

ORIGINE DE L'ÉVOLUTION DES SYSTÈMES SÉDIMENTAIRES CARBONATÉS ET DE L'ARCHITECTURE STRATIGRAPHIQUE AU CÉNOMANIEN MOYEN (NORD DU BASSIN AQUITAIN, FRANCE)

Simon ANDRIEU^(1, @), Benjamin BRIGAUD⁽¹⁾, Thomas RABOURG⁽¹⁾

(1) Université Paris-Sud, UMR-CNRS 8148 Interaction et Dynamique des Environnements de Surface, bât. 504, 91 405 Orsay Cedex, France
(@) simonandrieu0@gmail.com

Malgré plusieurs études stratigraphiques à l'échelle du Crétacé, la géométrie de détail des calcaires du Cénomaniens moyen du Nord du Bassin Aquitain reste peu connue. Les quelques travaux menés ne prennent pas en compte les concepts de stratigraphie séquentielle moderne sur la caractérisation des géométries et les facteurs contrôlant les cycles stratigraphiques restent inconnus.

Les objectifs de cette étude sont de contraindre l'architecture des carbonates du Cénomaniens moyen d'une partie du Nord du Bassin aquitain, d'effectuer une reconstitution paléo-environnementale haute résolution incluant les différents faciès sédimentaires et de comprendre les paramètres pouvant contrôler l'évolution des systèmes sédimentaires.

Un travail de terrain a permis de lever 118 coupes sédimentaires entre Nersac et Mosnac et de prélever 151 échantillons sur lesquels 52 lames minces ont été effectuées puis analysées au microscope optique pour déduire les environnements de dépôts.

L'étude sédimentologique et stratigraphique du Cénomaniens du Nord du Bassin Aquitain a permis de différencier 14 faciès classés en 5 associations, chacune caractéristique d'un environnement de dépôt : offshore inférieur (F1, 3 faciès), offshore supérieur (F2, 2 faciès), shoal (F3, 6 faciès), lagon (F4, 2 faciès) et backshore (F5, 1 faciès).

Trois séquences ont été déterminées dans la partie du Cénomaniens étudiée : C1, C2 et C3. Les séquences C1 et C2 appartiennent au Cénomaniens inférieur, tandis que la séquence C3 comprend l'ensemble du Cénomaniens moyen et une partie du Cénomaniens supérieur.

Une reconstitution paléo-environnementale de chaque séquence a pu être effectuée. Les séquences C1 et C2 se caractérisent par des géométries de rampe. La séquence C2 est séparée de la séquence C3 par une limite émergitive : un backshore sur lequel se développaient des marécages épars. Le cortège transgressif de la séquence C3 a été étudié en détail : les paysages montrent un approfondissement progressif en trois stades à l'échelle de la zone d'étude : lagon, shoreface, puis offshore supérieur. Les dépôts carbonatés de shoreface de la séquence C3, de type granulaire à échinodermes, bivalves et bryozoaires forment un cordon sableux d'épaisseur très variable.

Les séquences de la zone d'étude suivent, dans les grandes tendances, les séquences européennes de second ordre, communément interprétées en termes d'eustatisme. La limite entre les séquences C2 et C3 correspond en effet à un maximum régressif de second ordre à l'échelle européenne et le cortège transgressif de la séquence C3 se met en place dans un contexte de hausse eustatique. Cependant, deux surfaces maximales d'inondation de troisième ordre à l'échelle européenne n'ont pas été retrouvées ici. Elles correspondent à des pics de production carbonatée dans le Bassin Nord-aquitain, qui pourraient masquer le signal eustatique global. Des conditions eutrophiques dans cette zone subtropicale auraient pu favoriser le développement de faciès *hétérozoans*, formant des cordons carbonatés dans la séquence C3.

ORIGINE DE LA STRUCTURATION DE LA PLATE-FORME CARBONATÉE BAJOCIENNE DE L'EST DU BASSIN DE PARIS : APPORT DU COUPLAGE SÉDIMENTOLOGIE/GÉOPHYSIQUE DE SURFACE

Benjamin BRIGAUD^(1,@), Hermann ZEYEN⁽¹⁾, Marc PESSEL⁽¹⁾, Albane SAINTENOY⁽¹⁾,
Jessica SAÏAG⁽¹⁾, Benoît VINCENT⁽²⁾, Michel HAYET⁽³⁾

(1) Université Paris-Sud, UMR-CNRS 8148 Interaction et Dynamique des Environnements de Surface, bât. 504, 91 405 Orsay Cedex, France

(2) Cambridge Carbonate Ltd, 1 rue de Varoux, 21120 Marey-sur-Tille, France

(3) Andra, 1/7 rue Jean Monnet, 92290 Châtenay-Malabry cedex, France

(@) benjamin.brigaud@u-psud.fr

La sismique 3D haute résolution acquise par l'Andra en 1999 sur la zone du laboratoire souterrain de Meuse/Haute-Marne, et en 2010 sur la Zone d'Intérêt pour une Reconnaissance Approfondie (ZIRA) a montré la présence de structures d'orientation principale N120° d'allure anticlinale, très digitées et assez irrégulières à la base des calcaires du Jurassique moyen. Les antiformes détectées en géophysique correspondent à l'expression sismique de bioconstructions coralliennes. La présence et l'origine de l'alignement des bioconstructions coralliennes semblent un point important qu'il convient de mieux comprendre afin de l'intégrer dans la conceptualisation géologique et hydrogéologique du site. Par ailleurs, comme les calcaires du Bajocien inférieur constituent les premiers dépôts carbonatés reposant sur le Lias argileux, les objectifs de cette étude sont (1) d'apporter des précisions sur l'extension à l'échelle régionale de ces structures orientées (2) de documenter les modalités permettant d'initier, de guider et de structurer la mise en place d'une plate-forme carbonatée, ce qui constitue une thématique importante dans l'étude des dépôts sédimentaires carbonatés.

Afin de répondre à cette problématique, une étude couplée sédimentologique et géophysique de surface a été menée sur un analogue de terrain où des affleurements dans la région de Neufchâteau permettent d'observer les édifices coralliens.

Les analyses sédimentologiques montrent que plusieurs bioconstructions suivent un alignement N120° dans les carrières de (1) Sommerécourt, (2) Jainvilotte et (3) sur l'affleurement naturel de Circourt. Cet alignement n'est pas systématique, confirmant l'aspect digité et irrégulier des bioconstructions sur la carte de sismique 3D de la ZIRA. Les mesures géophysiques effectuées avec le radar de sol (RAMAC Mala, antenne 250 MHz), les profils de résistivité électrique (Syscal pro) et de sismique réfraction, ainsi que les sondages électromagnétiques (PROMIS) acquises sur les analogues de terrain, indiquent que la position des constructions coralliennes est guidée par la présence de dunes sableuses se mettant en place à la fin du Jurassique inférieur, dans la formation des grès supra-liasiques. Ces résultats permettent d'élaborer une hypothèse de mise en place des bioconstructions coralliennes et de leur alignement. La paléogéographie à la fin du Toarcien est propice à la génération de courants marins N30° (Teyssen, 1984), favorisant ainsi la migration de dunes sous-marines sableuses ayant des crêtes allongées N120°. Associées à une diminution de la tranche d'eau, des conditions climatiques optimales sont à l'origine du passage d'une sédimentation argilo-sableuse à carbonatée à la limite Jurassique inférieur et Jurassique moyen. Ainsi, la paléotopographie irrégulière à la fin du Jurassique inférieur, induite par les dunes sableuses, guiderait la localisation et la colonisation du milieu marin au début du Jurassique moyen par les coraux, s'implantant au sommet de ces dunes sédimentaires.

Teyssen, T., 1984, Sedimentology of the Minette oolitic ironstones of Luxembourg and Lorraine: a Jurassic subtidal sandwave complex. *Sedimentology*, 31: 195-211.

**LES GISEMENTS STRATIFORMES DE FLUORINE
DE LA BORDURE SUD-EST DU BASSIN DE PARIS (MORVAN) :
PARAGENESE, ELEMENTS TRACES ET ISOTOPES SR-ND**

Morgane GIGOUX^(1,2,@), Benjamin BRIGAUD⁽¹⁾, Guillaume DELPECH⁽¹⁾, Maurice PAGEL⁽¹⁾, Thierry AUGÉ⁽²⁾, Catherine GUERROT⁽²⁾, Setareh RAD⁽²⁾

(1) Université Paris-Sud, UMR CNRS 8148 IDES, bât. 504, 91405 Orsay-France

(2) BRGM, 3 avenue Claude-Guillemin –BP 36009- 45060 Orléans Cedex 2 -France

(@) morgane.gigoux@u-psud.fr

Cette étude concerne quatre gisements (Pierre-Perthuis, Marigny-sur-Yonne, Courcelles-Frémy et Antully) et trois gîtes (Chitry-les-Mines, Saint-André-en-Terre-Plaine et Guipy) de fluorine localisés dans le Morvan. Des séquences paragenétiques détaillées de chaque gisement et une chronologie relative entre les principales phases minérales ont été mises en évidence. Les observations montrent des zones de croissance et des motifs caractéristiques pour chaque génération de fluorine associées à d'autres phases minérales (barytine, sphalérite, galène, pyrite, calcite, azurite, malachite, quartz). Des phases de silicification, plus ou moins intenses, ont également été reconnues. A Pierre-Perthuis, la première génération de fluorine F11 se présente sous la forme de fluorine violette microcristalline, la deuxième F12 sous la forme de petits cristaux automorphes blanchâtres à brunâtres (environ 500µm) et la dernière F13 sous la forme de cristaux automorphes centimétriques translucides avec parfois la présence d'une bordure violette en fin de cristallisation. La première phase majeure de silicification par du quartz microcristallin se développe après la deuxième génération de fluorine F12 dans un encaissant sédimentaire à l'origine dolomitique. Pour le gisement dans les grès d'Antully, les premières phases de silicification marquées par des surcroissances de quartz et du micro-quartz, précipitent avant les phases majeures de fluorine qui cristallisent au sein de la porosité résiduelle intergranulaire.

Des analyses géochimiques en solution (ICP-MS) et ponctuelles (LA-ICP-MS) ont permis de caractériser les générations de fluorine en utilisant les éléments traces en relation avec les descriptions pétrographiques. Les données d'éléments majeurs/traces et terres rares + yttrium (ETR + Y), obtenues sur trois gisements (Pierre-Perthuis, Marigny et Antully), montrent des variations importantes des concentrations de U (0,01 à 11ppm), Th (0,01 à 12 ppm), Sr (33 à 283 ppm), Ba (0,4 à 278 ppm) et du rapport U/Th (0,2 à 10,8) au sein des cristaux de fluorine. Concernant les ETR, des différences existent dans les concentrations avec 57 ppm en moyenne pour la fluorine de Pierre-Perthuis contre 140 ppm pour celle d'Antully et un profil «en cloche» semble caractériser les cristaux de fluorine du Morvan. Les données isotopiques du strontium ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,7119$ à $0,7134$) sont incompatibles avec une signature d'eau de mer et celles du néodyme montrent des variations significatives.

L'étude des inclusions fluides dans les cristaux de fluorine de Pierre-Perthuis indique deux gammes de température. Pour les cristaux translucides F13 précipités dans une géode située au sein de la dolomie silicifiée, les températures d'homogénéisation (Th) varient entre 80-100°C. Un cristal translucide F13 à bordure violette, prélevé dans une géode située à la transition paléo-arène granitique/dolomie silicifiée, montre des Th plus élevées entre 190-220°C pour des salinités plus élevées. Ces cristaux appartiennent à une même génération mais ont précipité dans deux zones différentes du gisement. La comparaison entre ces données microthermométriques des cristaux de fluorine de Pierre-Perthuis avec l'histoire thermique du bassin montre qu'un événement de circulation fluide hydrothermal est nécessaire, et que des apports localisés de fluides peuvent être envisagés.

Des datations Sm-Nd et (U-Th)/He sur les cristaux de fluorine de Pierre-Perthuis sont en cours afin de contraindre l'âge de mise en place des minéralisations.

APPORT DES MINÉRAUX ARGILEUX AUX RECONSTITUTIONS PALÉOCLIMATIQUES DU JURASSIQUE

Pierre PELLENARD^(1,@), Benjamin BRIGAUD⁽²⁾, Jean-François DECONINCK⁽¹⁾
Guillaume DERA⁽³⁾, Morgane GIGOUX⁽²⁾, Michaël HERMOSO⁽⁴⁾
Emmanuelle PUCÉAT⁽¹⁾, Ludovic BRUNEAU⁽¹⁾

(1) UMR CNRS 6282 Biogéosciences, Univ. Bourgogne, 6 boulevard Gabriel, 21000 Dijon.

(2) UMR CNRS 8148 IDES, Univ. Paris-sud, Bâtiment 504, 91405 Orsay Cedex,

(3) UMR CNRS 5563 GET, Univ. Toulouse, OMP, 14 avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse

(4) University of Oxford, Department of Earth Sciences, South Parks Road, Oxford OX1 3AN

@ Pierre.Pellenard@u-bourgogne.fr

L'interprétation en terme climatique des assemblages argileux des séries sédimentaires marines est envisageable lorsque 1) la diagenèse et les circulations de fluides n'altèrent pas la signature originelle des minéraux argileux, 2) l'érosion des couvertures pédologiques, contemporaines de la sédimentation, domine sur le remaniement des paléaltérations. Le ruissellement imposé par une hydrolyse importante sur les continents, souvent lié à un climat chaud et humide, est un mécanisme important lors des processus d'altération chimique et physique des couvertures pédologiques, favorisant notamment, le développement, le transport et la sédimentation de kaolinite sur les plates-formes et bassins sédimentaires. Les sédiments marins à fortes proportions de kaolinite par rapport aux autres minéraux argileux sont par conséquent associés à des conditions climatiques humides.

Cette signature climatique des argiles est confrontée aux autres indicateurs du climat tels que les isotopes de l'oxygène, du carbone ou du strontium pour différentes périodes du Jurassique notamment pour les domaines sub-boréaux et téthysiens.

Pour le Jurassique inférieur (Plienbachien/Toarcien), une base de données sur les minéraux argileux de 60 localités européennes et méditerranéennes permet d'envisager à partir des périodes d'enrichissements en kaolinite, en parallèle des données de $\delta^{18}\text{O}$, du rapport Mg/Ca et des variations de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, des climats chauds hydrolysants au cours des zones à Davoei, Falciferum et Bifrons, à l'inverse du Pliensbachien ou du Toarcien supérieur (Dera *et al.*, 2009). Un enrichissement notable en kaolinite suggérant un lessivage accru est par ailleurs enregistré durant l'événement anoxique du Toarcien (T-OAE).

Pour le passage Jurassique moyen/supérieur (Bathonien/Oxfordien), le parallélisme établi entre les signaux minéralogiques et géochimiques à l'échelle nord-européenne (France, Angleterre, Ecosse) implique une période marquée par des alternances de périodes chaudes et humides (Bathonien supérieur, Callovien moyen, Oxfordien moyen) et de périodes plus froides et plus sèches (Oxfordien inférieur, Oxfordien supérieur) dont les fluctuations relativement rapides, s'effectuent à l'échelle d'une zone d'ammonite.

Le Jurassique supérieur (Kimméridgien-Tithonien) révèle un changement minéralogique majeur suggérant une aridification du climat dès la fin du Tithonien inférieur avec un paroxysme au Tithonien supérieur à l'échelle de l'Europe, de l'Afrique du Nord et de l'Asie. Cette aridification, associée à un climat plus froid, aurait ainsi représenté un phénomène de grande ampleur, susceptible de générer le développement de calottes de glaces aux hautes latitudes. Un retour à des conditions plus humides se produit dès le Berriasien au sein de la sous-zone d'ammonite à *subalpina* et au sommet de la zone B des calpionelles.

Dera, G., Pellenard, P., Neige, P., Deconinck, J. F., Pucéat, E., & Dommergues, J. L. (2009). Distribution of clay minerals in Early Jurassic Peritethyan seas: Palaeoclimatic significance inferred from multiproxy comparisons. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 271(1), 39-51.

ORIGINE ET *TIMING* DES PROCESSUS DIAGÉNÉTIQUES DES CARBONATES DU CÉNOMANIEN MOYEN : IMPACT SUR LES PROPRIÉTÉS PÉTROGRAPHIQUES ET DE POROSITÉ (NORD DU BASSIN AQUITAIN)

Thomas RABOURG^(1,@), Benjamin BRIGAUD⁽¹⁾, Simon ANDRIEU⁽¹⁾

(1) Université Paris-Sud, UMR-CNRS 8148 Interaction et Dynamique des Environnements de Surface, bât. 504, 91 405 Orsay Cedex, France

(@) thomas.rabourg@free.fr

Les carbonates du Cénomaniens moyen du Nord du Bassin Aquitain présentent des faciès variés et une coloration jaune/ocre. Il existe très peu d'études documentant l'origine de la couleur des calcaires, et les processus diagénétiques des formations carbonatées du Crétacé nord-Aquitain restent peu connus. Les objectifs de cette étude sont (1) de définir l'origine de la couleur jaune/ocre de ces calcaires, (2) d'élaborer une paragenèse minérale afin de replacer l'acquisition de la couleur jaune/ocre dans un calendrier diagénétique et (3) de reconstituer la nature des fluides à l'origine des cimentations.

Les observations pétrographiques ont été réalisées à l'aide d'un microscope optique polarisant (couplé au logiciel *JMicrovision* pour la quantification de la porosité), de la platine de cathodoluminescence ainsi que du MEB-EDS. L'étude de la diagenèse a requis l'utilisation d'une coloration à l'alizarine et au ferricyanure de potassium. Les analyses minéralogiques et géochimiques ont été réalisées à l'aide du DRX et de l'analyseur XRF portatif TurboTracer^{SD}.

Les observations et analyses couplées au MEB-DRX-XRF ont montré que la goethite, présente sous la forme de petites sphérules de plusieurs μm à la surface des ciments de calcite, est responsable de la coloration ocre de ces calcaires. Ces mêmes observations ont mis en évidence la présence de nombreuses glauconies présentant différents états d'altération. La dissolution des glauconies, cartographiées au MEB, aurait libéré du fer qui a précipité sous forme de goethite, ainsi que de la silice et de l'aluminium pouvant former de la kaolinite. L'étude des faciès et de la porosité montre que la couleur jaune/ocre est associée aux faciès à texture grainstone avec des échinodermes et présentant des porosités moyennes de 10-15%. En outre, ce travail aura permis d'établir une paragenèse minérale montrant quatre grandes phases de cimentations calcitiques (*Cal 1a*, *Cal 1b*, *Cal 2* et *Cal 3*). Lors de l'éogénèse, les glauconies se forment dans les environnements profonds et distaux, à faible taux de sédimentation, avant d'être arrachés à leur milieu de formation et transportés par des courants vers des environnements plus proximaux de cordons carbonatés. Toujours durant l'éogénèse, les ciments de calcite *Cal 1a* et *Cal 1b* se forment, en frange isopaque autour des oolites, bryozoaires et bivalves et en syntaxie autour des échinodermes. Lors de la mésogénèse, sous faible enfouissement, les ciments *Cal 2*, de calcite ferreuse, et *Cal 3*, de calcite non-ferreuse, se développent en syntaxie autour des échinodermes. Lors de la téléogénèse la circulation d'un fluide hydrolysant entraîne la dissolution partielle des glauconies et la formation de goethite et de kaolinite. Des analyses $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$ sur les différentes générations de ciment sont en cours d'analyse et permettront de remonter à la nature des fluides responsables du colmatage de la porosité.

FACIÈS ET PROPRIÉTÉS PÉTROPHYSIQUES DES CARBONATES NÉRITIQUES : EXEMPLE DU JURASSIQUE SUPÉRIEUR DE L'EST DU BASSIN DE PARIS

Jean-Baptiste REGNET^(1,@), Philippe ROBION⁽¹⁾, Benjamin BRIGAUD⁽²⁾, Christian DAVID⁽¹⁾, Béatrice YVEN⁽³⁾

(1) Univ. Cergy-Pontoise, Lab. Géosciences et Env., F-95031 Cergy-Pontoise cedex, France

(2) Univ. Paris Sud, UMR CNRS 8148 IDES, Bat. 504, 91405 Orsay cedex, France

(3) Andra, 1-7 rue Jean Monnet, 92298 Châtenay-Malabry Cedex, France

(@) jean-baptiste.regnet@u-cergy.fr

Les carbonates de plate-forme sont caractérisés par une importante hétérogénéité de faciès (texture, composition) et une très grande variation des propriétés pétrophysiques (porosité, perméabilité, vitesses acoustiques). Ces hétérogénéités rendent souvent difficile les prédictions en termes de qualité de porosité ou perméabilité des réservoirs d'eau souterraine ou d'hydrocarbures. Une centaine d'échantillons de carbonates a été prélevée tous les 2m environ le long du forage EST205 au niveau de la plate-forme oxfordienne de Meuse/Haute-Marne. Le premier objectif de ce travail, vise à mieux contraindre les variations verticales des propriétés pétrophysiques et pétrographiques qui régissent en grande partie les circulations aquifères actuelles dans cette formation. Le second objectif est de comprendre et de caractériser l'influence (1) des microfaciès et microfabriques micritiques et (2) des contacts inter-granulaires sur les relations vitesse acoustique – porosité, par une approche de « *rocktyping* ». Les observations en microscopie optique révèlent 7 faciès regroupés en 4 associations de faciès qui sont caractéristiques d'environnements d'offshore supérieur à supratidaux. Ces dépôts s'insèrent dans 7 cycles Transgressif/Régressif de 3^{ème} ordre. Les packstones à oncoïdes et peloïdes (n=45) et les wackestones bioclastiques (n=25) prédominent et représentent 70% des échantillons. Les faciès de type grainstone oolithiques (n=14) sont rares et la macroporosité est très peu développée. L'approche en « *rocktyping* » met en évidence deux types de carbonates granulaires, selon le nombre et la longueur des contacts inter-granulaires : le type 1 des contacts courts (environ 50 µm) et peu nombreux et le type 2 des contacts fréquents et suturés (environ 190 µm). Par ailleurs, les observations MEB mettent en évidence 3 microfabriques micritiques. (a) Des micrites fines (~ 1,5 µm) à cristaux arrondis et subarrondis avec des contacts punctiques, (b) des micrites à cristaux subhédraux à anhédraux avec des contacts coalescents mais distincts, et (c) des micrites denses à cristaux anhédraux fusionnés. Les types A et B sont rencontrés dans les niveaux poreux de l'Oxfordien (15 – 25% de porosité) et sont caractérisés par des vitesses des ondes P faibles à modérées (3000 – 4500 m/s). Le type C est observé dans les niveaux à porosité réduite (< 10% de porosité) et est caractérisé par des valeurs élevées de vitesse des ondes P (5000 – 6000 m/s). Au regard de ces résultats, il apparaît que les contacts inter-granulaires influencent grandement les propriétés acoustiques des faciès granulaires. Plus précisément, à porosité équivalente, les échantillons de type packstone avec des contacts courts (type 1) présentent des valeurs de vitesse inférieures aux échantillons marqués par des contacts inter-granulaires très bien développés (type 2). Un second facteur contrôlant les vitesses acoustiques et la porosité semble être les microfabriques micritiques (type A, B, C), aussi bien des grains que dans la phase de liant, pour les faciès mudstone à packstone.

CONTRÔLE SÉDIMENTOLOGIQUE SUR LES PROCESUS DIAGÉNÉTIQUES DES GRÈS TIDAUX DE LA FORMATION *CAPE HAY* : IMPACT SUR LES PROPRIÉTÉS RÉSERVOIRS (PERMIEN, BASSIN DE BONAPARTE, NORD DE L'AUSTRALIE)

Jessica SAÏAG^(1, @), Benjamin BRIGAUD⁽¹⁾, Éric PORTIER⁽²⁾, Maurice PAGEL⁽¹⁾, Guy DÉSAUBLIAUX⁽²⁾, Agathe BUCHERIE⁽²⁾

(1) Université Paris-Sud, UMR 8148 IDES, bât. 504, 91405 Orsay, France

(2) GDF-Suez EPI, 1 place Samuel de Champlain - Faubourg de l'Arche 92930 Paris La Défense Cedex - France

(@) saiag.jessica@gmail.com

Afin de répondre à la demande en énergie du futur, il est essentiel de mieux contraindre les propriétés des gisements d'hydrocarbures très enfouis. Les facteurs contrôlant les qualités des réservoirs – porosité (Φ) et perméabilité (k) - est un prérequis pour améliorer la modélisation de ces gisements et la prédiction de leurs réserves. Le réservoir silicoclastique du Bassin Bonaparte (Nord Australie), enfoui à plus de 3 500m de profondeur, présente de grandes hétérogénéités de porosité (2 à 26%) et de perméabilité (0,001 à 2 500mD). Pour comprendre cette variabilité, 42 échantillons ont été prélevés sur cinq forages carottés traversant l'intégralité du réservoir. L'étude des carottes couplée aux observations microscopiques a permis de définir six faciès se répartissant dans une baie : (1) faciès de mud flat (F1a), (2) faciès de sand flat (F1b), (3) faciès de sommet de barre tidale (F2a), (4) faciès de milieu de barre tidale (F2b), (5) faciès de pied de barre tidale (F2c), et (6) faciès d'offshore supérieur (F3). L'étude de la diagenèse de ces échantillons a été effectuée à l'aide du microscope optique, du Microscope Electronique à Balayage, de la cathodoluminescence et de la Diffraction des Rayons X. Une séquence paragenétique se composant de six processus diagénétiques est proposée : (1) mise en place de *grain coatings* de chlorite ferreuse, (2) silicification, (3) altération, dissolution des feldspaths et corrosion des quartz, (4) formation d'argile authigène, (5) cimentation de calcite ferreuse, et (6) compaction chimique se mettant en place après les *grain coatings* jusqu'à aujourd'hui.

Les échantillons présentant de bonnes porosités ($\Phi > 15\%$) et perméabilités ($k > 10\text{mD}$) correspondent aux faciès de milieu (F2b) et sommet de barres tidales (F2a). Ces barres tidales sont de grandes barres sableuses qui se mettent en place dans un environnement de baie soumis à une dynamique tidale.

La phase d'altération et dissolution des feldspaths, favorisée par la circulation d'un fluide acide, s'est produit de manière homogène dans l'ensemble du réservoir. Cette altération des feldspaths est un facteur secondaire sur les variabilités Φ - k au sein du réservoir puisqu'elle est à l'origine de la création de porosité secondaire (5 à 10%) se répartissant de manière homogène sur l'ensemble du réservoir. En contrepartie, les dissolutions de feldspaths relâchent dans le milieu des éléments (silice, aluminium et potassium) favorisant le développement de kaolinite et d'illite, qui ont tendance à détruire les Φ - k .

Des *grain coatings* de chlorite en recouvrement continu sur les grains détritiques se mettent en place systématiquement dans les faciès de barres tidales lorsque l'influence marine devient plus marquée. Ces films argileux inhibent la silicification et permettent le ralentissement de la compaction chimique. Ces *coatings* qui se mettent en place par l'intermédiaire d'un précurseur (la berthiérine), se révèlent être le paramètre clef responsable des bonnes qualités Φ - k .

COUPLED NMR LOG/LAB INVESTIGATION OF CARBONATES: AN APPLICATION FOR HYDROGEOLOGICAL PURPOSE TO THE JURASSIC LIMESTONE OF THE PARIS BASIN (FRANCE)

Benoit VINCENT^(1, @), Benjamin BRIGAUD⁽²⁾, Emmanuel JOBARD⁽³⁾, Marc FLEURY⁽⁴⁾,
Béatrice YVEN⁽⁵⁾, Philippe LANDREIN⁽⁶⁾, & Alain TROUILLER⁽⁵⁾

(1) Cambridge Carbonate Ltd, 1 rue de Varoux, 21120 Marey-sur-Tille, France

(2) Université Paris-Sud, UMR-CNRS 8148 Interaction et Dynamique des Environnements de Surface, bât. 504, 91 405 Orsay Cedex, France

(3) Université de Lorraine, Nancy, France

(4) IFPEN, 1-4 avenue de Bois-Préau, 92852 Reuil-Malmaison, France

(5) Andra, 1/7 rue Jean Monnet, 92290 Châtenay-Malabry cedex, France

(6) Andra, Centre de Meuse/Haute-Marne, CP9, 55290 Bure, France

(@) benoit@cambridgecarbonates.co.uk

NMR (Nuclear Magnetic Resonance) logs are now commonly used in oil and gas exploration, and provide crucial data such as a continuous record of porosity, permeability, pore-size distribution, fluid saturation (e.g. Nurmi & Standen, 1997). Integrated with MICP (Mercury Injection Capillary Pressure), NMR brings key insights about the pore network and then becomes of primary importance for rock-typing analysis independently from depositional facies. However, a genetic geological knowledge remains necessary to interpret NMR data. In the present study, we propose an integration of some recent advances (e.g. Westphal et al., 2005) to optimise the use of NMR logs for carbonate reservoir characterisation.

In the Eastern Paris Basin, the Andra (French National Radioactive Waste Management Agency) evaluates the deep geological repository of radioactive wastes in an Underground Research Laboratory (URL) located in a 150m thick Callovian-Oxfordian claystone Formation. The latter is bounded by the Middle and Upper Jurassic shallow-marine carbonate Formations. For safety reasons, one of the key Andra concerns is to constrain the past and present fluid-flows in these Formations, thus to characterise as precisely as possible the petrophysical properties and their distribution. A complete logging survey was performed including classical logs, hydrological well tests, and a complete set of NMR logs. RCA (Routine Core Analysis) on core plugs and cuttings were also performed to constrain the NMR log derived calculations. NMR derived porosity is very close to the RCA data, but permeability calculation is less consistent. Indeed, the parameters chosen for SDR (Schlumberger Doll Research) equation were initially tuned to provide a best permeability estimate in the Callovian-Oxfordian claystone. Consequently, they were not adapted to the surrounding limestones, especially in the porous water-producing levels. Using petrography, MICP, and NMR laboratory tests from core plugs, we defined precisely the pore-network of the latter porous levels. Then using the T_2 distribution continuous logs, stratigraphic intervals with dominant pore-types were defined, forming a discrete log for each well. Following the work of Westphal et al. (2005), we then changed the parameters of the K_{SDR} equation according to the dominant pore type per zone to optimise the permeability calculation. This resulted in a considerable improvement of a continuous permeability estimation in the studied wells. However, technical problems, such as the effect of oil-based drilling mud, were revealed by the comparison between NMR log and lab acquisition on the same levels. They hampered an absolutely enthusiastic achievement of this study but allow to continue some researches to improve the method.

Nurmi, R., Standen, E., 1997. Carbonates, the inside story. *Middle East Eval. Rev.* 18, 28–41.

Westphal, H., et al., 2005. NMR measurements in carbonate rocks: problems and an approach to a solution. *Pure Appl. Geophys.* 162, 549–570