

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Zeitschrift:</b> | Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles   |
| <b>Herausgeber:</b> | Société Vaudoise des Sciences Naturelles  |
| <b>Band:</b>        | 87 (2000-2001)  |
| <b>Heft:</b>        | 3   |
| <b>Artikel:</b>     | Découverte d'une importante lacune stratigraphique à la Domérien-Toarcien : implications paléo-océanographiques |
| <b>Autor:</b>       | Guex, Jean / Morard, Alain / Bartolini, Annachiara  |
| <b>DOI:</b>         | <a href="https://doi.org/10.5169/seals-281402">https://doi.org/10.5169/seals-281402</a>                         |

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 11.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Découverte d'une importante lacune stratigraphique à la limite Domérien-Toarcien: implications paléo-océanographiques

par

Jean GUEX<sup>1</sup>, Alain MORARD<sup>1</sup>, Annachiara BARTOLINI<sup>2</sup>  
et Elena MORETTINI<sup>3</sup>

**Abstract.**—GUEX J., MORARD A., BARTOLINI A. and MORETTINI E., 2001. Discovery of an important stratigraphic gap at the Domerian-Toarcian limit: palaeo-oceanographic implications. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 87.3: 277-284.

In contrast with the majority of recently published hypotheses, we believe that the main trigger for Early Toarcian anoxia is neither increased primary productivity during *Tenuicostatum* and *Falciferum* zones nor sudden hydrated-methane degassing close to the transition between these two zones.

In our opinion, this peculiar palaeo-oceanographic episode is linked to a major, though short-lived, regression at the end of Upper Domerian due to sudden cooling because of increased volcanic activity followed by global thermal insulation and subsequent glaciation. This regression is responsible for a major hiatus over the whole NW-European province and is later followed by the well-known Lower Toarcian transgression. The interval corresponding to this hiatus (200 to 300 ky) allowed colonisation by vegetation of vast newly emerged surfaces for quite a long period. The leaching and drowning of the accumulated organo-humic matter then triggered the anoxic cycle at the transgressive maximum, concomitant with a global warming.

**Keywords:** anoxic event, Toarcian, stratigraphic gap.

**Résumé.**—GUEX J., MORARD A., BARTOLINI A. et MORETTINI E., 2001. Découverte d'une importante lacune stratigraphique à la limite Domérien-Toarcien: implications paléo-océanographiques. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.* 87.3: 277-284.

Contrairement aux opinions émises dans la plupart des travaux récents, nous pensons que l'événement anoxique du Toarcien n'est engendré ni par un accroissement de la

<sup>1</sup>Institut de Géologie et Paléontologie, BFSH-2, 1015 Lausanne, Suisse

<sup>2</sup>Laboratoire de Micropaléontologie, Université Paris VI, 4 Pl. Jussieu, France

<sup>3</sup>Shell International Exploration and Production, La Haye, Hollande

CODEN: BSVAAG

© Société vaudoise des Sciences naturelles  
Droits de reproduction réservés

productivité primaire dans les zones à *Tenuicostatum* et *Falciferum*, ni par un dégazage brutal de méthane hydraté survenant au voisinage de la limite entre ces deux zones. A notre avis, cet épisode paléo-océanographique très particulier est imputable à la régression courte mais majeure du Domérien supérieur qui pourrait elle-même être induite par un refroidissement brutal généré par un obscurcissement d'origine volcanique et responsable d'une augmentation des englacements polaires. Cette régression est à l'origine d'une lacune stratigraphique majeure dans toute la province NW européenne. Ce hiatus sédimentaire est cacheté par la transgression bien connue du Toarcien inférieur. L'intervalle de temps correspondant à cette lacune (200 à 300 ka) a permis à d'immenses surfaces nouvellement émergées d'être colonisées par des plantes pendant une assez longue période, dès la fin de l'épisode de refroidissement. C'est le lessivage et l'oxydation de la matière organique humique accumulée pendant cette période, associée à une élévation de la température, qui a enclenché le mécanisme d'anoxie lors du paroxysme de la transgression.

*Mots-clés:* événement anoxique, Toarcien, lacune stratigraphique.

## INTRODUCTION

L'un des épisodes anoxiques les mieux documentés de l'histoire du Phanérozoïque est celui du Toarcien inférieur qui a fait l'objet d'une multitude de travaux paléo-océanographiques, géochimiques et paléontologiques.

Deux faits sont frappants lorsqu'on étudie le passage Domérien-Toarcien à grande échelle géographique.

Le premier, bien connu, est l'abondance de la matière charbonneuse dans la plupart des dépôts du Toarcien inférieur en Europe du NW (BAUDIN *et al.* 1990). Ces restes se retrouvent sur des distances immenses puisqu'on les observe non seulement en de nombreux points de la Téthys occidentale mais également jusqu'à Madagascar, dans les niveaux à *Bouleiceras* (BÉSAIRIE 1972).

Le deuxième est la tendance fortement régressive du Domérien supérieur. Dans le bassin des Causses (SE de la France) et dans le SW de l'Allemagne par exemple, on remarque que le Domérien, essentiellement argileux, devient de plus en plus carbonaté et phosphaté (abondance de concrétions, caractéristiques, dans ces régions, des zones les moins subsidentes des bassins). Ces niveaux régressifs appartiennent à la zone à *Spinatum* et l'on y observe les derniers représentants des *Amaltheidae* et l'apparition des premiers *Emaciaticeras* et *Dactylioceras* du groupe *polymorphum* (SCHLATTER 1982, 1985; observations personnelles). Dans la région des Causses, ces faciès régressifs sont couronnés par un niveau d'altération rouge. Nous partageons entièrement l'opinion de Bernard Pittet (communication personnelle) selon laquelle ce niveau est diagnostique d'un épisode d'émergence. Ce diastème est immédiatement surmonté par des schistes papyracés à passées calcaires contenant des *Dactylioceras semicelatum* (zone à *Tenuicostatum*).

En Angleterre les niveaux à *Pleuroceras* sont suivis de près par ceux qui livrent les *Dactylioceratidae* caractéristiques de la base de la zone à *Tenuicostatum* (*D. clevelandicum* et *tenuicostatum*) (HOWARTH 1973, 1980).

### LACUNE STRATIGRAPHIQUE

Si l'on corrèle les niveaux de passage Domérien-Toarcien à grande échelle, on remarque aisément que la transition entre les concrétions à *Pleuroceras* et les niveaux typiques du Toarcien inférieur matérialise une lacune très importante qui correspond essentiellement aux couches à *Emaciaticeras*, *Lioceratoides* et *Dactylioceras mirabile*. En Ibérie et au Maroc, elles appartiennent encore clairement à la séquence sédimentaire domérienne. Il convient de noter ici que les formes du groupe méditerranéen *D. mirabile-polymorphum* sont plus anciennes que les *Dactylioceras* du groupe *tenuicostatum* typique. Cela se déduit de la présence sporadique de ces formes téthysiennes dans les niveaux les plus récents de la zone à *Spinatum* (SCHLATTER 1982, 1985; observations personnelles) et de leur abondance dans les niveaux supérieurs à *Lioceratoides* qui sont absents en Europe du NW (BRAGA *et al.* 1982, GUEX 1973, GUEX *in* SAVARY et GUEX 1999, p. 21).

Il existe donc une corrélation évidente entre l'épisode paléo-océanographique très particulier que sont les niveaux anoxiques du Toarcien inférieur et la régression majeure du Domérien supérieur qui est elle-même associée à une lacune stratigraphique de grande ampleur. Ce hiatus sédimentaire est cacheté par la transgression bien connue du Toarcien inférieur. Il est également évident que l'intervalle de temps correspondant à cette lacune a permis à d'immenses surfaces nouvellement émergées d'être colonisées par des plantes pendant une assez longue période (environ 200 à 300 ka), dès la fin de la phase de refroidissement discutée ci-dessous. C'est le lessivage de cette matière organique accumulée pendant cette période, associé à une élévation de la température, qui a enclenché le mécanisme d'anoxie par oxydation du carbone organique lors de la phase transgressive (GUEX *in* SAVARY et GUEX 1999, p. 21).

### SYNTHESE DES DONNÉES DISPONIBLES

Les principales données géochimiques sur le strontium et le  $\delta^{13}\text{C}$  sont reportées de façon schématique dans la figure 1. La colonne stratigraphique qui sert de référentiel chronostratigraphique montre la position de la lacune majeure discutée plus haut. A ces données nous avons ajouté les observations sur la distribution de la matière organique terrestre solide (bois) dans l'intervalle

Domérien-Toarcien inférieur, ainsi que les déductions que nous avons faites sur les variations de température à partir de mesures sur le  $\delta^{18}\text{O}$ . Le scénario synthétique que nous proposons se présente donc comme suit.

Dans la partie supérieure du Domérien, l'existence d'un fort volcanisme peut être déduite des données relatives aux variations des isotopes du strontium (minimum du rapport  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  établi par MCARTHUR *et al.* 2000). Un pic très marqué de l'abondance du strontium en roche totale a aussi été noté au Maroc et en Espagne (données inédites). A ces variations du strontium sont associées une faible anomalie négative du  $\delta^{13}\text{C}$  à la limite Domérien-Toarcien et des valeurs particulièrement élevées du  $\delta^{18}\text{O}$  (MORETTINI 1998, MORETTINI et BARTOLINI 1999).

Les variations des valeurs du rapport  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  sont significatives d'une activité volcanique océanique majeure dont la situation géographique reste à préciser (le Karoo étant un candidat possible). Nous pensons que ce volcanisme aurait débuté son activité en générant un obscurcissement par émission de poussières et/ou de  $\text{SO}_2$ . Ce premier épisode induirait également des pluies acides et conduirait à un refroidissement (phase «ice-house»). L'augmentation de l'englacement des pôles (FRAKES et FRANCIS 1988) serait la cause de la régression responsable de la lacune majeure évoquée plus haut.

Ensuite, les émissions de  $\text{CO}_2$  issues du même événement volcanique prendraient le dessus en générant un effet de serre dans la zone à *Tenuicostatum* (phase «green-house»). Il s'en suivrait alors un réchauffement, une transgression et un colossal apport de matière organique d'origine humique et bactérienne. Les données actuellement disponibles sur l'origine de la matière organique présente au voisinage de la limite Domérien-Toarcien et dans le Toarcien basal font apparaître des signatures chimiques essentiellement terrestres (PRAUSS et RIEGEL 1989, PRAUSS *et al.* 1991). D'un autre côté, il est connu de longue date que la matière organique étudiée en grand détail dans les passées bitumineuses des «schistes cartons» au voisinage du passage zone à *Tenuicostatum* – zone à *Falciferum* est principalement d'origine marine (BAUDIN *et al.* 1990).

Il convient toutefois de noter ici qu'une signature géochimique d'apparence marine n'exclut absolument pas une influence terrigène, car les feuilles et spores (riches en lipides) ont une signature similaire à celle de la matière organique marine (KILLOPS et KILLOPS 1993, WIGNALL 1994). Il est inutile de rappeler que l'influence terrestre est aussi prouvée par le bois flotté et par les spores et pollens. Ceci tend à confirmer la justesse de notre modèle.

On notera d'emblée que nos conclusions ne s'opposent pas à celles de HESSELBO *et al.* (2000) qui estiment, suite aux travaux effectués dans le Paléocène par DICKENS *et al.* (1995), que l'excursion négative du  $\delta^{13}\text{C}$  observée à la limite des zones à *Tenuicostatum* et *Falciferum* est due à un dégazage brutal du méthane hydraté dans les marges continentales. Le mécanisme qu'ils

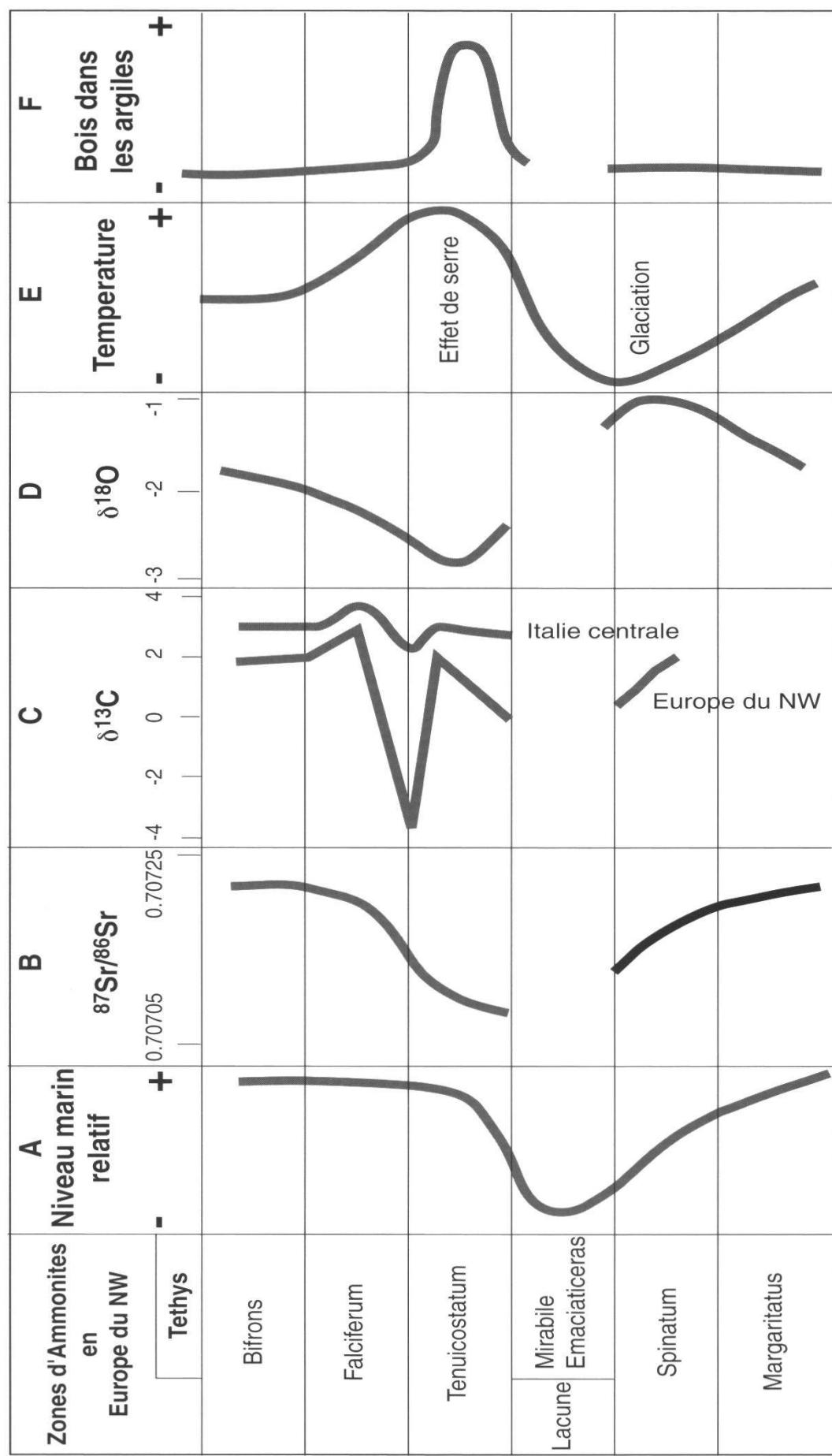


Figure 1.- A) Variations du niveau marin. B) Variation du rapport  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (simplifié d'après MCARTHUR *et al.* 2000). C) Variations du  $\delta^{13}\text{C}$  en Europe du NW (schéma d'après HESSELBO *et al.* 2000) et en Ombrie (MORETTINI et BARTOLINI 1998, MORETTINI et BARTOLINI 1999). D) Variations du  $\delta^{18}\text{O}$  (MORETTINI et BARTOLINI 1999). E) Variations de température (voir texte). F) Abondance de matière ligneuse dans les shales (observations personnelles et compilations diverses).

invoquent est très plausible mais la même anomalie pourrait s'expliquer par une oxydation graduelle de la matière organique stockée dans les eaux anoxiques de la zone à *Tenuicostatum*. Il est toutefois clair que cet hypothétique dégazage de méthane ne saurait, à lui seul, être responsable de l'anoxie du Toarcien inférieur car celle-ci commence déjà dans la partie inférieure de la sous-zone à *Semicelatum*. Il est clair qu'un tel dégazage aurait un effet amplificateur sur le changement de climat vers des conditions d'effet de serre. Par contre il nous paraît inutile d'invoquer une productivité accrue liée à des *upwellings* pour expliquer l'anoxie (JENKYN 1988). L'enfouissement final du stock de carbone léger serait lui-même responsable de l'anomalie positive qui fait suite à l'excursion négative discutée plus haut.

#### VARIATIONS DE LA BIODIVERSITÉ DES AMMONITES AU VOISINAGE DE LA LIMITE DOMÉRIEN-TOARCIEN

A cette image globale on peut surimposer les connaissances actuelles que l'on a des principales caractéristiques des renouvellements fauniques qui sont survenus au cours de l'intervalle stratigraphique discuté ici.

Le Domérien supérieur est essentiellement marqué par la disparition des ammonites typiquement domériennes: *Amaltheus* spp., *Pleuroceras* spp., *Pseudoamaltheus*, *Arieticeras*, *Becheiceras* et *Reynesoceras*. Cette extinction très importante, générée par la régression du Domérien supérieur, est suivie, dans certaines régions méridionales (Maroc, Espagne, Portugal), par l'explosion d'une faune d'*Hildocerataceae* qui annoncent ceux du Toarcien (*Lioceratoides*, *Canavaria*, *Emaciaticeras*, *Fontanelliceras*; BRAGA *et al.* 1982). L'apparition de ces faunes nouvelles est rapidement suivie par celle des premiers *Dactylioceratidae* abondants, appartenant encore clairement à la séquence sédimentaire domérienne (*Dactylioceras polymorphum*, *mirabile* etc.). Les représentants de ces deux familles majeures du Lias supérieur sont caractérisés par une variabilité morphologique énorme, probablement induite par un stress environnemental externe lié à l'épisode régressif (changement de températures, pollution marine possible par des pluies acides, crise de la sédimentation carbonatée, etc). Un autre indice de stress environnemental est donné par la réduction de la production des carbonates dans les plateformes (DROMART *et al.* 1996). On notera également qu'une deuxième extinction, beaucoup moins intéressante, survient au passage zone à *Tenuicostatum* – zone à *Falciferum*, dans le Toarcien inférieur NW-européen. Cette extinction affecte essentiellement les groupes benthiques (HALLAM 1996) et elle est clairement induite par l'épisode anoxique qui caractérise cette période.

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Sébastien Bruchez pour ses commentaires critiques.

## BIBLIOGRAPHIE

- BAUDIN F., HERBIN J.-P., BASSOULET J.-P., DERCOURT J., LACHKAR G., MANIVIT H. and RENARD M., 1990. Distribution of organic matter during the Toarcian in the Mediterranean Tethys and Middle East. In *Deposition of organic facies*. HUC A.Y. (Ed.), *AAPG Studies in Geology 30*: 73-91.
- BÉSAIRIE H., 1972. Géologie de Madagascar - 1. Les terrains sédimentaires. *Ann. Géol. Madagascar* 35: 463 p.
- BRAGA J.C., JIMÉNEZ A.P. et RIVAS P., 1982. Los Hildoceratidae del tránsito Domer-sense-Toarcienense de la Zona Subbética (Cordilleras Béticas, S. de España). *Bol. Real Soc. Esp. Hist. Nat., Geol.* 80/1-4: 133-152.
- DICKENS G.R., O'NEIL J.R., REA D.K. and OWEN R.M., 1995. Dissociation of oceanic methane hydrate as a cause of the carbon isotope excursion at the end of the Paleocene. *Palaeoceanography* 10/6: 965-971.
- DROMART G., ALLEMAND P., GARCIA J.-P. et ROBIN C., 1996. Variation cyclique de la production carbonatée au Jurassique le long d'un transect Bourgogne-Ardèche, E-France. *Bull. Soc. Géol. France* 167/3: 423-433.
- FRAKES L.A. and FRANCIS J.E., 1988. A guide to Phanerozoic cold polar climates from high-latitude ice-rafting in the Cretaceous. *Nature* 333 (6173): 547-549.
- GUEX J., 1973. Aperçu biostratigraphique sur le Toarcien inférieur du Moyen-Atlas marocain et discussion sur la zonation de ce sous-étage dans les séries méditerranéennes. *Eclog. geol. Helv.* 66/3: 493-523.
- HALLAM A., 1996. Recovery of the marine fauna in Europe after the end-Triassic and early Toarcian mass extinctions. In *Biotic recovery from mass extinction events*. HART M.B. (Ed.), *Geol. Soc. Spec. Publ.* 102: 231-236.
- HESSELBO S.P., GROCKE D.R., JENKYN H.C., BJERRUM C.J., FARRIMOND P., MORGANS BELL H.S. and GREEN O.R., 2000. Massive dissociation of gas hydrate during a Jurassic oceanic anoxic event. *Nature* 406 (6794): 392-395.
- HOWARTH M.K., 1973. The stratigraphy and ammonite fauna of the Upper Liassic Grey Shales of the Yorkshire Coast. *Bull. British Mus., Geol.* 24/4: 253-277.
- HOWARTH M.K., 1980. The Toarcian age of the upper part of the Marlstone Rock bed of England. *Palaeontology* 23/3: 637-656.
- JENKYN H.C., 1988. The Early Toarcian (Jurassic) anoxic event: stratigraphic, sedimentary, and geochemical evidence. *American J. Sci.* 288: 101-151.
- KILLOPS S.D. and KILLOPS V.J., 1993. An introduction to organic geochemistry. Longman Scientific and Technical. 265 p.
- MCARTHUR J.M., DONOVAN D.T., THIRLWALL M.F., FOKE B.W. and MATTEY D., 2000. Strontium isotope profile of the early Toarcian (Jurassic) oceanic anoxic event, the duration of ammonite biozones, and belemnite palaeotemperatures. *Earth and Planet. Sci. Lett.* 179/2: 269-285.
- MORETTINI E., 1998. Lower Jurassic stable isotope stratigraphy (Carbon, Oxygen, Nitrogen) of the Mediterranean Tethys (Central Italy and Southern Spain). Thèse non publiée, Université de Lausanne. 89 p.
- MORETTINI E. and BARTOLINI A., 1999. Stable carbon isotope stratigraphy in the Umbria-Marche and Sabina realm. In *Bioevents and integrate stratigraphy of the Triassic and Jurassic in Italy*. COLACICCHI R., PARISI G. and ZAMPARELLI V. (Eds), *Paleopelagos Spec. Publ.* 3: 131-135.

- PRAUSS M. and RIEGEL W., 1989. Evidence from phytoplankton associations for causes of black shale formation in epicontinental seas. *N. Jb. Geol. Pal., Mh.* 1989/11: 671-682.
- PRAUSS M., LIGOUIS B. and LUTERBACHER H., 1991. Organic matter and palynomorphs in the «Posidonienschiefer» (Toarcian, Lower Jurassic) of southern Germany. In *Modern and ancient continental shelf anoxia*. TYSON R.V. and PEARSON T.H. (Eds), *Geol. Soc. Spec. Publ.* 58: 335-351.
- SAVARY J. and GUEX J., 1999. Discrete biochronological scales and Unitary Associations. *Mém. Géol., Lausanne* 33.
- SCHLATTER R., 1982. Zur Grenze Pliensbachian-Toarcian im Klettgau (Kanton Schaffhausen, Schweiz). *Eclog. geol. Helv.* 75/3: 759-771.
- SCHLATTER R., 1985. Eine bemerkenswerte Ammonitenfauna aus dem Grenzbereich Pliensbachium/Toarcium der Baar (Baden-Württemberg). *Stutt. Beitr. Naturk. B* 112: 1-27.
- WIGNALL P.B., 1994. Black shales. Clarendon Press, Oxford. 127 p.

*Manuscrit reçu le 3 août 2001*

