

Paléontologie systématique (Micropaléontologie)

Évolution des peuplements de foraminifères pendant la crise toarcienne à l'exemple des données des monts des Ksour (Atlas saharien occidental, Algérie)

Abbès Sebane^{a,1}, Abbas Marok^{b,1}, Serge Elmi^{c,*}

^a *Département des sciences de la Terre, université d'Es-Sénia, BP 1524 El Mnaouer, 31000 Oran, Algérie*

^b *Département des sciences de la Terre, université Abou-Bekr Belkaid, BP 119, 13000 Tlemcen, Algérie*

^c *UFR des sciences de la Terre et UMR 5125, université Claude-Bernard, 27–43, boulevard du 11-Novembre, Lyon-1, 69622 Villeurbanne cedex, France*

Reçu le 3 juillet 2006; accepté le 27 septembre 2006

Disponible sur Internet le 27 novembre 2006

Présenté par Jean Dercourt

Résumé

L'analyse micropaléontologique du Toarcien inférieur des monts des Ksour (Atlas saharien occidental, Algérie) a permis d'identifier plusieurs assemblages de foraminifères et d'en déduire des informations concernant les milieux de dépôt. Ces assemblages, composés principalement de Nodosariidés, s'organisent en quatre stades de peuplements successifs (normal, survie, extinction et repopulation). Ce découpage en stades apporte de nouvelles précisions sur les conditions environnementales et leur incidence sur la distribution spatio-temporelle des foraminifères benthiques. L'évolution quantitative montre un approfondissement progressif du milieu contrôlé par la dynamique tectono-sédimentaire locale. Elle s'organise selon une écoséquence qui enregistre la remontée générale du niveau de la mer au début du Toarcien, mais aussi un confinement progressif des eaux profondes. Au début de la zone à Polymorphum, des espèces déroulées et de petite taille (Nodosariidés) indiquent l'ouverture du sillon atlasique (stade normal). Ensuite, au milieu de cette zone, ces formes sont associées aux Polymorphinidés et Cératobuliminidés, qui témoignent d'un milieu profond, mais isolé et souvent confiné (stade de survie). L'évolution de l'écoséquence se termine par un épisode sans foraminifères (fin de la zone à Polymorphum et début de celle à Levisoni) (stade d'extinction). Ce dernier stade correspond à un régime d'ombilic où régnaient des conditions réductrices qui exagèrent l'hypoxie contemporaine, responsable de la crise majeure du Toarcien. Ensuite, à la fin de la zone à Levisoni et pendant le Toarcien moyen, l'évolution de l'écoséquence est inversée, en réponse au comblement des zones profondes, dans un environnement plus ouvert et plus oxygéné (stade de repopulation).
Pour citer cet article : A. Sebane et al., C. R. Palevol 6 (2007).

© 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Evolution of the foraminifera communities during the Toarcian crisis: illustration by the data from the Ksour Mountains (western Saharan Atlas, Algeria). The micropalaeontologic analysis of the Lower Toarcian from the Ksour Mountains (western Saharan Atlas, Algeria) allows us to recognize several assemblages of benthic foraminifera and to obtain information about the deposit environment. These assemblages dominated by Nodosariids are organized in four successive stages of settlement (normal,

* Auteur correspondant.

Adresses e-mail : sebane.abbes@yahoo.fr (A. Sebane), serge.elmi@univ-lyon1.fr (S. Elmi).

¹ Accords programme France-Algérie (Lyon-Oran-Tlemcen): 02 MDU 554-555.

survival, extinction, and repopulation). This distribution gives new information on the environmental conditions and on their effect on the change in the vertical distribution of benthic foraminifera. The quantitative evolution documents a progressive deepening of the environment that is controlled by local tectonic and sedimentary dynamics. The result is an ecosequence depending both on the general sea-level rise and on a progressive confinement of the bottom water. The normal stage occurred at the beginning of the Polymorphum zone; uncoiled and small sized *Nodosariids* species indicate the opening of the Atlasic furrow. After, during the middle of this zone, these species were associated with *Polymorphinids* and *Ceratobuliminids*, which indicate a deep but isolated and confined environment (survival stage). The ecosequence ended with an episode without foraminifera; it is the extinction stage dated in the Polymorphum and Early Levisoni zones. This stage corresponds to an umbilicus setting. Such palaeophysiographic conditions exaggerated the general coeval hypoxia, responsible of the main Toarcian crisis. Then, from the late Levisoni zone to the end of the Middle Toarcian, the ecosequence evolution is inverted, as a consequence of the filling of the deep parts of the umbilicus, which were less partitioned and more oxygenated (repopulation stage). **To cite this article:** A. Sebane et al., C. R. Palevol 6 (2007). © 2006 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

Mots clés : Monts des Ksour ; Algérie ; Foraminifères benthiques ; Peuplements ; Anoxie ; Toarcien inférieur

Keywords: Ksour Mountains; Algeria; Benthic foraminifera; Communities; Anoxic; Early Toarcian

Abridged English version

Introduction

The analysis of benthic foraminifera, collected in the marly limestones series of the Lower Toarcian of the Ksour Mountains, brings new information both on the major geological events and on the biological confinement that prevailed during the Lower Toarcian. It completes former studies [2,6,27,30] on the evolution of several foraminifera assemblages dominated by *Nodosariids*. The behaviour and sensitivity of these assemblages to the critical environmental conditions are reflected by their space-time distribution. The environment in which these assemblages lived depended on a physiography partitioned into relatively deep subsident zones and limited by resistant shoals. This partitioning occurred during all the Liassic extensional period and attained a maximum near the Pliensbachian–Toarcian boundary. At that time, the marly sedimentation was represented by thick series admitting thin calcareous and turbiditic beds. An azoic interval has been observed within these marls. It seems correlated with an increase in the organic carbon rate, which reaches 2% in the deep zones (umbilicus), whereas it is only 0.5% in the surrounding beds. Similar and coeval events are known in Morocco (Middle Atlas) [11] and Beni Snassen [10]. In Algeria, they occur within the ‘Benia marls Formation’ near Tiaret (Djebel Nador) [34]. They correspond to the biological confinement that has followed the eustatic rise observed during the Lower Toarcian [24]. Exaggerated by the physiographic partitioning, this azoic event is widespread in western Tethys.

The foraminifera communities

These global events have provoked varied reactions of the foraminifera communities organized into an ecosequence. Four successive stages (Fig. 2) can be defined during the Late Pliensbachian–Early Toarcian interval:

- the first one (*normal stage*) is developed in thick marly series accumulated within basins or umbilicus sustaining a strong differential subsidence (cf. Event 1 described in the South Rif Ridge) [12]. During the Emaciatum and Polymorphum zones, the assemblages are dominated by the *Nodosariids*; during the Earlier Toarcian they are mainly represented by uncoiled forms;
- the second one (*survival stage*) is located in the middle part of the Polymorphum zone. It developed during the sea-level rise following the marine transgression on the epicontinental Tethyan realm. During this first peak of deepening, the foraminifera were dominated both by typical forms, closely linked to the confinement (*Polymorphinidae* and *Ceratobuliminidae*), and by small-sized and uncoiled forms (*Paralingulina*) (= *Lingulina*);
- the third one (*extinction stage*) (top of the Polymorphum zone and beginning of the Levisoni zone) occurred within a structural framework where the partitioning reached its paroxysm. During these drastic conditions, organic carbon rate is increasing and only anoxic facies still prevail. It signs up the maximum of the faunal Lower Toarcian crisis with mass extinction [1,5,7,22,23,25,28,29]. It coincides with the ‘oceanic’ anoxic event (OAE) known in western Tethys [9,26]. Elsewhere, the foraminifera survived but they are rep-

resented by specialized forms as *Reinholdella* (Ceratobuliminids) (event 3) [12];

- the fourth (*repopulation stage*) (top of the Levisoni zone) occurs after the biological crisis; almost all the microfauna was renewed with the gradual changes into the environmental conditions. Thick marly limestones accumulates in the deep zones where they are organized according to a filling upwards sequence (Klüpfel sequence). This general change is to be related to the attenuation of the partitioning that ends up the anaerobic conditions.

1. Introduction

L’analyse des foraminifères benthiques prélevés dans les séries marno-calcaires du Toarcien inférieur des monts des Ksour (Atlas saharien occidental, Algérie) (Fig. 1), a permis de mettre en évidence plusieurs assemblages, largement dominés par les Nodosariidés. Elle apporte des éléments nouveaux, complémentaires aux connaissances antérieures [2,6,27,30], sur le comportement des foraminifères et leur sensibilité aux condi-

tions environnementales, ainsi que sur les changements écologiques et physiographiques qui contrôlent leur distribution spatio-temporelle. Les effets de cette interaction entre le milieu et les peuplements benthiques et nectobenthiques, connus pour le Toarcien inférieur sur les brachiopodes [3,4] et sur les ammonites [16–20], sont confirmés par l’examen des foraminifères étudiés au Maroc dans les rides Sud-Rifaines [8,11,12] et dans les Béni Snassen [10], en Algérie dans le djebel Nador de Tiaret [34] et en Europe occidentale [7,9,32]. La stratégie adoptée par les peuplements répond aux contraintes imposées par la complexité des événements liasiques. La microfaune des monts des Ksour, à l’instar de celle appartenant aux autres domaines de la Téthys occidentale, a subi les effets d’une tectonique distensive en blocs basculés, qui a simultanément conditionné certains aspects de la sédimentation liasique et induit une paléogéographie très contrastée, représentée pendant cette période par un environnement compartimenté en ombilics.

2. Évolution des peuplements de foraminifères

La méthode utilisée pour calculer le taux de carbone organique (COT) dans un échantillon repose sur une analyse volumétrique qui consiste à doser le carbone organique présent dans le sédiment par du bichromate de potassium, en y ajoutant un indicateur, la diphenylamine. Les variations latérales et les successions verticales des peuplements de foraminifères sont schématisées sur la Fig. 2, qui place les principales coupes sur un profil synthétique au travers de la région étudiée.

2.1. Cadre paléostructural et sédimentaire

Pendant le Toarcien, dans les monts des Ksour, l’environnement montre une physiographie différente de celle qui a prévalu pendant le Lias inférieur et moyen. Il se répartit en zones subsidentes relativement profondes, séparées par des axes résistants, émergés ou non, qui se sont différenciés au cours des distensions liasiques, avec un paroxysme à la limite Pliensbachien–Toarcien. Il en résulte un compartimentage (de premier type [16]), qui se combine à la remontée eustatique qui se déroule pendant le Toarcien inférieur et qui restreint les communications entre les fonds des ombilics ou sous-bassins [23]. Cette simultanéité des événements conduit à la mise en place de petits bassins isolés jouant le rôle de réceptacles pour la sédimentation marneuse (ombilics au sens d’Elmi et Benshili) [18]. Ces phénomènes, très caractéristiques du Jurassique inférieur et moyen dans les monts des Ksour, mais aussi dans les autres bassins

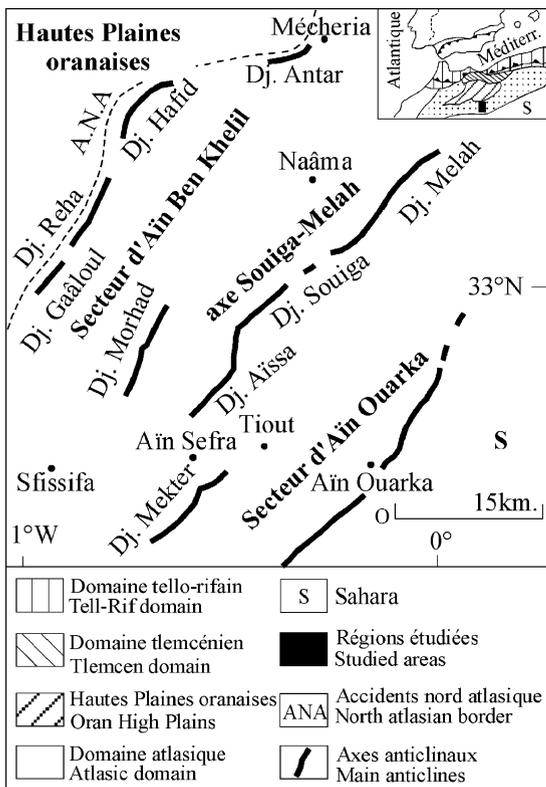
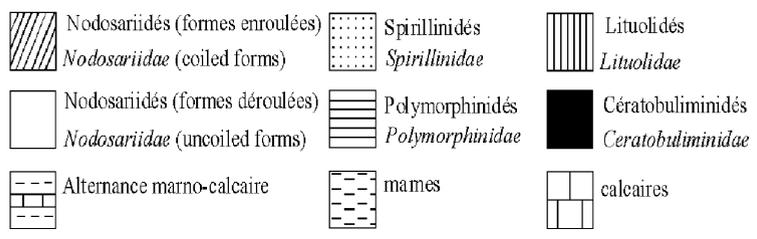
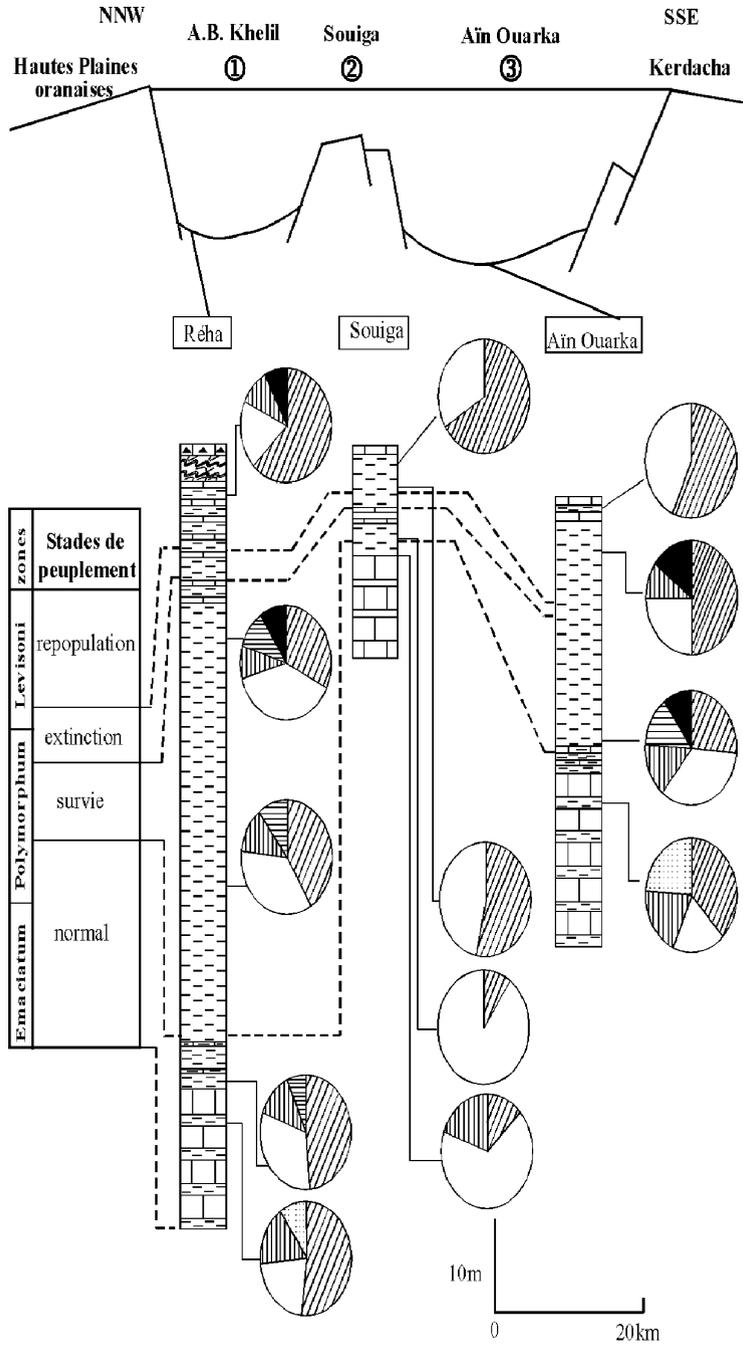


Fig. 1. Schéma de situation des régions étudiées dans l’Atlas saharien (monts des Ksour).

Fig. 1. Location map of the studied areas within the Saharan Atlas (Ksour Mountains).



téthysiens de l’Afrique du Nord [12,15], sont responsables du compartimentage du domaine étudié en une mosaïque de sous-bassins profonds (ombilics d’Ain Ben Khelil et d’Ain Ouarka), séparés par une zone relativement résistante (axe Souiga–Melah) [2,30]. Le renouvellement des organismes marins au début du Toarcien [35,22,23] est donc largement influencé par le cadre structural local.

Dans les secteurs étudiés, la sédimentation est représentée par des séries dilatées de marnes (10 à 80 m environ), de couleur généralement sombre (gris verdâtre à bleuâtre foncé), qui contiennent des ammonites pyriteuses, mais seulement dans le Toarcien moyen du secteur occidental, celui d’Ain Ben Khelil. Ces séries marneuses admettent des passées de calcaires micritiques et des passées turbiditiques (niveau de couleur « chocolat »), localisées dans le secteur d’Ain Ouarka. Un intervalle azoïque est observé au sein de ces marnes ; il correspond à un enrichissement en matière organique : le COT atteint un pourcentage de 2 % dans les ombilics, alors que la teneur moyenne est de l’ordre de 0,5 % dans les niveaux encaissants. Cet intervalle est comparable à celui observé dans les « marnes de Béchyne » (Moyen Atlas, Maroc) [11], dans les « alternances des Béni Amyir » (Béni Snassen, Maroc oriental) [10] et dans les « marnes de Bénia » (djebel Nador de Tiaret, Algérie) [34]. La microfaune subit alors, soit une extinction, soit une raréfaction extrême. Cet événement sépare deux environnements écologiques qui se succèdent pendant le Toarcien inférieur (Fig. 3). Hypoxique ou anoxique selon les bassins, il s’étend sur tout le pourtour de la Téthys [5,7,26].

2.2. Les stades de peuplements (Fig. 3)

2.2.1. La zone à Polymorphum

Pendant la zone à Polymorphum, la région subit un approfondissement brutal (CA), qui induit des variations morphologiques dans les assemblages de foraminifères. Ensuite, leur évolution reste en partie sous le contrôle du milieu et de sa physiographie et elle obéit à l’ouverture maximale du sillon atlasique au cours de cette période. Elle montre trois stades successifs.

Un *stade normal*, installé pendant le Domérien (zone à Emaciatum), se poursuit au début de la zone à Polymorphum et se caractérise par un peuplement riche en

individus et en espèces. Il se compose de formes héritées du Lias moyen, associées à quelques espèces nouvelles du Toarcien (essentiellement des *Lenticulina* enroulées à gros cal ombilical). À la fin du stade normal, on note une réduction de la taille de certaines formes déroulées (*Paralingulina*), mais l’assemblage conserve la même composition qualitative. Des observations semblables ont été faites dans les Apennins de Marche–Ombrie [33].

Ensuite, au cours de la zone à Polymorphum, le début de l’intervalle azoïque est précédé par une phase de pré-extinction [21], ou plus précisément, un *stade de survie*, pendant lequel les conditions d’isolement favorisent le développement de formes atypiques et tératologiques. Ainsi, on observe une réduction de la fréquence des individus et l’apparition de formes liées au confinement (Polymorphinidés et Cératobuliminidés). La présence de ces dernières, associée à la pyrite, aux formes déroulées appartenant au genre *Lenticulina* et à la petite taille (63 à 125 μm) de la microfaune, composée essentiellement de *Paralingulina tenera pupa* (Terquem) (= *Lingulina tenera pupa*), traduit un milieu profond et isolé [13,14], ainsi qu’un changement des conditions, qui deviennent contraignantes pour le développement de la vie benthique. Il faut aussi remarquer que les formes atypiques et tératologiques sont abondantes dans les mêmes niveaux du djebel Nador de Tiaret (Algérie occidentale) [34]. Au cours de ce stade, correspondant à un début de crise faunique, la répartition des assemblages n’est pas homogène. Les formes liées au confinement ne sont présentes que dans les secteurs d’Ain Ben Khelil et de Ain Ouarka et manquent au djebel Souiga. Cette disparité, engendrée probablement par la topographie très irrégulière du plancher marin, confirme la préférence de ces formes pour des fonds profonds, isolés et souvent confinés.

Le *stade d’extinction* (sommet de la zone à Polymorphum et début de la zone à Levisoni), coïncide avec le maximum de profondeur (MA) qui précède le pic transgressif de la base du Toarcien moyen [24] ; il correspond à une phase de confinement maximum, voire létal, pour toute forme de vie benthique. Il s’agit du maximum de la crise faunique du Toarcien inférieur, qui se manifeste par une extinction en masse [1,9,22,23,25,28]. Elle coïncide avec l’événement anoxique « océanique » (OAE), connu dans la Téthys occidentale [9,26], et qui est responsable de l’augmentation du pourcentage du carbone organique.

Fig. 2. Coupes synthétiques du Domérien–Toarcien inférieur au travers d’un profil paléostrucural simplifié des monts des Ksour et diagrammes circulaires des foraminifères.

Fig. 2. Synthetic sections of the Domerian–Lower Toarcian through a simplified palaeostrucural profile of the Ksour Mountains and circular diagrams of the foraminifera.

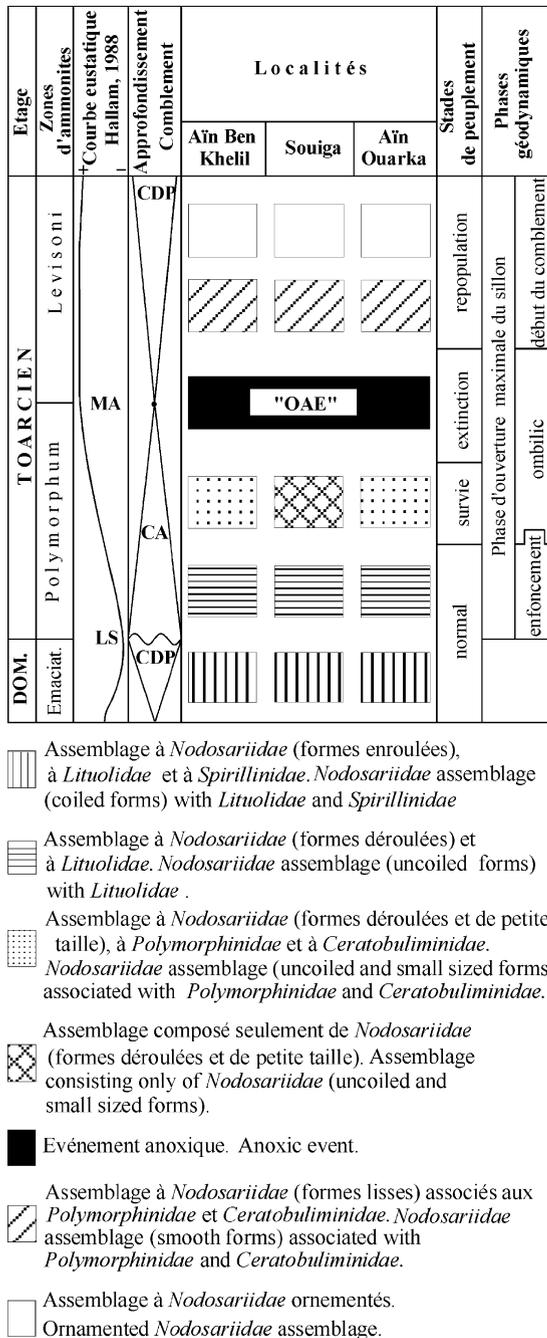


Fig. 3. Distribution stratigraphique des assemblages de foraminifères du Toarcien inférieur et leur corrélation avec les séquences (approfondissement–shallowing), la courbe eustatique et les stades de peuplements. CDP : cortège de diminution de profondeur, CA : cortège d’approfondissement, LS : limite de séquence, MA : maximum d’approfondissement.

Fig. 3. Stratigraphic distribution of foraminifera assemblages of the Lower Toarcian and their correlation with sequences (deepening–shallowing), eustatic curve and communities stages. CDP: shallowing track, CA: deepening track, LS: sequence boundary, MA: maximum deepening.

2.2.2. La zone à Levisoni

Ensuite, au cours de la zone à Levisoni, la région subit un décroissement, qui se traduit par d’épaisses accumulations de marnes ou d’alternances marno-calcaires à *Zoophycos* et à nombreuses ammonites. Les ombilics des monts des Ksour s’estompent et s’ouvrent plus largement sur le reste de la Téthys. La microfane de foraminifères contient encore des formes liées au confinement (*Polymorphinidés* et *Ceratobuliminidés*), mais elles sont associées à des espèces nouvelles, typiquement toarciennes, notamment les premières citharines, de petite taille et à côtes fines. On note aussi que les formes déroulées (*Paralingulina*) sont remplacées par les formes enroulées (*Lenticulina* s.l.), conformément aux observations de Brasier (1988, in Morard [31]). Leur apparition confirme le changement des conditions environnementales. Elles deviennent moins drastiques que celles qui ont prévalu auparavant et sont plus favorables au développement de la faune, aussi bien benthique que nectobenthique (*stade de repopulation*). Cette influence de l’environnement et de la physiographie se traduit par les différences dans la répartition des taxons, qui s’organise en une écoséquence. Les agglutinés (*Ammobaculites*), bien représentés partout avant la crise, reprennent ensuite seulement en bordure septentrionale du sillon atlasique, au pied des paléoreliefs limitant le haut fond des Hautes Plaines oranaises (secteur d’Aïn Ben Khelil, Fig. 1–2). En revanche, ils ne réapparaissent pas dans la zone axiale (Souiga) et dans les ombilics méridionaux (Aïn Ouarka). Ces observations suggèrent que la distribution de ces *Ammobaculites* dépend de la profondeur des bassins, leur abondance diminuant avec l’approfondissement. Une observation comparable a été faite dans le Toarcien d’Ombrie-Marches (Italie) [5], où l’approfondissement du bassin aurait entraîné la disparition d’autres genres de foraminifères agglutinés, tels que *Glomospirella*.

Ce stade correspond au renouvellement qui survient après la crise faunique du Toarcien inférieur [32]. Il s’inscrit dans une phase de remplissage partiel (CDP) des zones profondes (ombilics) par des apports marno-calcaires considérables, qui s’organisent en une séquence de comblement de type klupfélien [2]. Les foraminifères du sommet de la zone à Levisoni constituent des assemblages quantitativement pauvres, avec des individus ornementés, mais de taille relativement moyenne (125 à 250 µm). Ces faits indiquent que l’environnement devient bien oxygéné, ce qui est ensuite attesté par le développement des *Citharina* et des *Spirillina* (*Spirillinidés*) dans le Toarcien moyen (zone à Bifrons). Des observations semblables ont été faites en plusieurs régions de la Téthys occidentale [8,12,32].

3. Conclusion

Les foraminifères benthiques étudiés dans les monts des Ksour apportent de nouvelles informations sur les événements marquants du Toarcien inférieur. Leur répartition spatio-temporelle, qui dépend de la physiographie du bassin, elle-même contrôlée par le jeu combiné de la tectonique et de la subsidence, met en évidence la succession de quatre stades de peuplement. Le premier (*stade normal*) est caractérisé par un assemblage à *Nodosariidés*. Le pourcentage des formes déroulées montre une nette croissance par rapport aux assemblages précédents (Domérien supérieur). Ce stade correspond à un environnement, soumis à un enfoncement différentiel favorable à l'accumulation d'épaisses séries marneuses et qui succède à la tendance régressive du Domérien supérieur (Event 2 [12]). La remontée du niveau marin relatif provoque une transgression marine extensive sur les domaines épicontinentaux téthysiens et amène l'installation du deuxième stade (*stade de survie*) (Event 3 [12]). Il est caractérisé par un appauvrissement des faunes, qui montrent aussi une adaptation à des conditions contraignantes (isolement, hypoxie). Cette première remontée conduit à la mise en place de faciès anoxiques corrélables à ceux observés au Maroc et Ombrie. Cet événement, qui coïncide avec le maximum de compartimentage et la nette augmentation du COT, sont indicateurs d'une crise biologique générale, conduisant à l'installation du troisième stade (*stade d'extinction*). La sortie de crise (*stade de repopulation*) (Event 4 [12]) est illustrée par le renouvellement qualitatif de la microfaune qui, au début, contient encore des formes liées au confinement, mais qui sont progressivement remplacées par les *Nodosariidés*. Ces derniers redeviennent abondants et diversifiés à la fin du Toarcien inférieur. Dans le même temps, on note l'augmentation de la fréquence des niveaux calcaires. La cause de ce changement général des conditions d'environnement est à mettre en relation avec une atténuation du compartimentage, ce qui met fin aux conditions anaérobies. Il faut cependant souligner l'importance de la tectonique locale et régionale, c'est-à-dire de la physiographie dépendant de la paléotectonique. Elle régit fortement les conditions chimiques et les échanges.

Références

[1] M. Aberhan, T.F. Fürsich, Diversity analysis of Lower Jurassic bivalves of the Andean Basin and the Pliensbachien–Toarcian mass extinction, *Lethaia* 29 (1997) 181–195.
 [2] R. Ait Ouali, Le *rifting* des monts des Ksour au Lias. Organisation du bassin, diagenèse des assises carbonatées, place dans

les ouvertures mésozoïques au Maghreb, thèse d'État, université STHB, Alger, 1991 (298 p.).
 [3] Y. Alméras, S. Elmi, Fluctuation des peuplements d'ammonites et de brachiopodes en liaison avec les variations bathymétriques pendant le Jurassique inférieur et moyen en Méditerranée occidentale, *Boll. Soc. Paleontol. Ital., Modena* 21 (2–3) (1984) 169–188.
 [4] Y. Alméras, S. Elmi, R. Mouterde, Ch. Ruget, R. Rocha, Evolution paléogéographique au Toarcien et influence sur les peuplements, in: *Proc. 2nd Int. Symp., Jurassic Stratigraphy*, Lisbonne, 1988, pp. 687–698.
 [5] A. Bartolini, M. Nocchi, A. Baldanza, G. Parisi, Benthic life during the Early Toarcian anoxic event in southwestern Tethyan Umbria-Marche basin (Central Italy), in: *Studies in Benthic foraminifera, Benthos' 90*, Sendai Tokai University Press, 1992, pp. 323–338.
 [6] J.-P. Bassoullet, Contribution à l'étude stratigraphique du Mésozoïque de l'Atlas saharien occidental (Algérie), thèse d'Etat, université Paris-6, 1973 (477 p.).
 [7] J.-P. Bassoullet, F. Baudin, Le Toarcien inférieur: une période de crise dans les bassins et sur les plates-formes carbonatées de l'Europe du Nord-Ouest et de la Téthys, *Geobios M. S.* 17 (1994) 645–654.
 [8] J.-P. Bassoullet, G. Lachkar, F. Baudin, K. Benschili, P. Blanc, M. Boutakiout, F. Dépêche, S. Elmi, C. Ruget, Stratigraphie intégrée dans le Toarcien du Maroc (rides Sud-Rifaines et Moyen Atlas), *Bull. Soc. géol. France* 162 (5) (1991) 824–839.
 [9] F. Baudin, J.-P. Bassoullet, La crise toarcienne en Europe du Nord-Ouest et dans les régions téthysiennes: signaux géochimiques et biologiques, in: *Proc. 3rd. Int. Symp., Jurassic Stratigraphy*, Poitiers, 1991, p. 17.
 [10] L. Boudchiche, C. Ruget, Une réponse morphologique à un problème écologique: l'exemple des foraminifères du Toarcien inférieur des Béni-Snassen (Maroc nord-oriental), *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 316 (1993) 815–821.
 [11] M. Boutakiout, Les foraminifères du Jurassique des rides Sud-Rifaines et des régions voisines, *Doc. Lab. Géol. Lyon* 112 (1990) (247p.).
 [12] M. Boutakiout, S. Elmi, Tectonic and eustatic controls during the Lower and Middle Jurassic of the south Rif Ridge (Morocco) and their importance for the foraminifera communities, *Geores. Forum* 1–2 (1996) 237–248.
 [13] R. Cubaynes, C. Ruget, Relation séquence d'ouverture-déroulement du genre *Lenticulina* (Foraminifère). Un exemple dans le Domérien du Sud-Quercy, *Cah. Inst. Cathol. Lyon* (1) (1986) 113–122.
 [14] R. Cubaynes, C. Ruget, J. Rey, Essai de caractérisation des prismes de dépôts d'origine eustatique par les associations de foraminifères benthiques: exemple du Lias moyen et supérieur sur la bordure est du Bassin aquitain, *C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II* 308 (1989) 1517–1522.
 [15] S. Elmi, Polarité tectono-sédimentaire pendant l'effritement des marges septentrionales du bâti africain au cours du Mésozoïque (Maghreb), *Ann. Soc. géol. Nord (Lille)* 97 (1978) 315–323.
 [16] S. Elmi, Réflexion sur les interactions entre l'évolution et l'adaptation des ammonites et la dynamique des aires sédimentaires, *Cah. Inst. Cathol. Lyon* 4 (1990) 153–159.
 [17] S. Elmi, Y. Alméras, Physiography, palaeotectonics and palaeoenvironments as controls of changes in ammonite and brachiopod communities (an example from the Early and Middle Jurassic of western Algeria), *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 47 (1984) 347–360.

- [18] S. Elmi, K. Benshili, Relations entre la structuration tectonique, la composition des peuplements et l'évolution; exemple du Moyen-Atlas méridional (Maroc), *Boll. Soc. Paleont. Ital. (Torino)* 26 (1–2) (1987) 47–62.
- [19] S. Elmi, Y. Alméras, K. Benshili, Influence de l'évolution paléogéographique sur les peuplements au cours du Lias dans le Moyen-Atlas marocain, *Sci. Géol. Mém. (Strasbourg)* 83 (1989) 115–131.
- [20] S. Elmi, Y. Alméras, M. Ameer, F. Atrops, M. Benhamou, G. Moulán, La dislocation des plates-formes carbonatées liasiques en Méditerranée occidentale et ses implications sur les échanges fauniques, *Bull. Soc. géol. France* (5–6) (1982) 1007–1016.
- [21] M.E. Gahr, Response of Lower Toarcian (Lower Jurassic) macrobenthos of the Iberian Peninsula to sea level changes and mass extinction, *J. Iber. Geol.* 31 (2) (2005) 197–215.
- [22] A. Hallam, The Pliensbachian and Tithonian extinction events, *Nature* 319 (1986) 765–768.
- [23] A. Hallam, Radiations and extinctions in relation to environmental change in the marine Lower Jurassic of northwest Europe, *Paleobiology* 13 (2) (1987) 152–168.
- [24] A. Hallam, A revaluation of Jurassic eustasy in the light of new data and the revised Exxon curve. In: *Sea-level changes: an integrated approach*, *Soc. Econ. Paleontol. Mineral. (spec. publ.)* 42 (1988) 261–274.
- [25] P.J. Harries, C.T.S. Little, The Early Toarcian (Early Jurassic) and the Cenomanian Turonian (Late Cretaceous) mass extinctions: similarities and contrast, *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 154 (1999) 39–66.
- [26] H.C. Jenkyns, The Early Toarcian (Jurassic) anoxic event: stratigraphic, sedimentary and geochemical evidence, *Am. J. Sci.* 288 (1988) 101–151.
- [27] J. Lasnier, Contribution à l'étude stratigraphique et paléontologique du Jurassique des Hautes Plaines algériennes (Aïn Sefra, Méchria, Nador, Hodna), thèse 3^e cycle, université de Paris, 1965 (171 p.).
- [28] F. Macchioni, Myths and legends in the correlation between the Boreal and Tethyan Realms. Implications on the dating of the Early Toarcian mass extinctions and the Oceanic Anoxic Event, *Geobios M. S.* 24 (2002) 150–164.
- [29] F. Macchioni, F. Cecca, Biodiversity and biogeography of Middle–Late Liassic ammonoids: implications for the Early Toarcian mass extinction, *Geobios M. S.* 24 (2002).
- [30] L. Mekahli, Hettangien–Bajocien supérieur des monts des Ksour. Biostratigraphie, sédimentologie. Évolution paléogéographique et stratigraphie séquentielle, *Doc. Labo. Géol. Lyon* 147 (1998) (254 p.).
- [31] A. Morard, Les événements du passage Domérien–Toarcien entre la Téthys occidentale et Europe du Nord-Ouest, thèse, université de Lausanne, Suisse, 2004 (338 p.).
- [32] J.-P. Nicollin, P. Fauré, C. Ruget, Le Toarcien inférieur, période charnière dans l'évolution des Nodosariidés (Foraminifères): l'exemple des Pyrénées méridionales du Haut-Argon, *Geobios M. S.* 18 (1995) 347–356.
- [33] M. Nocchi, A. Bartolini, Investigation on Late Domerian–Early Toarcian *Lagenina* and *Glomospirella* assemblages in the Umbria–Marche Basin (Central Italy), *Geobios M. S.* 17 (1994) 689–699.
- [34] A. Sebane, Étude systématique et paléocéologique de la microfaune du Lias moyen et supérieur du djebel Nador (Tiaret, Algérie), thèse de 3^e cycle, université Claude-Bernard, Lyon-1, 1984 (136 p.).
- [35] J.J. Sepkoski, Phanerozoic overview of mass extinction, in: D.M. Raup, D. Jablonski (Eds.), *Patterns and processes in the history of life*, *Dalhem Kon Life Sci. Res. Rep.* 36 (1986) 277–296.