

# Groupe Français d'Étude du Jurassique

Journée Scientifique & Assemblée Générale 2020

Jeudi 10 Décembre 2020



## Programme

### **14h-15h00 (présentations scientifiques, en visio-conférence)**

- 14h: Signature géochimique et minéralogique de la transition Oxfordien inférieur-moyen dans l'est du Bassin de Paris par Blondet et al. (Université Bourgogne Franche Comté)
- 14h15: Modélisations 3D des hétérogénéités du réservoir géothermique du Dogger de la zone de Cachan: implication sur le développement de simulations thermo-hydrodynamiques (Bassin de Paris) par Catinat et al. (Université Paris-Saclay)
- 14h30: Contribution de la photogrammétrie par drone à la modélisation 3D des hétérogénéités des réservoirs carbonatés (carrière de Massangis, Bassin de Paris) par Thomas et al. (Université Paris-Saclay)
- 14h45: Géochronologie U-Pb sur calcite appliquée à la lithification des hardgrounds et à la datation des limites de séquences stratigraphiques par Brigaud et al (Université Paris-Saclay)

### **15h-16h00 (assemblée générale, en visio-conférence)**

- Bilan moral
- Bilan financier
- Discussion sur la proposition d'évolution du GFEJ
- Questions diverses

## Signatures géochimique et minéralogique de la transition Oxfordien inférieur-moyen dans l'est du Bassin de Paris

Justine Blondet<sup>1</sup>, Pierre Pellenard<sup>1</sup>, Chloé Morales<sup>2</sup>, Philippe Landrein<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Biogéosciences UMR 6282 uB/CNRS/EPHE, Université Bourgogne Franche-Comté, 21000 Dijon, France

<sup>2</sup>INGEN - Innovation pour les géosciences, 6 rue Bastogne, 21850 Saint Apollinaire, France

<sup>3</sup>Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, Centre de Meuse/Haute-Marne, RD 960, 55290, Bure, France

La transition Oxfordien inférieur/moyen est marquée dans l'est du Bassin parisien par une reprise progressive de la sédimentation carbonatée, à l'image des bassins ouest-européens. En parallèle, des perturbations notables du cycle du carbone sont enregistrés au cours de cet intervalle (e.g. Louis-Schmidt et al., 2007 ; Dera et al., 2011 ; Carmeille et al., 2020). L'étude du forage Andra EST 433, situé à l'Est du Bassin parisien, a eu pour objectif de caractériser finement les variations géochimiques et minéralogiques de cette transition afin de comprendre 1) les mécanismes qui ont mené à la reprise et à la diversification des organismes producteurs de carbonates ; 2) la dynamique du cycle du carbone dans ce bassin. Les données faciologiques, minéralogiques et géochimiques suggèrent des effets diagénétiques locaux et limités sur le signal isotopique (C, O) des carbonates, ceux-ci s'exprimant notamment pétrographiquement par des phénomènes de recristallisation et/ou d'épigénisation complexes. La tendance évolutive du  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  est en revanche conforme avec celle identifiée à plus basse résolution dans les autres bassins sédimentaires montrant une excursion positive débutant à la transition plicatilis/Oxfordien moyen (transversarium ?). Cette augmentation est également visible par le signal isotopique du carbone de la MO ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ ). En revanche un découplage est observé entre signal isotopique organique et des carbonates dans les dépôts sus-jacents de l'Oxfordien moyen, où une nette excursion négative est enregistrée par le  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ . Cette excursion a également été documentée dans plusieurs bassins mondiaux. Elle a été associée à des périodes d'accumulation de MO induites par des modifications des conditions de productivité en lien avec les perturbations climatiques (aridité/humidité) et courantologiques (Louis-Schmidt et al., 2007 ; Carmeille et al., 2020).

### Référence

Carmeille, M., R. Bourillot, P. Pellenard, V. Dupias, J. Schnyder, L. Riquier, O. Mathieu, M.-F. Brunet, R. Enay, V. Grossi, C. Gaborieau, P. Razin, and P. T. Visscher (2020). Formation of microbial organic carbonates during the Late Jurassic from the Northern Tethys (Amu Darya Basin, Uzbekistan): Implications for Jurassic anoxic events. *Global and Planetary Change* 186:103127.

Dera, G., B. Brigaud, F. Monna, R. Laffont, E. Pucéat, J.-F. Deconinck, P. Pellenard, M. M. Joachimski, and C. Durllet (2011). Climatic ups and downs in a disturbed Jurassic world. *Geology* 39:215–218.

Louis-Schmid, B., P. Rais, S. M. Bernasconi, P. Pellenard, P.-Y. Collin, and H. Weissert (2007). Detailed record of the mid-Oxfordian (Late Jurassic) positive carbon-isotope excursion in two hemipelagic sections (France and Switzerland): A plate tectonic trigger? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 248:459–472.

## Géochronologie U-Pb sur calcite appliquée à la lithification des hardgrounds et à la datation des limites de séquences stratigraphiques

Benjamin Brigaud<sup>1</sup>, Simon Andrieu<sup>2</sup>, Thomas Blaise<sup>1</sup>, Frédéric Haurine<sup>1</sup>, Jocelyn Barbarand<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Paris-Saclay, CNRS, GEOPS, 91405 Orsay, France

<sup>2</sup>BRGM, 3 avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060 Orléans, France

Les discontinuités de type *hardground* sur les plates-formes carbonatées forment d'importantes surfaces stratigraphiques qui peuvent être utilisées à l'échelle du bassin pour corréliser les limites des séquences stratigraphiques. Bien que ces surfaces soient couramment utilisées en stratigraphie séquentielle, le moment et la durée de leur lithification et de la cristallisation des premiers ciments restent peu explorés. Dans cette étude, les premiers ciments calcitiques obturant l'espace inter-granulaire des carbonates du Jurassique des bassins de Paris et Aquitain ont été datés par géochronologie U-Pb dans cinq *hardgrounds*. La position stratigraphique, le cadre séquentiel à haute résolution et leur contexte sédimentologique permettent d'attribuer ces *hardgrounds* à des limites de séquence de 3<sup>ème</sup> ordre, correspondant à des limites de type *maximum regressive surface*. La cohérence ou la légère déviation entre l'âge des ciments et l'âge stratigraphique des discontinuités illustre le fait que la cimentation s'est produite au début de l'histoire diagénétique. Les âges obtenus sur les ciments en dents de chien (âge à  $163.5 \pm 6.0$  Ma, soit  $\pm 3.7\%$  à  $2\sigma$ ) et les ciments microstalactitiques (âge à  $164.0 \pm 9$  Ma,  $\pm 5.5\%$  à  $2\sigma$ ) sont très cohérents avec les âges supposés de la sédimentation contrainte à la précision des zones biostratigraphiques à ammonites. Cela permet d'entrevoir que la géochronologie *in situ* U-Pb sur calcite serait une méthode prometteuse pour dater les limites des séquences de dépôt et affiner, dans le futur, l'échelle des temps géologique du Jurassique.

## **NMR contribution in sub-horizontal well for porosity-permeability heterogeneity characterization in limestones: implications for 3D reservoir prediction and flow simulation in a world class geothermal aquifer**

Maxime Catinat<sup>1,2</sup> Benjamin Brigaud<sup>1</sup>, Miklos Antics<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Université Paris-Saclay, GEOPS, CNRS, 91405 Orsay, France

<sup>2</sup>GEOFLUID, 165 Rue de la belle étoile, 95700 Roissy CDG, France

<sup>3</sup>IFP Energies Nouvelles, 1-4 Avenue de bois préau, 92852 Rueil-Malmaison, France

<sup>4</sup>BRGM, 3 Avenue Claude Guillemin, 45100 Orléans

<sup>5</sup>Université Paris-Saclay, CNRS, CEA, UVSQ, Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, 91191, Gif-sur-Yvette, France

With around 50 heating networks today operating, the area around Paris is the European region which concentrates the most heating network production units in terms of deep geothermal energy. In France, the energy-climate strategy plans to produce 6.4TWh in 2023, compared to 1.5TWh produced in 2016 [1]. Despite an exceptional geothermal potential, the current average development rate of 70MWh/year will not allow this objective to be achieved, it would be necessary to reach a rate of 6 to 10 times higher. The optimization of the use of deep geothermal energy is a major challenge for France, and in Ile-de-France, which has a population of nearly 12 million inhabitants. This project aims to reconstruct and simulate heat flows in the Paris Basin using an innovative methodology (1) to characterize, predict and model the properties of reservoirs (facies, porosity, permeability) and (2) simulate future circulations and predict the performance at a given location (sedimentary basin) on its geothermal potential. This study focuses on a high density area of well infrastructures around Cachan, (8 doublets, 1 triplet in 56 km<sup>2</sup>). A new sub-horizontal doublet concept has been recently (2017) drilled at Cachan to enhance heat exchange in medium to low permeability formations [2]. Nuclear Magnetic Resonance (NMR T<sub>2</sub>) logs have been recorded in the sub-horizontal well (GCAH2) providing information on pore size distribution or permeability. We integrated all logging data (gamma ray, density, resistivity, sonic, NMR T<sub>2</sub>) of the 19 wells in the area and 120 thin section observations from cuttings to derive a combined electrofacies-sedimentary facies description. A total of 10 facies is grouped into 5 facies associations coded in all the 19 wells according to depths and 10 3rd order stratigraphic sequences are recognized. The cell size of the 3D grid was set to 50 m x 50 m for the XY dimensions. The Z-size depends on the thickness of the sub-zones, averaging 5 m. The resulting 3D grid is composed of a total of nearly 800 000 cells. After upscaled, facies and stratigraphic surfaces are used to create a reliable model using the "Truncated Gaussian With Trends" algorithm. The petrophysical distribution "Gaussian Random Function Simulation" is used to populate the entire grid with properties, included 2000 NMR data, considering each facies independently. The best reservoir is mainly located in the shoal deposits oolitic grainstones with average porosity of 12.5% and permeability of 100 mD. Finally, hydrodynamic and thermal simulations have been performed using Pumaflow to give information on the potential risk of interference between the doublets in the area and advices are given in the well trajectory to optimize the connectivity and the lifetime of the system. NMR data, especially permeability, allow to greater improve the simulations, defining time probabilities of thermal breakthrough in an area of high density wells.

### **Référence**

[1] Ministère de la Transition écologique et solidaire, Stratégie Française pour l'énergie et le climat, Programmation pluriannuelle de l'énergie. 2019.

[2] Wielemaker, E. Cavalleri, C., Dahlhaus, L., Reynaldos A., Sosio, G., Ungemach, P., Antics, M., Davaux, M., 2020. Delineating the geothermal structure and flow properties in a sub-horizontal well with the use of wireline and LWD data in a multiphysics approach. SPWLA 61st Annual Logging Symposium

## **Contribution de la photogrammétrie par drone à la modélisation 3D des hétérogénéités des réservoirs carbonatés (carrière de Massangis, Bassin de Paris)**

Hadrien Thomas<sup>1</sup>, Benjamin Brigaud<sup>1</sup>, Hermann Zeyen<sup>1</sup>, Bertrand Saint-Bezar<sup>1</sup>, Thomas Blaise<sup>1</sup>, Elodie Zordan<sup>2</sup>, Simon Andrieu<sup>3</sup>, Benoît Vincent<sup>4</sup>, Eric Portier<sup>5</sup>, Emmanuel Mouche<sup>6</sup>, Hugo Chirol<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université Paris-Saclay, CNRS, GEOPS, 91405, Orsay, France

<sup>2</sup>Schlumberger, Software Integrated Solutions, Le Palatin 1, 1, Cours du Triangle, 92 936, La Défense, Cedex, France

<sup>3</sup>BRGM, 3 Avenue Claude Guillemin, BP 36009, 45060, Orléans, France

<sup>4</sup>Cambridge Carbonate Ltd., 1 rue de Varoux, 21120, Marey-sur-Tille, France

<sup>5</sup>CV Associés Engineering, 7 Chemin de la Marouette, 64100, Bayonne, France

<sup>6</sup>Université Paris-Saclay, CNRS, CEA, UVSQ, Laboratoire des sciences du Climat et de l'environnement, 91191, Gif-sur-Yvette, France

Une acquisition par drone équipé d'un appareil photo haute résolution (12 Mpix) géoréférencée, associée avec les techniques de photogrammétrie, a permis de réaliser une modélisation 3D virtuelle d'un affleurement de roches calcaires avec une précision centimétrique. Celui-ci est ainsi rapidement « transportable » au laboratoire, et permet de localiser les échantillons prélevés, la levée de logs supplémentaires, une cartographie complète et la corrélation des faciès observés sur le terrain. Des données complémentaires peuvent être extraites telles que des mesures de fractures ou de pendages (exemple ici : <https://skfb.ly/6RYGF>). A titre d'exemple, les calcaires du Bathonien de la carrière de Massangis (Bourgogne) ont été investigués avec cette technique. La carrière couvre une superficie de 0,4 km<sup>2</sup> et a longtemps été considérée comme un analogue à l'affleurement du réservoir géothermique de l'Oolithe Blanche, réservoir situé à environ 1500 m de profondeur en région parisienne. Dans notre cas d'étude, le modèle de la carrière de Massangis représente un bon analogue pour représenter un réservoir microporeux et/ou dominé par une porosité secondaire associée à la dédolomitisation. Les espaces poreux rhomboédriques de type moldique associés à la dédolomitisation sont bien exprimés au sein de très grandes dunes sous-marines de 15 à 20 m de hauteur. La photogrammétrie par drone combinée à l'utilisation du Géomodeleur Petrel<sup>®</sup> est utilisée pour créer un modèle géologique qui reproduit fidèlement l'architecture des faciès observés dans la carrière. La photogrammétrie par drone peut être combinée avec des travaux de terrain pour décrire et localiser les faciès et ainsi contraindre la distribution spatiale des propriétés pétrophysiques. Elle permet également de contraindre les formes des corps réservoir dans une grille fine (XYZ = 1 m x 1 m x 0.5 m) pour des modèles géologiques statiques plus réalistes. Cette méthodologie rapide va aider à fournir des modèles pétrophysiques 3D, de l'échelle micrométrique (pore) à kilométrique, à partir d'analogue d'affleurement pour les réservoirs géothermiques.