

Origine et *timing* des processus diagénétiques des carbonates du Cénomanién moyen (Nord du Bassin aquitain): Impact sur les propriétés pétrographiques et de porosité

Thomas Rabourg, Benjamin Brigaud, Simon Andrieu

Université Paris-Sud, UMR-CNRS 8148 Géosciences Paris Sud (GEOPS), bât. 504, 91 405 Orsay Cedex, France

Contact: benjamin.brigaud@u-psud.fr

Résumé L'étude des carbonates du Cénomanién du Nord du Bassin Aquitain vers Angoulême a permis de mettre en évidence une paragenèse minérale composée de quatre grandes phases de cimentations calcitiques (Cal 1a, Cal 1b, Cal 2 et Cal 3). A l'aide de mesures isotopiques sur ces ciments, un fluide météorique circulant durant l'enfouissement est supposé être à l'origine de la précipitation des calcites bloquant l'espace intergranulaire. De plus, cette étude a permis de mieux comprendre l'origine de la couleur jaune occasionnellement observée dans ces carbonates, caractéristique qualitative très recherchée par les entreprises exploitant les pierres de construction dans cette région. Cette couleur est due à la présence de goethite, sous la forme de petites sphérules de plusieurs micromètres à la surface des ciments tardifs de calcite. L'observation de glauconies parfois très altérées permet de relier cette précipitation de goethite à un phénomène de dissolution des glauconies, qui aurait libéré du fer reprécipitant ensuite sous forme de goethite.

1 Introduction

Les carbonates du Cénomanién 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 mal 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.

2 Matériel et méthodes

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 TurbotracerSD. Les ciments carbonatés (n=35)

sont dissous avec de l'acide phosphorique 100% à 75 °C en utilisant une ligne de type Kiel I dual inlet connectée à un spectromètre de masse ThermoFinnigan 251. La reproductibilité, vérifiée par l'analyse de standards de laboratoire, est de l'ordre de $\pm 0.05\%$ (1σ) pour l'isotope de l'oxygène et $\pm 0.02\%$ (1σ) pour l'isotope du carbone.

3 Résultats/Discussions

Les observations et analyses couplées au MEB-DRX-XRF ont montré que la goethite, présente sous la forme de petites sphérules de plusieurs micromètres (Figure 1) 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, peut libérer du fer qui aurait 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%.

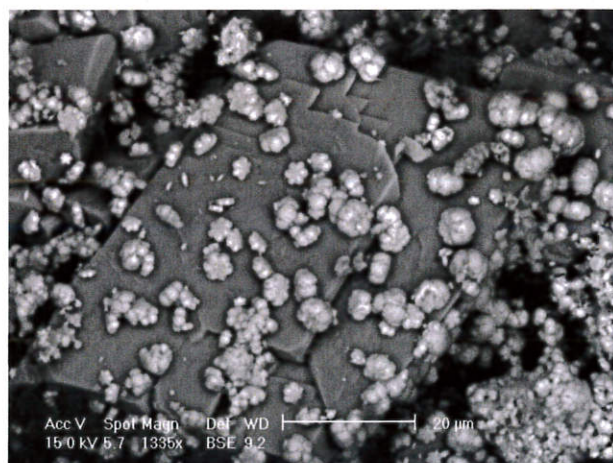


Figure 1. Sphérules d'oxy-hydroxydes de fer (1) de quelques micromètres recouvrant un rhomboèdre de calcite.

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 ; Figure 2). Lors de l'éogénèse, les glauconies se forment dans les environnements profonds et distaux, à faible taux de sédimentation, avant d'être arrachées à leur milieu de formation et transportées 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 (Figure 3). 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 (Figure 3). Lors de la télogénèse, la circulation d'un fluide hydrolysant entraîne la dissolution partielle des glauconies et la formation de goéthite et de kaolinite.

Luminescence	Zonat.	Ref. ciment	Zonat.	Coloration	Fe++
Brun-orangé à orangé-jaune avec une terminaison jaune très vive		Cal 3		Rose/Mauve	0.5% 3%
Rouge-orangé vif à brun foncé		Cal 2		Bleu clair à bleu foncé Violet/bleu foncé	
Brun très foncé à brun-orangé clair		Cal 1b		Bleu clair	
Fines bandes jaunes-orangés vif sur fond noir		Cal 1a		Rose pâle	
Nuageuse, peu intense, brun à passés orangés		Cal 1a		Rose pâle à bleu	
Nuageuse, orange à passés brunâtres		Entroque		Rouge brique	

Figure 2. Comparaison de la luminescence et de la coloration (ferricyanure et alizarine) pour les ciments carbonatés dans des grainstones à entroques.

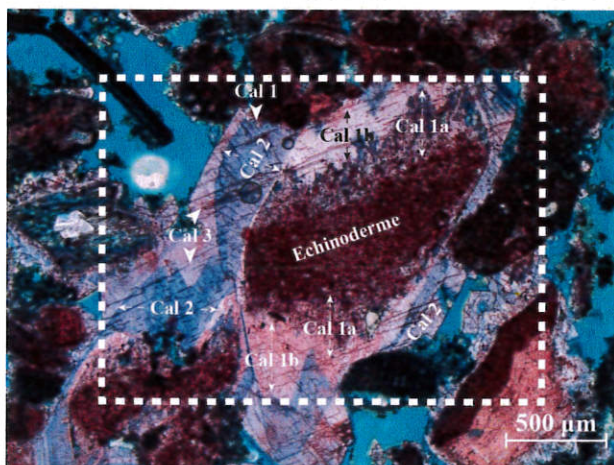
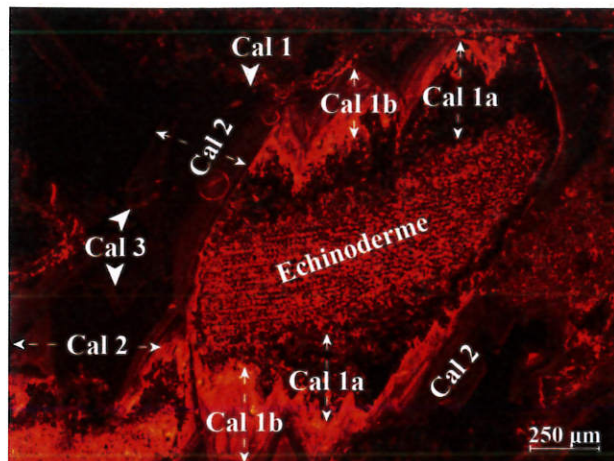


Figure 3. Différents stades de croissance de ciments calcitiques syntaxiaux dans un grainstone riche en échinodermes (cathodoluminescence et colorations).

Les mesures isotopiques sur les rudistes indiquent un signal $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$ originel typique d'une précipitation dans une eau marine, entre -3‰ et -1,7‰ pour le $\delta^{18}\text{O}$ et entre 2,5‰ et 3‰ pour le $\delta^{13}\text{C}$ (Figure 4). Les valeurs $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$ sur les calcites Cal2 et Cal3 sont comprises entre -7,5‰ et -3,5‰ pour le $\delta^{18}\text{O}$ et entre 1,5‰ et 3,5‰ pour le $\delta^{13}\text{C}$.

Afin d'évaluer la possible composition des fluides parents à l'origine de la précipitation des calcites, une estimation de l'évolution thermique des sédiments est nécessaire dans la zone d'étude. La température minimum est celle au moment des dépôts au Cénomanién, c'est-à-dire entre 25-30°C pendant une des périodes les plus chaudes du Crétacé (Pucéat et al., 2003). Le maximum thermique de la région d'Angoulême est atteint durant le maximum d'enfouissement à la fin du Crétacé, correspondant à environ 600 m de dépôt au-dessus des carbonates du Cénomanién. En considérant un gradient géothermique de 30°C/km et une température de surface 20°C, la température atteinte à la fin du Crétacé dans les sédiments cénomaniens est d'environ 40°C. Depuis le début du Paléocène, les roches cénomaniennes sont exhumées avec une diminution des températures. L'intervalle de température durant l'enfouissement étant contraint (25-40°C), la composition en $\delta^{18}\text{O}$ du fluide poral à l'origine des calcites (les calcites ont un $\delta^{18}\text{O}$ variant de -7.5‰ à -3.5‰) est comprise entre -5‰ V-SMOW et +1‰ V-SMOW d'après l'équation de fractionnement calcite-H₂O de Kim and O'Neil (1997). Une eau marine du cénomanién à l'origine des calcites présentant des

valeurs isotopiques entre -7,5‰ et -5‰ impliqueraient des températures de 50 à 60°C, ce qui paraît non réaliste avec l'histoire thermique du nord du bassin aquitain. Un fluide météorique circulant durant l'enfouissement semble donc être à l'origine de la précipitation des calcites bloquant l'espace intergranulaire.

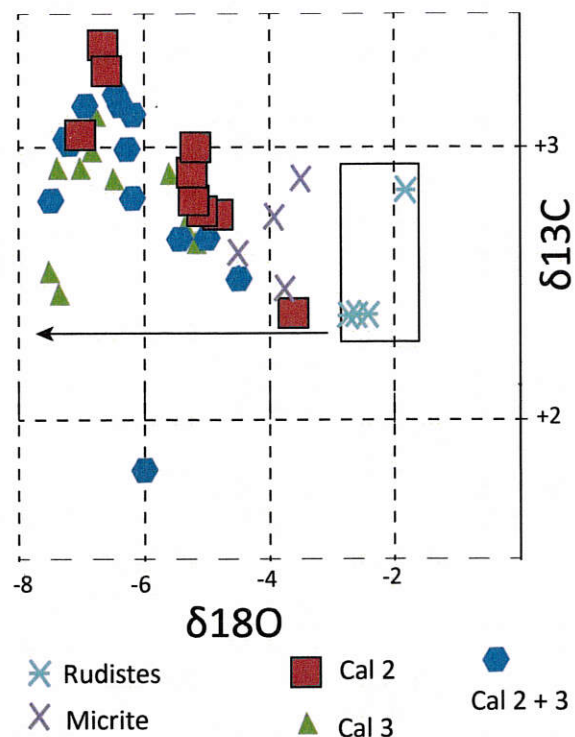


Figure 4. Graphique présentant les valeurs $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$ sur différents produits carbonatés.

Remerciements

Cette étude a reçu le soutien de la société ROCOMAT pour le financement de deux stages de Master et de la mise à disposition des forages carottés.

Références bibliographiques

- Kim, S.-T. and O'Neil, J.R. 1997. Equilibrium and nonequilibrium oxygen isotope effects in synthetic carbonates, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 61: pp. 3461-3475.
- Pucéat, E., Lécuyer, C., Sheppard, S.M.F., Dromart, G., Reboulet, S. and Grandjean, P., 2003. Thermal evolution of Cretaceous Tethyan marine waters inferred from oxygen isotope composition of fish tooth enamels. *Paleoceanography*, 18: 1029-1040.