

PARIS les 13 et 14 novembre 2012
Université Pierre et Marie Curie
4 place Jussieu, Paris 5^{ème}

Réunion thématique conjointe
GFEJ (Groupe Français d'Etude du Jurassique)
ASF (Association des Sédimentologues Français)

Paléoclimats et paléoenvironnements jurassiques

Résumés

Sommaire

ALLAIN Ronan.

Extinction et radiation des vertébrés continentaux autour de la limite Pliensbachien/Toarcien.

BARTOLINI A., GUÉX J., GARDIN S.

L'Hettangien, 2 millions d'années perturbées après la grande crise de la fin du Trias : évidences dans l'enregistrement sédimentaire.

Benjamin BRIGAUD· Benoît VINCENT

Évolution des environnements sédimentaires carbonatés au cours du Jurassique: part de l'influence climatique.

COLOMBIE C., CARCEL D., GIRAUD F.

Climate changes and their relation to storm frequency in western France during the Late Jurassic (late Oxfordian-Kimmeridgian).

Guillaume DERA

Le Paléoclimat du Jurassique : état de l'art.

Jean-Louis DOMMERGUES, Yves ALMERAS, Ludovic BRUNEAU, Michel CORNA, Jean-François DECONINCK, Christophe DURLET, Emmanuel FARA, Alain GUIFFERAY, Pascal NEIGE, Jean-Pierre NICOLLIN, Pierre PELLENNARD, Jean-Daniel PINARD, Emmanuelle PUCEAT, Thomas SAUCEDE, Jérôme THOMAS.

Paléoclimats, Paléoenvironnements et Paléobiodiversités du Sinémurien de la région type. Un projet d'étude collectif autour du "stratotype d'unité" de l'Étage Sinémurien à Semur-en-Auxois (Côte-d'Or, France).

Didier MARCHAND, Dominique FORTWENGLER, Alain BONNOT, Rémi JARDAT, Daniel RAYNAUD

Histoire paléogéographique de la famille des Cardioceratidae.

Jean-Daniel PINARD, Pascal NEIGE, Emmanuelle PUCEAT, Robert WEIS

Réexamen taxinomique des espèces de bélemnites : approche morphométrique et conséquences sur l'interprétation du signal géochimique.

SCHNYDER J., TRAMOY R., YANS J., STORME J-Y., NGUYEN TU TT, SEBILO M., DERENNE S., BAUDIN F.

Les isotopes de l'azote des matières organiques terrestres : un nouvel outil paléoclimatique pour le Jurassique.

Romain TRAMOY, Pierre PELLENNARD, Emmanuelle PUCEAT, Emilia HURET, Mathieu MARTINEZ, Ludovic BRUNEAU, Jacques THIERRY

L'évolution du cycle du carbone et des paléotempératures à la transition Jurassique moyen-supérieur.

N. TRIBOVILLARD, T.J. ALGEO, F. BAUDIN, A. RIBOULLEAU

Analysis of marine environmental conditions based on molybdenum-uranium covariation—Applications to Mesozoic paleoceanography.

Extinction et radiation des vertébrés continentaux autour de la limite Pliensbachien/Toarcien

ALLAIN Ronan

Muséum National d'Histoire Naturelle, Département Histoire de la Terre
CR2P, UMR 7207 du CNRS, CP 38, 57 rue Cuvier
F-75231 Paris cedex 05, France

The evolutionary history of dinosaurs and mammals is intimately linked to two global mass extinction events: the Late Triassic extinction after which opportunistic dinosaurs and mammals diversified, and the Cretaceous-Tertiary extinction during which non avian dinosaurs died out, making possible the subsequent radiation of Marsupialia and Placentalia. Nevertheless, both groups also experienced the second order late Pliensbachian-early Toarcian mass extinction event that occurred 183 million years (Myr) ago. Here we report the similarities between the phylogenetic patterns displayed by mammals and dinosaurs. Phylogenetic data reveal that the Pliensbachian-Toarcian event had an important impact in shaping the Middle Jurassic to late Cretaceous continental faunas.

L'Hettangien, 2 millions d'années perturbées après la grande crise de la fin du Trias : évidences dans l'enregistrement sédimentaire.

BARTOLINI¹ A., GUEX² J., GARDIN¹ S.

¹MNHN – Université Paris 6 - CNRS UMR 7207

"Centre de recherche sur la paléobiodiversité et les paléoenvironnements - CR2P"

²Université de Lausanne, Suisse.

Le passage Trias-Jurassique (201.4 Ma) a enregistré de profonds bouleversements dans la biosphère marine et terrestre, des perturbations du cycle du carbone et des changements climatiques, sous une contrainte géodynamique majeure: la mise en place du CAMP (*Central Atlantic Magmatic Province*) et le démembrement de la Pangée. L'extinction massive qui a eu lieu lors de cet événement a vu la disparition d'environ 80% des espèces marines et terrestres (Jablonski, 1996). On observe aussi une réduction brutale de la sédimentation carbonatée à l'échelle globale, et l'effondrement de "l'usine à carbonates" s'exprime par des hiatus ou des condensations extrêmes et des dépôts de sédiments argileux en coïncidence avec une excursion négative des isotopes du carbone. Des composantes clés et vulnérables de l'écosystème marin comme les récifs coralliens, le necton aragonitique et le plancton calcitique sont sévèrement touchés. Les données micropaléontologiques combinées aux données géochimiques suggèrent que l'acidification de l'eau de la mer et/ou des épisodes de refroidissement seraient à l'origine de la crise de la biocalcification à la fin du Trias (Clémence *et al.* 2010a).

Nous présentons ici une synthèse de nos travaux récents qui concernent la récupération de l'écosystème marin, et des organismes biocalcifiants à l'aube du Jurassique.

Notre découverte de riches successions d'ammonites au Pérou, déposées en même temps que des niveaux de cendres riches en zircons, ont permis d'établir des datations U-Pb de haute précision et de corréliser les séquences sédimentaires avec le volcanisme du CAMP.

Nous avons également produit une courbe des isotopes stables du carbone ($d^{13}\text{C}_{\text{org}}$) pour l'Hettangien, calibrée sur une échelle très précise des ammonites dans le New York Canyon (NYC), Nevada (Bartolini *et al.* 2012). L'enregistrement biotique et des isotopes du carbone montre que le passage Trias-Jurassique est complexe et se caractérise par une succession d'événements et de crises d'ampleur différente, plutôt que d'un seul événement de crise soudaine.

Deux phases majeures de rediversification des ammonites sont observées durant les zones à *Psiloceras spelae* et *Angulaticeras* qui correspondent à des pics positifs dans la courbe du $d^{13}\text{C}_{\text{org}}$, démontrant un lien clair entre la biodiversité et le cycle global du carbone (Guex *et al.* 2012). L'apparition de la première ammonite du Jurassique, *Psiloceras spelae* GUEX, marque la base de l'étage Hettangien et du système Jurassique, et le début de la rediversification des ammonites après l'extinction tardi-Triasique. Cet épisode s'est produit environ 290 ka après l'extinction. Ce premier pulse de diversification des ammonites coïncide avec un début de la récupération des producteurs de carbonate pélagique, une phase transgressive et se corrèle avec une excursion positive des isotopes du carbone soulignant une augmentation de la productivité de surface (Guex *et al.* 2004 ; Clémence *et al.* 2010b). Ce début est suivi par un intervalle de crise qui coïncide avec une deuxième excursion négative des isotopes du carbone organique (Zone à *Planorbis*). Nous avons corrélé cette excursion négative avec une augmentation extrême de la $p\text{CO}_2$ atmosphérique (de 600 à 2100-2400 ppmv), estimé par les analyses stomatales des feuilles fossiles des Ginkgoales (McElwain *et*

al. 2009).

Chez les ammonites, les derniers survivants de la crise du Trias sont ici définitivement éteints (Guex *et al.* 2012) et des conditions anoxiques s'instaurent dans différents bassins. Dans les coupes de Doniford et St. Audrey, dans le SW de l'Angleterre, les phases de reprise de la production carbonatée de surface alternent avec des phases d'accumulation exceptionnelle de matière organique, probablement dues à la prolifération de phytoplancton à test organique et de bactéries dans des conditions de stratification extrême de la colonne d'eau et d'anoxie (Clémence *et al.* 2010b ; Paris *et al.* 2010).

À l'Hettangien supérieur, une excursion positive des isotopes stables du carbone organique a été corrélée avec un pulse majeur de diversification des ammonites (Guex *et al.* 2012). Le cycle du carbone et l'écosystème restent instables pour au moins 2 Ma, même si la récupération de certains taxa pélagiques démarre déjà à la base du Jurassique.

Un pompage biologique inefficace du CO₂, dû à la crise de productivité et couplé avec une accumulation de CO₂ volcanogénique dans l'atmosphère, résultant d'une continuation de l'activité du CAMP, pourrait avoir produit un super effet de serre durant l'Hettangien inférieur. Les pulses volcaniques du CAMP et les phases d'anoxie pourraient avoir perturbé la rediversification des faunes marines. Le pic positif majeur de δ¹³C dans la zone à Angulata pourrait être lié à une décroissance graduelle de la pCO₂ due à un enfouissement très important de la matière organique et il coïncide avec le second pulse majeur de diversification des ammonites. D'autres travaux sur l'enregistrement isotopique du carbone organique, couplé avec des analyses micropaléontologiques, sont encore nécessaires pour mieux comprendre le dernier pic positif majeur du δ¹³C dans l'Hettangien supérieur.

- Bartolini, A., Guex, J., Spangenberg J., Taylor, D., Schoene, B., Schaltegger, U., Atudorei, V., 2012. Disentangling the Hettangian carbon isotope record: implications for the aftermath of the end-Triassic mass extinction. *Geochemistry, Geophysics and Geosystems* 13, doi:10.1029/2011GC003807.
- Clémence, M.E., Gardin, S., Bartolini, A., Paris, G., Beaumont, V., Guex, J., 2010a. Benthic-planktonic evidence from the Austrian Alps for a decline in sea-surface carbonate production at the end of the Triassic. *Swiss Journal of Geoscience* 103, 293–315.
- Clémence, M. E., Bartolini, A., Gardin, S., Paris, G., Beaumont, V., Page, K. N., 2010b. Early Hettangian benthic-planktonic coupling at Doniford (SW England): Palaeoenvironmental implications for the aftermath of the end-Triassic crisis. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 295, 102–115.
- Guex, J., Bartolini, A., Atudorei, V., Taylor, D., 2004. High-resolution ammonite and carbon isotope stratigraphy across the Triassic-Jurassic boundary at New York Canyon (Nevada). *Earth and Planetary Science Letters* 225, 29–41.
- Guex, J., Schoene, B., Bartolini, A., Spangeberg, J., Schaltegger, U., O'Dogherty, L., Taylor, D., Bucher, H., Atudorei, V., 2012. Geochronological constraints on post-extinction recovery of the ammonoids and carbon cycle perturbations during the Early Jurassic. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 346–347, 1–11.
- Jablonski, D., 1996. Mass Extinctions: Persistent problems and new directions. In: G. Ryder, D. Fastovsky, and S. Gartner, eds., *The Cretaceous-Tertiary Event and Other Catastrophes in Earth History* (Snowbird III). Geological Society of America, Special Paper 307, 1–11.
- McElwain, J.C., Wagner, P.J., Hesselbo, S.P., 2009. Fossil plant relative abundances indicate sudden loss of Late Triassic biodiversity in East Greenland. *Science* 324, 1554–1556.
- Paris, G., Beaumont, V., Bartolini, A., Clémence, M.E., Gardin, S., et Page, K. 2010. Nitrogen isotope record of a perturbed paleoecosystem in the aftermath of the end-Triassic crisis, Doniford section, SW England. *Geochemistry, Geophysics and Geosystems* 11, doi:10.1029/2010GC003161.

Évolution des environnements sédimentaires carbonatés au cours du Jurassique: part de l'influence climatique

Benjamin BRIGAUD¹ Benoît VINCENT²

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

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

Le paléoclimat du Jurassique moyen et supérieur du domaine ouest européen présente une succession de variations de courte durée (de l'ordre du Million d'année). Les systèmes carbonatés sont potentiellement très sensibles aux variations climatiques, comme illustré dans le quaternaire (Deschamps et al., 2012). En revanche dans les carbonates anciens, l'amalgame entre les facteurs de contrôle eustatique, tectonique, de production carbonatée et d'apports sédimentaires sur l'architecture stratigraphique complique la lecture de l'impact des variations paléo-climatiques.

L'objectif de cette étude est de proposer un canevas faciologique et stratigraphique très fin (de l'ordre du millions d'année) afin de comparer l'évolution des faciès et séquences carbonatés avec les variations paléo-climatiques rapides récemment documentées dans le Jurassique ouest-européen (Dera et al., 2011).

L'étude des microfaciès du Jurassique moyen et supérieur montre 18 lithofaciès pouvant être regroupés en 7 associations de faciès se répartissant le long d'une rampe carbonatée. La fin du Bajocien inférieur est marquée par l'apparition de faciès carbonatés avec des coraux scléractiniaires formant des bioconstructions pouvant atteindre une dizaine de mètres de hauteur. Associée à une baisse eustatique de 3^{ème} ordre, un réchauffement des eaux de surface à l'échelle ouest-européenne semble favoriser le développement de ces constructions. Les faciès de lagons protégés du Bathonien sont marqués par une production micritique incluant des foraminifères (miliolidae). Une montée eustatique de 2^{ème} ordre ennoie la rampe carbonatée du Jurassique moyen. Elle est suivie d'une baisse marquée des températures des eaux océaniques de surface, suggérant un lien entre chute de la production carbonatée et baisse des températures à la transition Callovien/Oxfordien. La reprise de la production carbonatée et la localisation de la plate-forme oxfordienne en Lorraine est contrainte par 3 facteurs : (1) la géométrie du corps argileux du Callovo-oxfordien (2) un cortège régressif de 2^{ème} ordre et (3) un fort réchauffement des températures des eaux de surface entre les zones à *Cordatum* et *Transversarium*. Les faciès de lagon protégés pendant cet optimum climatique sont marqués par un intense développement d'encroulements microbiens (*Bacinella/Lithocodium*, faciès thrombolithiques). Enfin, la fin du Jurassique est marquée par un changement drastique des faciès devenant dolomitique pendant une période potentiellement plus aride, accompagnée d'une régression de 1^{er} ordre.

Les cortèges carbonatés enregistrent ainsi un mélange des facteurs de contrôle eustatiques, tectoniques et climatiques, et seule une contrainte forte des faciès et des géométries permettent d'isoler l'influence potentielle du climat.

Dera, G. et al., 2011. Climatic ups and downs in a disturbed Jurassic world. *Geology*, 39(3): 215-218.

Deschamps, P. et al., 2012. Ice-sheet collapse and sea-level rise at the Bolling warming 14,600 years ago. *Nature*, 483(7391): 559-564.

Climate changes and their relation to storm frequency in western France during the Late Jurassic (late Oxfordian-Kimmeridgian)

COLOMBIE C.¹, CARCEL D.¹, GIRAUD F.²

¹ UMR CNRS 5276 Laboratoire de Géologie de Lyon, Université Lyon 1, La Doua, bâtiment Géode, 69622 Villeurbanne cedex, France (claude.colombie@univ-lyon1.fr)

² ISTerre, UMR 5275, Université de Grenoble 1, 1381 rue de la piscine, BP 53, 38041 Grenoble cedex 9, France

So far, the relationships between climate warming and cyclone frequency have not been defined. The late Jurassic (late Oxfordian-Early Kimmeridgian) marl-limestone alternations of western France include abundant tempestites. They formed in high-energy environments that were affected by westward-moving cyclones. Based on carbonate and phosphate oxygen isotope analyses, Riboulleau et al. (1998), Lécuyer et al. (2003), and Brigaud et al. (2008) have shown a climate warming during this interval. However, this kind of study has never been achieved in western France. In this study, the impact of high-resolution climatic changes on cyclone frequency in western France is addressed for the late Oxfordian-early Kimmeridgian period. Oxygen isotope analyses have been performed on brachiopod and oyster shells and on bulk rocks from three sections close to La Rochelle. Brachiopod and oyster oxygen isotope values give temperatures that increase during the lower part of the early Kimmeridgian and then decrease. These results are consistent with those obtained by the authors cited above. However, variations in bulk rock $\delta^{18}\text{O}$ values, which are the opposite of variations in shell $\delta^{18}\text{O}$ values, can not be interpreted as changes in temperature. Indeed, they correlate with the 400 ky changes in sea level. The lowest values correspond to 400 ky maximum-flooding deposits while the highest values coincide with 400 ky lowstand deposits. These high-resolution changes in bulk rock $\delta^{18}\text{O}$ values could reflect variations in salinity. The increase in these values during the late Oxfordian and early Kimmeridgian could indicate an increase in salinity that may be related to a sea-level fall. Palynofacies analyses support this assumption. Variations in tempestite frequency also correlate with 400 ky changes in sea level. Tempestite frequency is higher during 400 ky maximum-flooding deposits than during 400 ky lowstand deposits. This is due to a better preservation of tempestites formed in shallow-water environments during high sea-level conditions. Consequently, the increase in frequency during the studied interval is not consistent with the decrease in sea level inferred from bulk rock $\delta^{18}\text{O}$ values. Instead, it could be due to climate warming.

- Brigaud, B., Pucéat, E., Pellenard, P., Vincent, B., Joachimsky, M.M., 2008. Climatic fluctuations and seasonality during the Late Jurassic (Oxfordian–Early Kimmeridgian) inferred from $\delta^{18}\text{O}$ of Paris Basin oyster shells. *Earth and Planetary Science Letters* 273, 58–67.
- Lécuyer, C., Picard, S., Garcia, J.-P., Sheppard, S.M.F., Grandjean, P., Dromart, G., 2003. Thermal evolution of Tethyan surface waters during the Middle–Late Jurassic: evidence from D_{18}O values of marine fish teeth. *Paleoceanography* 18, 1–15.
- Riboulleau, A., Baudin, F., Daux, V., Hantzpergue, P., Renard, M., Zakharov, V., 1998. Evolution de la paléotempérature des eaux de la plate-forme russe au cours du Jurassique supérieur. *C. R. Acad. Sci.* 326, 239–246.

Le Paléoclimat du Jurassique : état de l'art

Guillaume DERA

Laboratoire Géosciences Environnement Toulouse, Observatoire Midi Pyrénées,
14 Avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse ; guillaume.dera@get.obs-mip.fr

Depuis les premières tentatives de reconstructions paléoenvironnementales menées au 19^{ème} siècle à l'échelle européenne, la conception générale du paléoclimat jurassique (200 à 145 Ma) est restée relativement inchangée pendant de nombreuses années. Jusque dans les années 70-80, beaucoup d'auteurs s'accordaient à penser que cette période était marquée par des températures chaudes et homogènes à l'échelle du globe, et un climat relativement stable au cours du temps (Frakes et al. 1992). Ces conditions subtropicales généralisées, attribuées à un état climatique de type « greenhouse », auraient ainsi été favorables à une diversification importante des espèces au cours du Mésozoïque, laissant souvent une image fantasmée d'un monde tropical dépourvu de glace et peuplé de reptiles géants (Figure). Cependant, de nombreux travaux récents basés sur les archives sédimentologiques, l'analyse des communautés fossiles, la géochimie isotopique ou la modélisation numérique ont depuis contrasté ce modèle en démontrant d'importants bouleversements climatiques tout au long de l'intervalle. En particulier, la compilation et le traitement statistique des nombreuses données de $\delta^{18}\text{O}$ accumulées au cours de ces 20 dernières années ont permis de mettre en évidence de nombreuses fluctuations de la température de l'eau de mer à l'échelle nord-ouest téthysienne (Dera et al., 2011). Tout support biologique confondu (ex : bélemnites, bivalves, dents de poissons, brachiopodes), 14 fluctuations rapides (0,5 à 1Ma) du $\delta^{18}\text{O}$ sont actuellement reconnues, et superposées à des modifications à plus longs termes caractérisées par deux optimums climatiques au Toarcien et à l'Oxfordien-Kimmeridgien.

A travers cette présentation, une évaluation critique des données actuelles est proposée pour l'ensemble du Jurassique. Cet état de l'art vise à détailler chronologiquement les événements connus et débattus (ex : réchauffements toarcien ou oxfordien, refroidissement du Pliensbachien supérieur ou Callovien supérieur) mais aussi à faire un point sur les intervalles les moins documentés (ex : Hettangien, Sinémurien, Aalénien, Bathonien, Tithonien). En outre, plusieurs questions seront successivement abordées en fonction des différentes périodes: 1) Les nouvelles données géochimiques extra-téthysiennes (ex : Inde ou Russie) sont-elles en contradiction avec les signaux téthysiens ? 2) La formation de calottes polaires était-elle possible au cours du Jurassique ? 3) Les données sédimentologiques ou paléobotaniques sont-elles en accord avec les cartes climatiques issues des modélisations numériques ? 4) Quels mécanismes peuvent être envisagés pour expliquer les changements climatiques dans un monde à fort taux de CO_2 ?

Figuier L. (1863) *La Terre avant le Déluge*, Hachette, Paris, 1863, 435 p

Frakes L.A., Francis, J.E. & Syktus, J.I. (1992) *Climate modes of the Phanerozoic*. New York, Cambridge University Press

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



XVII.—Ideal Landscape of the Lower Oolite Period.

Représentation des paléoenvironnements tropicaux du Jurassique tels que les concevaient les géologues du 19^{ème} siècle (d'après Figuier 1863).

Paléoclimats, paléoenvironnements et paléobiodiversités du Sinémurien de la région type. Un projet d'étude collectif autour du "stratotype d'unité" de l'Etage Sinémurien à Semur-en-Auxois (Côte-d'Or, France).

Jean-Louis DOMMERGUES¹, Yves ALMERAS², Ludovic BRUNEAU¹, Michel CORNA³, Jean-François DECONINCK¹, Christophe DURLET¹, Emmanuel FARA¹, Alain GUIFFERAY⁴, Pascal NEIGE¹, Jean-Pierre NICOLLIN⁵, Pierre PELLENDARD¹, Jean-Daniel PINARD⁶, Emmanuelle PUCEAT¹, Thomas SAUCEDE¹, Jérôme THOMAS¹.

¹) UMR CNRS/uB 6282, Biogéosciences, 6 Boulevard Gabriel, F-21000 Dijon, France. E-mail: jean-francois.deconinck@u-bourgogne.fr, jean-louis.dommergues@u-bourgogne.fr, ludovic.bruneau@u-bourgogne.fr, christophe.durlet@u-bourgogne.fr, emmanuel.fara@u-bourgogne.fr, pascal.neige@u-bourgogne.fr, pierre.pellenard@u-bourgogne.fr, emmanuelle.puceat@u-bourgogne.fr, thomas.saucede@u-bourgogne.fr, jerome.thomas@u-bourgogne.fr

²) 29 impasse des Mésanges, F- 01700 Beynost, France et UFR des Sciences de la Terre, Université Claude-Bernard, Lyon 1, Bâtiment Géode, 2 rue Raphaël-Dubois, F- 69622 Villeurbanne cedex, France. E-mail : yves.almeras0827@orange.fr

³) 25 rue des Moissons, 01000 Saint-Denis-les-Bourg, France. E-mail: michelcorn@aol.com

⁴) Société des Naturalistes de l'Ain, Section Sciences de la Terre, 340 Montée Neuve, 01700 Miribel, France. E-mail: alain.guiffrey003@orange.fr.

⁵) Faculté Libre des Sciences et Technologies & Institut Supérieur d'Agriculture, Université catholique de Lille, FRE 3298 du CNRS, 41 rue du Port, 59046 Lille Cedex, France ; E-mail: jean-pierre.nicollin@icl-lille.fr.

⁶) Musée national d'histoire naturelle, Centre de recherche scientifique, Laboratoire/Section de Paléontologie, 24 rue Münster, L-2160 Luxembourg. E-mail: jeandaniel.pinard@mnhn.lu

Profitant du projet de publication d'un ouvrage collectif consacré au stratotype du Sinémurien dans le cadre de la collection "Patrimoine géologique" des Éditions Biotopie (publications scientifiques du Muséum), plusieurs membres de l'UMR CNRS/uB 6282 Biogéosciences (J.-L. D., L. B., J.-F. D., C. D., E. F., P. N., P. P., E. P., T. S., J. T.) en collaboration avec d'autres chercheurs (Y. A., M. C., A. G., J.-P. N., J.-D. P.) ont entrepris une étude pluridisciplinaire des séries sédimentaires et des faunes du Sinémurien en Côte-d'Or, région type de l'étage. Les différentes approches envisagées, tant paléontologiques que sédimentologiques et géochimiques, bénéficient d'un cadre chronostratigraphique standard très précis (chronozones, sous-chronozones et zonules) qui est maintenant largement admis et d'usage courant pour l'ensemble de l'Europe du NW. Ce cadre chronostratigraphique semble même pouvoir être utilisé de façon pertinente et avec la précision de la chronozone voire peut-être (au moins dans certains cas), de la sous-chronozone dans les régions méditerranéennes.

Les analyses sédimentologiques et géochimiques actuellement engagées, comprennent des approches à des échelles très variées comprenant par exemple l'étude des structures et des figures sédimentaires sur le terrain, celle des microfaciès, mais aussi des analyses minéralogiques (e.g., argiles) et géochimiques (e.g., isotopes de l'oxygène, du strontium). L'abondance des coquilles de bivalves (e.g., gryphées) et la présence de rostrés de bélemnites dans le Sinémurien de Bourgogne est favorable aux études géochimiques. À titre d'exemple, la Figure 1 illustre les variations des teneurs du carbonate de calcium, des principaux minéraux argileux et des hydroxydes de fers dans les coupes du stratotype (sections dites de "Semur" et de "Menetoy", cf. Fig. 2). Les changements les plus intéressants se situent vers les bancs 86 et 87, c'est-à-dire dans la partie terminale de la chronozone à Bucklandi. Le phénomène pourrait correspondre à l'établissement d'un climat plus humide et éventuellement plus chaud.

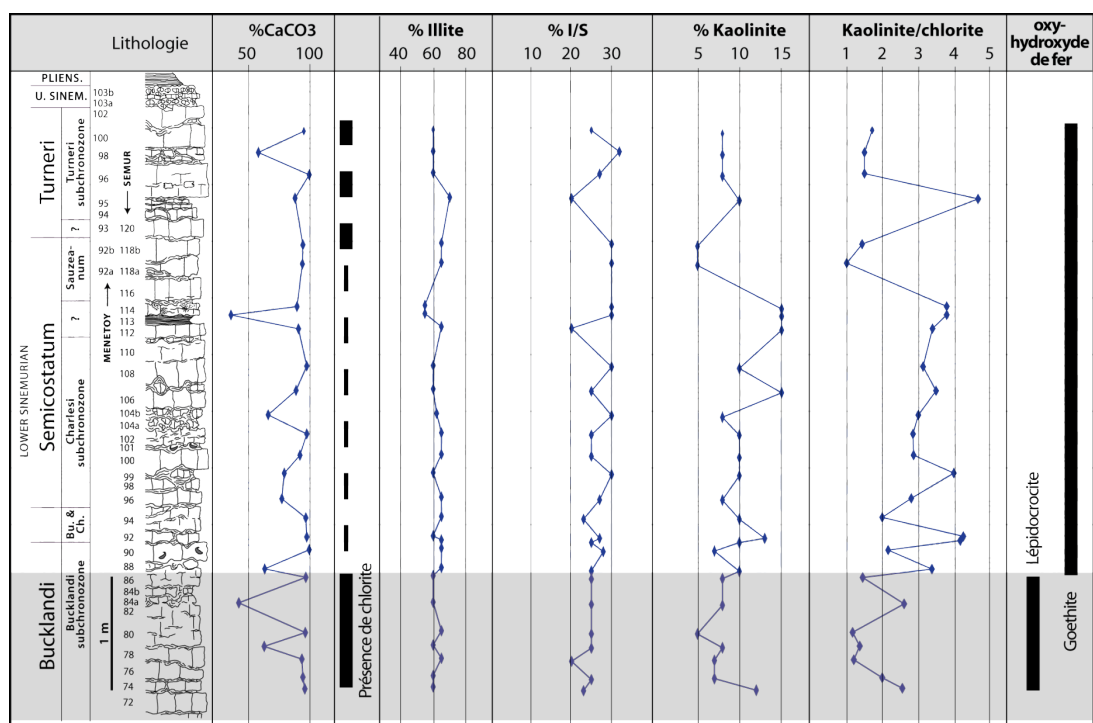


Fig.1

Environ 80 gryphées (*Gryphaea arcuata*) ont été collectées sur le stratotype de Semur et examinées en cathodoluminescence pour sélectionner les parties bien préservées, non luminescentes, des coquilles. Ces parties ont été analysées pour leur composition isotopique en oxygène. Les résultats obtenus montrent une composition relativement stable des gryphées analysées, restant dans la gamme entre -0,5 et -1,2‰ environ le long de la coupe, au cours du Sinémurien inférieur et jusqu'au début du Sinémurien supérieur, à l'exception d'un banc de la zone à *Semicostatum* dans lequel les gryphées présentent une composition isotopique allant jusqu'à -1,8‰ environ. Ces résultats suggèrent une température relativement stable de l'eau de mer environnant les gryphées au cours de l'intervalle étudié, typiquement comprise entre 14 et 17°C, en utilisant l'équation de fractionnement d'Anderson et Arthur (1983) et un $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de mer de -1‰ correspondant à l'absence de calottes polaires bien développées à cette époque (Shackleton et Kennett, 1975).

Sur le plan paléontologique, l'étude des faunes d'ammonites reste incontournable car c'est sur ces formes, souvent abondantes dans les séries bourguignonnes, que se fonde l'échelle chronostratigraphique standard du Sinémurien. Bien que beaucoup de données, parfois très précises, aient déjà été publiées au sujet des ammonites du Sinémurien de Bourgogne (e.g., CORNA et MOUTERDE, 1988; DOMMERGUES, 1993), une révision de l'ensemble du matériel publié, et/ou disponible en collections (e.g., Musée municipal de Semur-en-Auxois, Université de Bourgogne), ainsi que des récoltes complémentaires de terrains sont entreprises afin d'intégrer les dernières avancées des connaissances sur le sujet. Ces études devraient permettre de préciser certaines datations biochronologiques et de mieux comprendre le rôle des ammonites dans la biodiversité. Malgré leur présence fréquente et leur importance stratigraphique majeure, ces céphalopodes ne constituent qu'une part variable de la biodiversité dans les successions fossilifères du Sinémurien de Bourgogne. Il faut également tenir compte des bélemnites (pour les formes pélagiques) mais aussi de nombreux

groupes d'invertébrés benthiques (e.g., foraminifères, brachiopodes, bivalves, gastéropodes, échinodermes), qui ne sont parfois présents que sous la formes de fins bioclastes. Certains de ces taxons benthiques, comme les bivalves, présentent parfois une abondance spectaculaire au sein des peuplements. Les "Calcaires à gryphées arquées", formation caractéristique du Sinémurien de Bourgogne, s'apparentent même dans certains niveaux à de véritables "bancs à huîtres". L'amélioration des connaissances relatives à ces taxons benthiques, trop souvent négligés, sera donc une priorité pour permettre des comparaisons informatives entre biodiversité pélagique et benthique.

Lorsqu'entre 1849 et 1852 D'ORBIGNY a créé le Sinémurien, puis précisé sa conception de cet étage, il a clairement désigné les "Calcaires à gryphées" de la région de Semur-en-Auxois comme constituant les couches de référence pour le nouvel étage mais il n'a pas indiqué de coupe précise. Depuis les propositions de MOUTERDE et TINTANT (1961), les affleurements situés à l'Est de Semur-en-Auxois, le long de la voie de chemin de fer (Ligne tirée) menant des Laumes à Avallon (Fig. 2), sont considérés comme constituant le stratotype du Sinémurien.

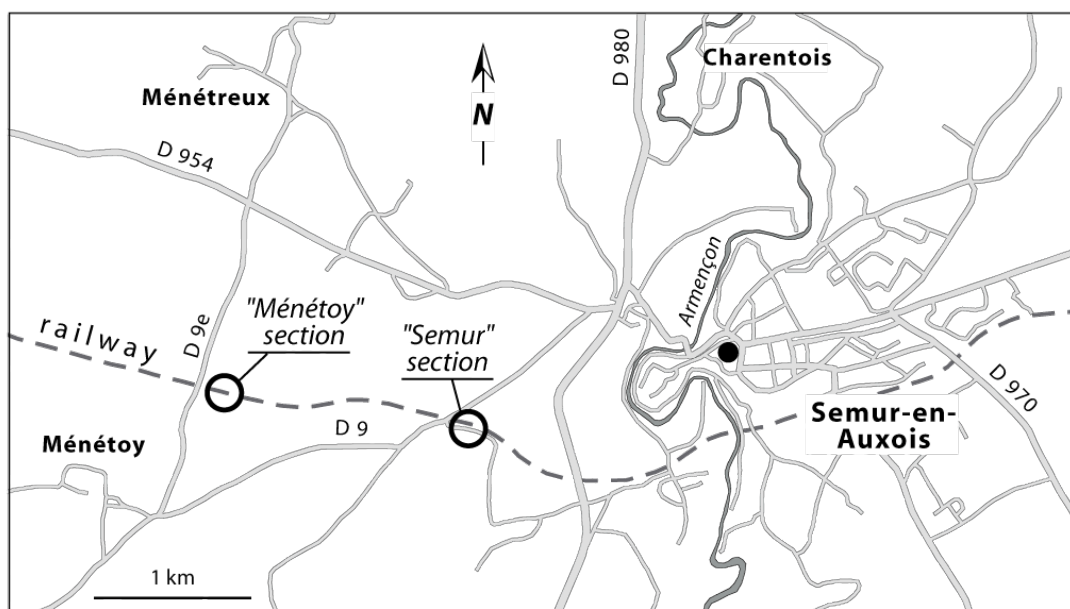


Fig. 2

Ce secteur est assez favorable à l'étude du Sinémurien inférieur qui y est relativement peu épais et en général très fossilifère. Par contre, la partie supérieure de l'étage est localement très condensée, peu fossilifère et peu informative. Il faut s'éloigner assez sensiblement de Semur pour trouver des séries plus propices à l'étude du Sinémurien supérieur. A cet effet, Mouterde et Tintant (1961) ont proposé la coupe de Posange près de Vitteaux (Côte d'Or) mais celle-ci n'est plus accessible et, dans le cadre de notre étude, nous avons choisi quelques coupes particulièrement favorables situées dans "l'arrière-côte" à l'Est et au Sud-Est de Beaune (Côte d'Or). L'ensemble de ces affleurements, coupes du stratotype et coupes complémentaires, offre une image relativement complète et cohérente de la série sinémurienne de Bourgogne.

A l'issue du travail engagé, il devrait donc être possible de disposer d'une vision synthétique des principales caractéristiques paléoclimatiques, paléoenvironnementales et

biologiques (e.g., paléobiodiversité, principaux événements et phénomènes évolutifs) et de pouvoir mieux discuter le rôle d'éventuelles interactions entre ces différents facteurs au cours de l'âge Sinémurien dans une région bien représentative des séries de l'Europe du NW.

- CORNA M. & MOUTERDE R. 1988. - Le Sinémurien de Semur (France): essai de biozonation pour le Sinémurien inférieur et le Lotharingien inférieur du stratotype et du Jura méridional, *in*: ROCHA R.B. & SOARES A.F. (coord.), 2nd international Symposium on Jurassic Stratigraphy, Lisboa : 155-178.
- DOMMERGUES J.-L. 1993. - Les ammonites du Sinémurien supérieur de Bourgogne (France): biostratigraphie et remarques paléontologiques. *Revue de Paléobiologie*, 12 : 67-173.
- ORBIGNY A. d' 1849 . - Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphiques. Tome 1. Masson, Paris : 299 p.
- ORBIGNY A. d' (1852) - Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphiques. Tome 2, fascicule 2. Masson, Paris : 383-847.
- MOUTERDE R. & TINTANT H. 1961. – Le Sinémurien de Semur, *in*: Colloque sur le Lias français, Chambéry 1960. Technip éditions et Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières B.R.G.M. 4 : 287-295.

Histoire paléogéographique de la famille des *Cardioceratidae*

Didier MARCHAND¹, Dominique FORTWENGLER²,
Alain BONNOT³, Rémi JARDAT⁴, Daniel RAYNAUD⁵

¹8a, avenue Ste Claire, F-06100 Nice (France) didoux.marchand@gmail.fr

²Le clos des Vignes, F-26160 La Begude de Mazenc (France) dominique.fortwengler@wanadoo.fr

³12, rue des Vergers, F-21121 Hauteville-les-Dijon (France) abonnot@wanadoo.fr

⁴29, rue Sainte Colombe, F-94800 Villejuif (France) remi.jardat@orange.fr

⁵7, rue Albert I^{er}, F-94120 Fontenay-sous-Bois (France) od.raynaud@wanadoo.fr

Les premiers représentants de cette famille apparaissent au Bajocien supérieur (vers -170Ma) dans la partie nord de l'Europe : elle est donc qualifiée -par définition- de 'famille boréale'. Elle s'y développe **-seule-** jusqu'au sommet du Bathonien supérieur (vers -165 Ma). Cet état de fait, rarissime chez les ammonites, permet d'avoir accès à la variabilité morphologique d'espèces qui se succèdent, 'en vase clos', jusqu'à la limite Bathonien / Callovien.

Au Callovien inférieur, une partie de cette famille va peu à peu migrer vers le sud tout en restant assez inféodée à sa région d'origine. Au sommet du Callovien supérieur (vers -161Ma), lorsque cette famille atteindra la marge nord de la Téthys, elle entrera en contact avec les ammonites dites 'sub-téthysiennes' voire 'téthysiennes'. Nous avons donc avec les *Cardioceratidae* l'opportunité d'observer les importants changements morphologiques qui se produisent, au sein de cette famille monophylétique, lors de sa migration vers le sud. Un vrai cas d'école...

En effet, au cours de leur très nette expansion géographique et démographique, les *Cardioceratidae* vont montrer une rapide évolution morphologique couplée à l'apparition d'un polymorphisme intra-spécifique (3 morphes) sur l'ensemble de l'Europe occidentale.

Ainsi, durant l'Oxfordien inférieur (environ 2 Ma), de nombreuses modifications morphologiques se produiront faisant de cette famille la colonne vertébrale de l'échelle biostratigraphique de ce sous-étage. A noter aussi que, durant cette période, la diversification des peuplements ammonitiques sera souvent forte (6 à 8 familles/sous-familles).

Mais à partir de l'Oxfordien moyen (vers -158Ma), devant l'arrivée massive des ammonites d'origine 'téthysienne', on assiste à une nette rétractation

- de la variabilité intraspécifique des espèces de *Cardioceratidae* et
- de l'aire de répartition de cette famille qui redevient une famille sub- boréale/boréale avant de disparaître au Kimméridgien inférieur.

L'histoire évolutive des *Cardioceratidae*, qui est durant la durée de l'étage Callovien, couplée à celle des *Kosmoceratidae*, montre que l'extension similaire de leurs aires géographiques respectives sont plus inféodée aux changements morphologiques qu'aux changements climatiques. De même, la remontée des familles d'origine sub-téthysienne (voire téthysienne) vers le nord serait plus liée à la paléoprofondeur qu'aux changements climatiques.

Réexamen taxinomique des espèces de bélemnites : approche morphométrique et conséquences sur l'interprétation du signal géochimique

Jean-Daniel PINARD^{1,2}, Pascal NEIGE¹, Emmanuelle PUCEAT¹, Robert WEIS²

¹Laboratoire Biogeosciences, UMR CNRS 6282, Université de Bourgogne, 6 boulevard Gabriel, 21000 Dijon, France ; emails : jdpinard@mnhn.lu, pascal.neige@u-bourgogne.fr, emmanuelle.puceat@u-bourgogne.fr

²Fondation faune-flore, Musée national d'histoire naturelle, Centre de recherche scientifique, Section de Paléontologie, 24 rue Münster, L-2160 Luxembourg, Luxembourg ; email : rweis@mnhn.lu

La forme des rostres de bélemnites est un élément essentiel dans la détermination des espèces. Dans la littérature, et encore aujourd'hui, cette forme est appréhendée de manière qualitative (exceptées quelques rares analyses biométriques), et l'interprétation des différences morphologiques intra- ou inter-spécifique reste donc très largement subjective. En conséquences, il n'existe pas de validation statistique des différences morphologiques entre espèces classiquement utilisées par les auteurs.

Le projet présenté ici a pour objectif de tester une méthode morphométrique sur des rostres de bélemnites afin de quantifier précisément leur forme, et ainsi de pouvoir également explorer la variation morphologique intra- et inter-spécifique. Ceci devrait permettre un meilleur usage de la forme en taxinomie chez les bélemnites, mais également de regarder ces données sous un angle macroévolutif.

Enfin ces organismes nectoniques sont couramment utilisés pour contraindre les paléoenvironnements en étudiant le signal isotopique enregistré dans le rostre. Une étude de l'ontogénèse ainsi qu'une prise en compte de l'espèce et de la forme, permettront des approches novatrices de l'étude du signal isotopique mais également du mode de vie des bélemnites.

Les isotopes de l'azote des matières organiques terrestres : un nouvel outil paléoclimatique pour le Jurassique ?

SCHNYDER J.¹, TRAMOY R.¹, YANS J.², STORME, J.-Y.², NGUYEN TU TT³, SEBILO M.³, DERENNE, S.³, JACOB J.⁴ ET BAUDIN F.¹

¹Institut des Sciences de la Terre de Paris (ISTeP), UMR 7193, Université Pierre et Marie Curie (UPMC) et CNRS, 4, pl. Jussieu, 75252 Paris cedex 05

²Université de Namur, Département de Géologie, 61 rue de Bruxelles, 5000 Namur, Belgique

³BioEMCO, UMR 7618 UPMC et CNRS, 4, pl. Jussieu, 75252 Paris cedex 05

⁴Institut des Sciences de la Terre d'Orléans, INSU-CNRS-Université d'Orléans, Observatoire des Sciences de l'Univers en région Centre, Campus Géosciences, UMR 7327, 1A rue de la Férollerie, F45071 Orléans Cedex 2

Le $\delta^{15}\text{N}$ mesuré dans les sédiments marins et lacustres, souvent dominés par une production d'origine algo-bactérienne est utilisé depuis longtemps pour reconstituer les processus biogéochimiques impliqués dans le cycle de l'azote : utilisation du N par les organismes (e.g. Altabet et François, 1994), variabilité des sources de N (e.g. Hodell et Schelske, 1998 Vreča et Muri, 2006), processus de dénitrification et de diagenèse (e.g. Altabet et al., 1995; Sebiló et al., 2003; Gälman et al., 2009). Cependant les signaux du $\delta^{15}\text{N}$ dans les environnements marins et lacustres sont souvent complexes et difficiles à décrypter. Par contre, à la suite d'études pionnières (e.g., Mariotti et al., 1980), Austin et Vitousek (1998), Amundson et al. (2003), Swap (2004), ainsi que Liu et Wang (2008) ont montré que le $\delta^{15}\text{N}$ des plantes terrestres modernes ou quaternaires semblait corrélé positivement avec la température et négativement avec les précipitations. La salinité de l'eau du sol sur lequel se développent les plantes semble également jouer un rôle sur leur $\delta^{15}\text{N}$.

Des résultats prometteurs ont été récemment obtenus par des membres de notre équipe franco-belge grâce à des mesures isotopiques sur des lignites du Bassin de Dieppe-Hampshire, (limite Paléocène-Eocène, Normandie, Storme et al., 2012).

Nous nous proposons de tester de manière plus systématique l'utilisation des isotopes stables de l'azote ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) dans des matières organiques sédimentaires terrestres comme marqueur paléoclimatique dans les séries géologiques **pré**-quaternaires. Est-ce un outil valable pour reconstituer les climats passés? Quelles sont ses limites et les biais méthodologiques éventuels, notamment diagénétiques ou liés aux sources organiques?

Des coupes-cibles continentales d'âge Jurassique inférieur, riches en matière organique dispersées et en fragments de bois, ont été sélectionnées, notamment au Kazakhstan. Une combinaison d'analyses intégrées portant sur l'analyse des fluctuations climatiques enregistrées (minéraux argileux, palynologie, δD), le contrôle des sources organiques et des tests de dégradation forcée en laboratoire sera mise en place dans le but d'investiguer ce potentiel nouvel outil paléoclimatique.

Altabet, M.A., François, R., Murray, D.W., Prell, W.L. (1995). Climate-related variations in denitrification in the Arabian Sea from $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ratios. *Nature* 373, 506-509.

Amundson R. et al., (2003). Global patterns of the isotopic composition of soil and plant nitrogen. *Global Biogeochemical Cycles* 17, 1-10.

Austin, A.T. and Vitousek, P.M. (1998). Nutrient dynamics on a precipitation gradient in Hawaii. *Oecologia* 113, 519-529.

Gälman, V., Rydberg, J., Bigler, C. (2009). Decadal diagenetic effects on $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ studied in varve like sediments. *Limnol. Oceanogr.* 54 (3), 917-924.

Heaton, T.H.E. (1987). $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ratios of nitrate and ammonium in rain at Pretoria,

Hodell, D.A. and Schelske, C.L. (1998). Production, sedimentation, and isotopic composition of organic matter in lake Ontario. *Limnol. Oceanogr.* 43, 200-214.

- Liu, W.G., and Wang, Z. (2008). Measurements of nitrogen isotopic composition of plants and surface soils along the latitudinal transect of the Eastern Slope of Mount Gongga in Southwest China. *Rapid Comm. Mass. Spectrom.* 24, 3063-3071.
- Sebilo, M., Billen, G., Grably, M., Mariotti, A. (2003). Isotopic composition of nitrate-nitrogen as a marker of riparian and benthic denitrification at the scale of the whole Seine River system. *Biogeochemistry* 63(1), 16.
- Storme, J.-Y., Dupuis, C., Schnyder, J., Quesnel, F., Garel, S., Iakovleva, A., Iacumin, P., Di Matteo, A., Sebilo, M., Yans, J. (2012). High-resolution carbon and nitrogen stable isotopes of organic matter around the Paleocene-Eocene boundary in the Vasterival section, Upper Normandy, France. *Terra Nova*, 24, 2, 114-122.
- Swap et al. (2004). Natural abundance of ^{13}C and ^{15}N in C_3 and C_4 vegetation of southern Africa: patterns and implications. *Global Change Biol.*, 10, 350-358.
- Vreča, P. and Muri, G. (2006). Changes in accumulation of organic matter and stable carbon and nitrogen isotopes in sediments of two Slovenian mountain lakes (Lake Ledvica and Lake Planina) induced by eutrophication changes. *Limnol. Oceanogr.* 51, 781-790.

L'évolution du cycle du carbone et des paléotempératures à la transition Jurassique moyen-supérieur

Romain TRAMOY^(1,2), Pierre PELLENARD⁽¹⁾, Emmanuelle PUCEAT⁽¹⁾, Emilia HURET⁽³⁾, Mathieu MARTINEZ⁽¹⁾, Ludovic BRUNEAU⁽¹⁾, Jacques THIERRY⁽⁴⁾

1 : UMR/CNRS 6282 Biogéosciences, Université de Bourgogne, 6 boulevard Gabriel, 21000 Dijon, France.

2 : UMR CNRS 7193 ISTEP, UPMC Université Paris 06, cc 117, 4 pl. Jussieu, 75252 Paris Cedex 05, France.

3 : ANDRA, Parc de la Croix-Blanche, 1-7 rue Jean Monnet, 92298 Châtenay-Malabry, France.

4 : Professeur honoraire, UMR/CNRS 6282 Biogéosciences Dijon, 15 rue du Point du Jour, 21000, Dijon

Le Jurassique a longtemps été considéré comme une période avec un climat relativement stable, à fort taux de gaz à effet de serre, appelée « greenhouse », où le CO₂ atmosphérique devait constituer le principal moteur climatique. Récemment, de nouvelles études ont suggéré des perturbations climatiques à hautes et basses fréquences avec des épisodes plus froids pouvant générer l'installation de glaces aux pôles (cf. Dera *et al.*, 2011). Pour la transition Jurassique moyen-supérieur, les données actuellement disponibles, sédimentologiques, minéralogiques, paléontologiques, paléobotaniques et palynologiques, géochimiques (isotopes stables de l'oxygène et du carbone) semblent témoigner de modifications importantes du climat (Dromart *et al.*, 2003 ; Lécuyer *et al.*, 2003 ; Cecca *et al.*, 2005 ; Pellenard & Deconinck, 2006 ; Hautevelle *et al.*, 2006 ; Nunn *et al.*, 2009). En particulier, Dromart *et al.* (2003), ont proposé un épisode froid marqué au passage Callovien-Oxfordien reposant sur : 1) la migration de certaines ammonites boréales dans le domaine téthysien ; 2) des changements de distribution de la végétation en Europe du Nord ; 3) la reconnaissance de glendonites, tillites et dropstones en Sibérie ; 4) une chute importante du niveau marin à la fin du Callovien, probablement associée à une baisse des températures et au développement de calottes de glaces aux pôles compatible avec les modélisations (Donnadieu *et al.* 2011). Pourtant, d'autres études, menées en Europe du Nord et en Asie, réfutent de telles modifications climatiques notables au passage Jurassique moyen-supérieur à l'échelle globale (Wierzbowski *et al.*, 2009 ; Wierzbowski and Rogov, 2011 ; Alberti *et al.*, 2012). À l'opposé, ces études suggèrent : 1) une transgression marine globale à la transition Callovien-Oxfordien qui a pu favoriser de nouvelles connexions paléogéographiques conduisant au mélange des faunes d'ammonites boréales et téthysiennes ; 2) la faiblesse d'indices sédimentologiques tels que les glendonites, comparé à ce qui a pu être documenté pour d'autres périodes du Jurassique (*i.e* Pliensbachien supérieur-Domérien, Aalénien, Bathonien, Callovien inférieur) ; 3) une absence de modification significative du signal isotopique à partir de données de rostrum de bélemnites.

Notre étude propose de nouvelles données géochimiques avec un faible pas d'échantillonnage issues de l'Est du Bassin de Paris (forages Andra EST433 et EST413) où la résolution biostratigraphique est particulièrement bonne (*i.e* à l'échelle du biohorizon et de la sous-zone d'ammonite). Des mesures isotopiques ont été réalisées sur la roche totale pour le d¹⁸O et le d¹³C (n=224) ainsi que des mesures sur phase calcitique à partir de rostrum de bélemnites (n=23) et coquilles de bivalves (n=45). Les organismes calcifiés ont tous fait l'objet de vérification par cathodoluminescence pour éliminer les effets de recristallisations tardives. Les valeurs de δ¹³C sont comprises entre -2,56 ‰ et 2,71 ‰, et les valeurs de δ¹⁸O entre -5,21 et -0,75 ‰. Ces valeurs sont caractéristiques des carbonates marins au Jurassique et conformes aux données isotopiques précédemment établies pour le Callovien-Oxfordien (forage Andra HTM102 : Lavastre *et al.*, 2011). Aucune corrélation n'est observée entre les deux signaux isotopiques ou avec la teneur en carbonate, sauf pour quelques niveaux

carbonatés. Une tendance générale à l'augmentation des valeurs en $\delta^{13}\text{C}$ s'exprime depuis le Callovien inférieur jusqu'au milieu de la Zone à Mariae (Sous-zone à Praecordatum, horizon à *praecordatum*) de l'Oxfordien inférieur. À plus haute résolution, des cycles s'observent assez clairement et peuvent, après traitement du signal, être rattachés aux cycles orbitaux conformément aux travaux de Huret (2006). Deux niveaux particuliers sont marqués par des valeurs plus négatives : le premier, caractérisé par deux pics nets, se produit à la transition Callovien inférieur/moyen avec des valeurs atteignant -2,56 ‰, et un ensemble de valeurs négatives autour de -0,5 ‰, contrastant fortement avec la moyenne des valeurs du carbone inorganique qui est de 1,3 ‰ ; le second, correspondant à une seule valeur (-1,12 ‰), apparaît dans la partie supérieure des argilites de l'Oxfordien. Cette dernière, corrélée avec une valeur élevée du $\delta^{18}\text{O}$ et associé à un banc calcaire, est attribuée à un effet de circulation en milieu plus poreux aux cours de la diagenèse tardive. Le signal de $\delta^{18}\text{O}$ pour le Callovien est caractérisé par de fortes tendances : 1) une augmentation des valeurs du Callovien inférieur au début du Callovien moyen (Zone à Jason); 2) diminution des valeurs jusqu'au sommet du Callovien-moyen (Zone à Coronatum); 3) une augmentation des valeurs jusqu'au sommet du Callovien supérieur (Zone à Lamberti). Les valeurs redeviennent plus homogènes au cours de l'Oxfordien inférieur (Zone à Mariae, Zone à Cordatum *p.p.*) avec une moyenne autour de -3 ‰.

Des études précédentes ont montré que la diagenèse précoce et les températures associées, relativement faibles, n'ont pas affecté le signal de $\delta^{13}\text{C}$ (Lavastre *et al.*, 2011). Par conséquent, les valeurs de carbone inorganique peuvent être directement attribuées à la signature primaire du carbone, en équilibre avec l'eau de mer. Les variations du signal $\delta^{13}\text{C}$ sont donc interprétées comme reflétant les modifications paléoenvironnementales et deviennent potentiellement utilisables pour des corrélations interbassins. Les valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ sur roche totale, comparées aux valeurs sur bélemnites et sur bivalves, indiquent clairement l'influence de la diagenèse sur le signal original des carbonates. Néanmoins, il convient de considérer que l'homogénéité de la pile sédimentaire argileuse a dû induire de faibles interactions eau-roche produites en système clos, et que la composition isotopique de l'oxygène a dû être affectée de façon homogène au cours de l'histoire post-dépôt. Cette hypothèse est appuyée, d'une part par la cohérence des résultats entre roche totale et données des bélemnites et des bivalves, et d'autre part par la cohérence des évolutions semblables observées sur les forages HTM102, 10 km au sud-est et MSE101, 4km au nord-ouest des forages E433 et E413.

Nos résultats isotopiques sont en accord avec les études attestant de perturbations climatiques importantes au cours du Callovien-Oxfordien et pourraient mettre en particulier l'accent sur : 1) une possible libération massive de méthane au passage Callovien inférieur/moyen, après la disparition des plates-formes carbonatées, au cours d'une période de bas niveau marin comme le suggère la forte excursion négative en $\delta^{13}\text{C}$; cette hypothèse doit être testée dans d'autres bassins sédimentaires ; 2) un optimum chaud climatique au cours du Callovien moyen, rendant possible le stockage de matière organique, notamment connu en Angleterre ; 3) un refroidissement net de l'eau de mer de la fin du Callovien-moyen (Zone à Coronatum) à la fin du Callovien supérieur (Zone à Lamberti), conforme au modèle de glaciation de Dromart *et al.*, (2003). Par rapport aux travaux antérieurs, nos données, beaucoup plus denses et très précisément calibrées par une échelle zonale d'ammonites, permettent dorénavant de préciser, la chronologie des événements climatiques au passage Jurassique moyen/supérieur. Elles permettent aussi pour la première fois de proposer une courbe de référence des variations isotopiques du carbone au Callovien et à l'Oxfordien inférieur.

- Alberti, M., Fürsich, F.T., Pandey D.K., Ramkumar M., 2012. Stable isotope analyses of belemnites from Kachchh Basin, western India : paleoclimatic implications for the Middle to Late Jurassic transition. *Facies*, 58, 261-278.
- Cecca, F., Martin Garin, B., Marchand, D., Lathuiliere, B., Bartolini, A., 2005. Paleoclimatic control of biogeographic and sedimentary events in Tethyan and peri-Tethyan areas during the Oxfordian (Late Jurassic). *Palaeogeography Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 222, 10–32.
- Dera, G., Brigaud, B., Monna, F., Laffont, R., Pucéat J.F., Deconinck, J.F., Pellenard, P., Joachimski M.M. and Durllet, C., 2011. Climatic ups and downs in a disturbed Jurassic world, *Geology*, 39, 215–218.
- Donnadieu, Y., Dromart, G., Goddérès, Y., Pucéat, E., Brigaud, B., Dera, G., Dumas, C. and Olivier, N., 2011. A mechanism for brief glacial episodes in the Mesozoic greenhouse. *Paleoceanography*, 26, PA3212.
- Dromart, G., Garcia, J.P., Picard, S., Atrops, F., Lécuyer, C., Sheppard, S.M.F., 2003. Ice age at the Middle-Late Jurassic transition ? *Earth and Planetary Science Letters*, 213, 205-220.
- Hautevelle, Y., Michels, R., Malartre, F., Trouiller, A., 2006. Vascular plant biomarkers as proxies for palaeoflora and palaeoclimatic changes at the Dogger/Malm transition of the Paris Basin (France). *Organic Geochemistry*, 37, 610-625.
- Huret 2006, Analyse cyclostratigraphique des variations de la susceptibilité magnétique des argilites callovo-oxfordiennes de l'Est du Bassin de Paris : application à la recherche de hiatus sédimentaires. Thèse Andra, Univ. Paris 6, 312p.
- Lavastre, V., Ader, M., Buschaert, S., Petit, E., Javoy, M., 2011. Water circulation control on carbonate-d¹⁸O records in a low permeability clay formation and surrounding limestones : The Upper Dogger-Oxfordian sequence from the eastern Paris basin, France. *Applied Geochemistry*, 26, 818-827.
- Lécuyer, C., Picard, S., Garcia, J.P., Sheppard S.M.F., Grandjean, P., Dromart, G., 2003. Thermal evolution of Tethyan surface during the Middle-Late Jurassic : Evidence from d¹⁸O values of marine fish teeth. *Paleoceanography*, 18, PA000863.
- Nunn E.V., Price, G.D., Hart M.B., Page, K.N., Leng, M.J., 2009. Isotopic signals from Callovian-Kimmeridgian (Middle-Upper Jurassic) belemnites and bulk organic carbon, Staffin Bay, Isle of Skye, Scotland. *Journal of the Geological Society London*, 166, 633-641
- Pellenard, P., Deconinck, P., 2006. Mineralogical variability of Callovo-Oxfordian clays from the Paris Basin and the Subalpine Basin. *Comptes Rendus Geoscience*, 338, 854–866.
- Wierzbowski, H., Dembicz, K., Praszkie, T., 2009. Oxygen and carbon isotope composition of Callovian-Lower Oxfordian (Middle-Upper Jurassic) belemnite rostra from central Poland: A record of a Late Callovian global sea-level rise? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 283; 182-194
- Wierzbowski, H., Rogov, M., 2011. Reconstructing the palaeoenvironment of the Middle Russian Sea during the Middle-Late Jurassic transition using stable isotope ratios of cephalopod shells and variations in faunal assemblages. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 299; 250-264

Analysis of marine environmental conditions based on molybdenum-uranium covariation—Applications to Mesozoic paleoceanography

N. TRIBOVILLARD^{1*}, T.J. ALGEO², F. BAUDIN³ and A. RIBOULLEAU¹

¹ Université Lille 1, Laboratoire Géosystèmes, UMR CNRS 8217, 59655 Villeneuve d'Ascq cedex

² Department of Geology, University of Cincinnati, Cincinnati, Ohio 45221-0013, USA

³ UPMC - Univ. Paris 06 et CNRS UMR 7193 ISTeP, Case courrier 117, 4 place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05

Patterns of uranium-molybdenum covariation in marine sediments have the potential to provide insights regarding depositional conditions and processes in paleoceanographic systems. Specifically, such patterns can be used to assess bottom water redox conditions, the operation of metal-oxyhydroxide particulate shuttles in the water column, and the degree of watermass restriction (Fig. 1).

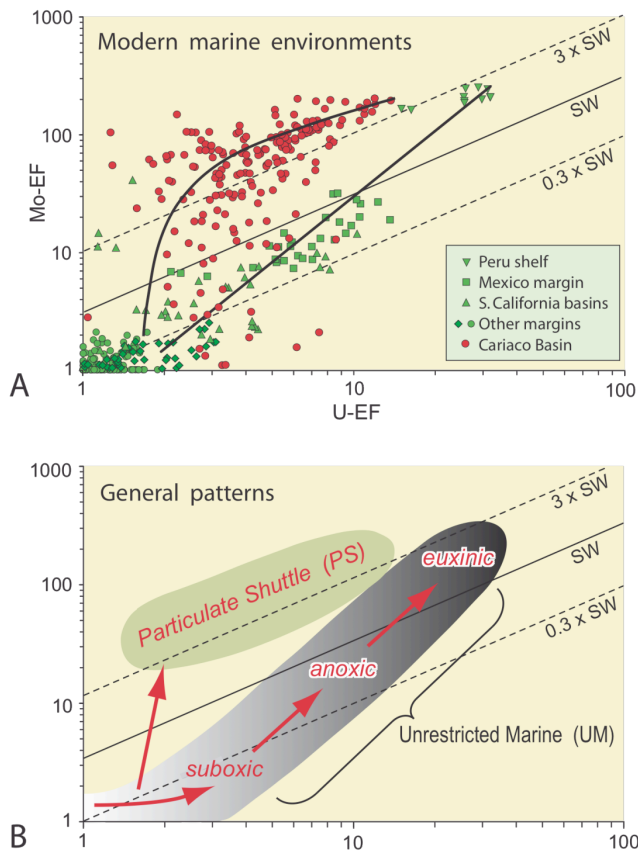


Figure 1

The utility of this paleoenvironmental proxy is due to the differential geochemical behavior of U and Mo: (1) uptake of authigenic U by marine sediments begins at the Fe(II)-Fe(III) redox boundary (i.e., suboxic conditions), whereas authigenic Mo enrichment requires the presence of H₂S (i.e., euxinic conditions), and (2) transfer of aqueous Mo to the sediment may

be enhanced through particulate shuttles, whereas aqueous U is unaffected by this process. In the present study, we examine U-Mo covariation in organic-rich sediments deposited mostly in the western Tethyan region during oceanic anoxic events (OAEs) of Early Jurassic to Late Cretaceous age (Fig. 2). Our analysis generally confirms existing interpretations of redox conditions in these formations but provides significant new insights regarding watermass restriction and the operation of particulate shuttles in depositional systems. These insights will help to address contentious issues pertaining to the character and origin of Mesozoic OAEs, such as the degree to which regional paleoceanographic factors controlled the development of the OAEs.

Pour en savoir plus :

