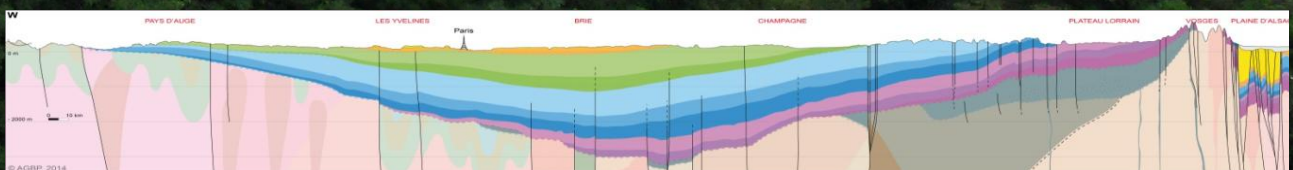


# GÉOLOGIE DU BASSIN PARISIEN LE CINQUANTENAIRE DE L'AGBP

Colloque 12-14 novembre 2014  
PARIS



## **Transferts actuels et passés dans un système sédimentaire aquifère-aquitard : un forage de 2000 mètres dans le Mésozoïque du bassin de Paris**

**Pagel Maurice<sup>1</sup> et 55 auteurs GNR FORPRO, TAPSS 2000 et Andra**  
**Premiers auteurs des articles publiés dans *Marine and Petroleum Geology* (Benjamin Brigaud, Pierre Pellenard, Cédric Carpentier, Thomas Blaise, Fehdi Bensenouci, Romain Rebex, Philippe Cosenza et J.L. Mari)**

1 - UMR 8148 GEOPS – Université de Paris-Sud – Campus d’Orsay –Bât 504 91405 Orsay Cedex

Dans le cadre de son programme de reconnaissance 2007-2008 du site de Meuse/Haute-Marne, l’Andra (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs) a réalisé un forage profond (de l’ordre de 2000m), le forage de Montiers-sur-Saulx, qui visait à explorer l’ensemble des formations constituant le remplissage mésozoïque de l’Est du Bassin de Paris (jusqu’à la base du Trias). Ce forage auquel est associé un grand nombre de diagraphies et de carottage de niveaux stratigraphiques représente une excellente et rare opportunité pour étudier un système sédimentaire aquifère-aquitard à travers différentes approches.

L’objectif de cette communication est de présenter les résultats majeurs qui ont été publiés dans un numéro thématique de la revue *Marine and Petroleum Geology* (Vol. 53, mai 2014). Les sédiments jurassiques du forage EST 433 ont été replacés dans leur cadre stratigraphique régional à partir de forages antérieurs réalisés par l’Andra et d’affleurements. Ils montrent que durant les 55 millions d’années du Jurassique, l’immense plateforme carbonatée de l’est du bassin de Paris montre 8 phases successives de forte production carbonatée avec des coraux, bivalves, gastéropodes, oolites, entrecoupées de 7 crises de production carbonatée où domine une sédimentation argileuse. Ces huit phases de forte croissance ont été comparées à la courbe standard de variation du niveau marin, aux régimes tectoniques et à des données isotopiques en oxygène (courbe de variation de la température de l’eau de mer) et aux cortèges minéralogiques argileux.

Dans la série callovo-oxfordienne, les profils haute résolution en  $\delta^{13}\text{C}$  et  $\delta^{18}\text{O}$  sur roche totale, comparés aux données antérieures, témoignent de la bonne préservation dans les argillites des signatures isotopiques environnementales. Une excursion négative en  $\delta^{13}\text{C}$  est mise en évidence au début du Callovien moyen (*Jason Zone*), suggérant un possible relargage de méthane, correspondant au maximum des températures enregistrées dans les eaux de surface du domaine ouest téthysien. Les sédiments enregistrent ensuite une augmentation constante du  $\delta^{13}\text{C}$  jusqu’à l’Oxfordien inférieur. Une diminution des températures des eaux téthysiennes estimée à partir du signal isotopique d’organismes calcifiants (bélemnites et bivalves) est également enregistrée à partir de la fin de la zone à coronatum du Callovien moyen confirmant ainsi le refroidissement du passage Callovien-Oxfordien. Les fluctuations rapides du carbone et de l’oxygène semblent être contrôlées à court terme par un forçage astro-climatique. La diagenèse dans les formations calcaires du Jurassique moyen et supérieur est différente. La porosité des calcaires est fortement diminuée par la précipitation de calcite de blocage. Les deux premières générations précipitées à partir d’eaux météoriques avec probablement une composante marine sont liées à l’enfouissement et sont responsables d’une importante cimentation dans les calcaires du Jurassique moyen. Deux autres générations tardives sont associées à la télogenèse en présence d’eaux météoriques et correspondent à l’essentiel de la cimentation dans les géodes du Jurassique supérieur. La reconstruction multi-laboratoires et multi-techniques de l’histoire thermique montre que des températures supérieures de 25°C aux températures actuelles ont été enregistrées à la fin du Crétacé/début du Tertiaire. Elles s’expliquent par une température de surface plus élevée, l’effet d’écran de la craie et l’érosion de sédiments crétacés.

La possibilité d’obtenir des carottes sur 2000 mètres d’épaisseur de sédiments à partir du forage EST433 a été une occasion unique d’aborder les mécanismes de transport de l’eau et des éléments dissous par diffusion et/ou advection. Il est montré que la diffusion est le principal processus pour le transport des isotopes de l’eau et des solutés sur une épaisseur kilométrique de sédiments à partir du niveau halitique du Keuper.

Ce forage fut également l’occasion d’utiliser et d’améliorer de nouvelles méthodes d’analyse diagraphique. Il a contribué à la réalisation d’un modèle géologique à partir des données sismiques de haute résolution en permettant une calibration de grande qualité sur toute la colonne sédimentaire.

## **Facteurs contrôlant l'hétérogénéité des faciès et de l'architecture des carbonates du Jurassique moyen et supérieur de l'ouest du bassin de Paris**

**Andrieu Simon<sup>1,\*</sup>, Brigaud Benjamin<sup>1</sup>, Barbarand Jocelyn<sup>1</sup> et Lasseur Eric<sup>2</sup>**

1 - UMR CNRS 8148 GEOPS, Bâtiment 100 / 504, 91405 Orsay Cedex (France)

2 - Bureau de Recherche Géologique et Minières, 3 av. Claude Guillemin, 45100 Orléans.

\* [simon.andrieu@u-psud.fr](mailto:simon.andrieu@u-psud.fr)

Le Jurassique est connu comme étant une période très favorable pour le développement de plates-formes carbonatées dans les bassins ouest-téthysiens. De nombreuses études ont été menées dans divers bassins intracratoniques en France, Espagne, Angleterre, Allemagne, Pologne, Suisse ou encore Egypte, permettant d'avoir un cadre biostratigraphique bien contraint. Néanmoins, la part relative des différents facteurs de contrôle (eustatisme, tectonique, chimie de l'océan ou climat) sur le développement des systèmes carbonatés dans ces bassins demeure compliquée à mettre en évidence.

Au Jurassique moyen et supérieur, une grande plate-forme carbonatée se développe dans l'ouest de la France, de la Normandie aux Charentes, en passant par la Sarthe et le Poitou. Au Jurassique moyen, elle est séparée de la plate-forme est du Bassin de Paris par le sillon marneux. Cette dépression disparaît à l'Oxfordien moyen et l'actuelle partie nord du bassin de Paris est alors occupée par une unique et vaste plate-forme carbonatée. Des affleurements de qualité, le long des côtes normandes ou des Charentes et dans de très nombreuses carrières, offrent l'opportunité d'étudier les carbonates de l'ouest du Bassin de Paris sur un transect nord-sud d'environ 400 kilomètres.

La première étape de ce travail a consisté en la réalisation d'une étude de terrain permettant de lever plus d'une centaine de coupes sédimentaires exposant des carbonates aaléniens à oxfordiens. Quatre zones d'affleurements ont été définies (Calvados, Orne/Sarthe, Poitou et Charentes) et pour chacune d'elles une coupe synthétique a été dressée. Il est ainsi possible de définir une dizaine de séquences stratigraphiques de 3<sup>ème</sup> ordre. Deux périodes majeures de production carbonatée de domaine marin peu profond au Bathonien moyen/supérieur et à l'Oxfordien moyen ont pu être définies, marquées par des faciès variés allant de mudstones à *thalassinoïdes* et bélemnites à des grainstones oolithiques ou à bryozoaires.

L'étude précise de l'architecture stratigraphique, des paléoenvironnements et de la distribution des faciès dans chacune des séquences permettra de mieux comprendre l'influence relative de l'eustatisme, de la tectonique et du climat sur l'évolution à grande échelle (400 km) d'une plate-forme carbonatée. Ce travail permettra également de comparer l'évolution des plates-formes ouest et est du Bassin de Paris durant le Jurassique moyen et supérieur.

## Caractérisation et origine de l'hétérogénéité des porosités-perméabilités dans les carbonates marins d'eaux peu profondes : de l'échelle de l'échantillon à celle du réservoir (Jurassique moyen, Bassin de Paris)

**Brigaud Benjamin<sup>1,\*</sup>, Vincent Benoît<sup>2</sup>, Durllet Christophe<sup>3</sup>, Deconinck Jean-François<sup>3</sup>, Jobard Emmanuel<sup>4</sup>, Pickard Neil<sup>5</sup>, Yven Béatrice<sup>6</sup> et Landrein Philippe<sup>7</sup>**

1 - Université Paris-Sud, UMR-CNRS 8148 Géosciences Paris-Sud, Bât. 504, 91405 Orsay, France

2 - Cambridge Carbonates Ltd, 1 rue de Varoux 21120 Marey-sur-Tille, France

3 - Université de Bourgogne, UMR-CNRS 6282 Biogéosciences, 6 bd Gabriel, 21000 Dijon, France

4 - Captair, 115b avenue du Drapeau, 21000 Dijon, France

5 - Statoil ASA Martin Linges vei 33, Fornebu, NO-1330, Norway

6 - Andra, 1-7 rue Jean Monnet, 92298 Châtenay-Malabry, France

7 - Andra, Route Départementale 960, 55290 Bure, France

\* benjamin.brigaud@u-psud.fr

Des mesures en résonance magnétique nucléaire (RMN) sur carottes et diagraphies, des mesures de *Mercury Injection Capillary Pressure* (MICP), des mesures en isotopes stables sur des ciments calcitiques et une modélisation géologique 3D ont été utilisées pour caractériser l'hétérogénéité des propriétés de perméabilité et de porosité le long de 230 m de calcaires jurassiques dans le Bassin de Paris. Malgré les faibles porosités et perméabilités générales des calcaires étudiés, deux aquifères dont les porosités dépassent 15% ont été identifiés. Ces deux aquifères sont très différents en terme de caractéristiques faciologiques et pétrophysiques. Le premier aquifère (A1: aquifère 1) est une unité de calcaire à texture mudstone de 7m d'épaisseur. A l'échelle de l'échantillon de carotte, les perméabilités de cet aquifère sont relativement faibles (environ 1 mD) et le signal RMN est unimodal avec un temps T2, correspondant au temps de relaxation des protons H<sup>+</sup>, inférieur à 100 ms. Dans ce premier aquifère, l'espace poreux est dominé par une microporosité élargie avec des tailles d'entrée de pores ayant un rayon de 0,25 µm à 0,3 µm. Le second aquifère (A2: aquifère 2) forme une unité de calcaires grainstones oolitiques d'environ 15 m d'épaisseur. A l'échelle de l'échantillon, des macropores peuvent atteindre une taille de 100 µm avec tailles d'entrée de pores ayant un rayon de 32 µm. Le signal RMN est bimodal avec une réponse du temps T2 à 700 ms et une perméabilité atteignant presque 1 Darcy. Les descriptions des carottes et l'utilisation des diagraphies sur 26 puits ont permis de construire un modèle géologique 3D habillé en faciès. La calibration très fine des calculs de perméabilités à partir des signaux RMN sur 12 des puits permet de distribuer l'hétérogénéité de la porosité et de la perméabilité observées à l'échelle de l'échantillon à celle du réservoir dans le modèle 3D (surface d'environ 2000 km<sup>2</sup>). La modélisation permet ainsi de propager le comportement d'écoulement mesuré lors de tests hydrogéologiques sur puits à la dimension du réservoir.

L'étude couplée sédimentologique, diagénétique, stratigraphique et pétrophysique montre que l'existence des deux aquifères semble tributaire d'une histoire sédimento-diagénétique particulière qui peut être résumée en deux actes. Tout d'abord, la transformation minéralogique précoce ou le néomorphisme, par des fluides météoriques, de particules ou fragments de calcite magnésienne ou d'aragonite en calcite faiblement magnésienne a atténué la compaction mécanique et chimique au cours des premières étapes de l'enfouissement. Deuxièmement, l'architecture stratigraphique révèle la présence de barrières de perméabilité locales, empêchant des recharges latérales de fluides météoriques possibles au cours du Crétacé inférieur et empêchant donc la cimentation associée.

Mots-clefs: carbonate; modélisation 3D; sédimentologie; pétrographie; diagenèse; pétrophysique

## Origine et âge des minéralisations de fluorine de la bordure sud-est du bassin de Paris (Morvan, France)

**Gigoux Morgane<sup>1,2</sup>, Brigaud Benjamin<sup>1</sup>, Delpech Guillaume<sup>1</sup>, Pagel Maurice<sup>1</sup>,  
Guerrot Catherine<sup>2</sup>, Auge Thierry<sup>2</sup>, et Negrel Philippe<sup>2</sup>**

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

L'étude concerne quatre gisements de fluorine spatialement liés à une discordance socle/couverture (Pierre-Perthuis, Marigny-sur-Yonne, Courcelles-Frémy et Antully) et trois gîtes développés au sein de grès/conglomérats (Anisien/Ladinien), de calcaires bioclastiques (Hettangien à Sinémurien) ou de dolomies (Carnien/Norien) localisés dans le Morvan, avec des réserves estimées à environ 6Mt. Les séquences paragenétiques détaillées de chaque gisement ont été mises en évidence et les observations en cathodoluminescence montrent des zones de croissance et des motifs caractéristiques pour chaque génération de fluorine (FI1, FI2, FI3) associées à d'autres phases minérales (baryte, sphalérite, galène, pyrite, calcite, azurite, malachite, quartz). Les analyses géochimiques des éléments traces (ICP-MS et LA-ICP-MS) ont permis de caractériser les différentes générations de fluorine. Des différences existent dans les concentrations moyennes en éléments des terres rares entre les gisements mais un profil «en cloche» caractérise les cristaux de fluorine de ce type de gisement.

Une datation Sm-Nd sur les cristaux de la dernière génération de fluorine FI3 de Pierre-Perthuis indique un âge de  $130 \pm 11$  Ma, soit au cours du Crétacé inférieur. Les données isotopiques du soufre sur des cristaux de galènes montrent des  $\delta^{34}\text{S}$  très négatifs ( $-38\text{‰}$  à  $-10\text{‰}$ ) suggérant un phénomène de sulfato-réduction à l'origine de la minéralisation de ces sulfures, représentant la phase précoce et peu développée de chaque paragenèse. Les isotopes du plomb analysés sur ces mêmes galènes, montrent des valeurs très radiogéniques ( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=18.7$  à  $19.1$  ;  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=38.7$  à  $39$ ), caractéristiques du Morvan, composé de granites particulièrement thorogéniques. L'étude des inclusions fluides dans les cristaux de fluorine à Pierre-Perthuis (FI3) indique des températures d'homogénéisation variant entre  $80^\circ$  et  $100^\circ\text{C}$ , tout comme à Courcelles-Frémy. Des températures similaires entre  $90^\circ$  et  $110^\circ\text{C}$  sont enregistrées dans les grès d'Antully. Pour les gisements de Pierre-Perthuis et d'Antully, il existe cependant ponctuellement quelques inclusions fluides présentant des températures d'homogénéisation pouvant atteindre jusqu'à  $250^\circ\text{C}$ . Les salinités les plus élevées ont été mesurées à Pierre-Perthuis (12-19% éq. NaCl), plus faibles à Courcelles (1-10% éq. NaCl) et très variables à Antully (1-21% éq. NaCl). Ces variabilités suggèrent un mélange entre plusieurs fluides. Des données d'isotopes stables de l'oxygène sur les différentes générations de quartz et de baryte associées aux minéralisations de fluorine révèlent la nature météorique des fluides à l'origine des silicifications à basse température ( $40\text{-}70^\circ\text{C}$ ) et des barytes à  $100^\circ\text{-}140^\circ\text{C}$ . De plus, les signatures isotopiques du strontium sont incompatibles avec une signature d'eau de mer liasique ou crétacée ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  fluorite =  $0.7119$  à  $0.7152$ ). L'intégration de l'ensemble des données avec l'histoire thermique du bassin de Paris montre qu'un événement de circulation de fluides chauds et profonds doit être envisagé.