du 14^{ème} congrès. 1/Géologie du sous sol parisien. 2/Sables et grès de Fontainebleau : que reste-t-il des faciès sédimentaires initiaux. 3/Un stratotype patrimonial : le Stampien. 156 pp.
- Livre n° 75 – Diagenèse : Avancées récentes et perspectives. Orsay, 2014. 122 pp.
- Livre n° 76 – 15^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Chambéry 2015. Résumés.
- Livre n° 77 – Excursions. 1) Convergence et bassin du Pyrénéen à l'Alpin. 2) Tectonique et sédimentation en Dévoluy et Champsaur. Excursion du 15^{ème} ASF, Chambéry 2015.
- Livre n° 78 – Atelier thématique et excursion ASF-SGF. Processus gravitaires en masse actuels et fossiles. Initiation, transport, dépôts. Bordeaux, Juin 2016.
- Livre n° 79 – 16^{ème} Congrès Français de Sédimentologie, Toulouse 2017. Résumés. 2 volumes.
- Livre n° 80 – Journée thématique ASF – SGF. Du modèle conceptuel de terrain au modèle numérique. Paris, juin 2019

L'essentiel des ouvrages sont maintenant disponibles sous forme électronique. L'impression pouvant être faite à la demande.

Most books will be soon available on our web site. Printed versions are only done on demand.

Pour commander ou consulter la mise à jour de cette liste, visitez le site web ASF :

<http://www.sedimentologie.fr>

For ordering any of these books, please visit our web site:

<http://www.sedimentologie.fr>

Ce volume a été imprimé par
L'imprimerie de l'Université de Lille
59 653 – Villeneuve d'Ascq Cedex

ISSN 0990-3925
ISBN 2-907205-80-3

Dépôt légal : 3^{ème} trimestre 2019

Approche intégrée des bassins sédimentaires

- Erosion, transfert et sédimentation des particules : la démarche *source-to-sink* à l'échelle des bassins sédimentaires
- Du rift à la marge passive : dynamique des bassins et systèmes sédimentaires associés
- Bassins sédimentaires et interactions tectonique-sédimentation dans les zones de convergence
- Dynamique des bassins et des plateformes évaporitiques
- Processus diagénétiques
- Ressources énergétiques et métallifères des bassins sédimentaires

Géosciences et numérique

Sédimentologie, processus sédimentaires et environnements de dépôt

- Sédimentologie précambrienne
- Systèmes sédimentaires continentaux : paléoenvironnements, processus de transport-dépôt, architectures sédimentaires et ressources naturelles
- Hydrodynamique, sédimentologie et stratigraphie des environnements tidaux
- Plateformes, pentes et systèmes carbonatés : développement, processus et facteur de contrôle
- Les systèmes gravitaires clastiques

(Paléo-)environnement, (paléo-)climat et société

- Géochimie sédimentaire appliquée à la reconstruction des paléo-environnements - archives et processus
- Dynamique littorale

Session transverse

- Contribution de la recherche française au programme IOPD

ISSN 0990-3925
ISBN 2-907205-80-3