



Paléontologie systématique / Systematic Palaeontology
(Micropaléontologie / Micropalaeontology)

Apport des ostracodes à l'interprétation séquentielle du Crétacé inférieur (Berriasien–Valanginien) du bassin d'Essaouira–Agadir (Maroc)

Abdelhamid Rossi ^{a,*}, Jacques Rey ^b, Bernard Andreu ^b, Kamal Taj-Eddine ^a

^a UFR « Dynamique des bassins : stratigraphie intégrée et géoprospect », département de géologie,
faculté des sciences Semlalia, université Cadi-Ayyad, BP 2390, Marrakech, Maroc

^b Laboratoire de dynamique des bassins sédimentaires, université Paul-Sabatier, Toulouse-3,
39, allées Jules-Guesde, 31062 Toulouse cedex 4, France

Reçu le 7 mars 2002 ; accepté le 17 février 2003

Présenté par Michel Durand-Delga

Résumé

L'analyse de la faune d'ostracodes du Berriasien–Valanginien du bassin d'Essaouira–Agadir (Maroc) a permis de mettre en évidence une relation étroite entre l'évolution séquentielle de la série (établie sur la base de données sédimentologiques, biostratigraphiques et géochimiques) et l'évolution de paramètres statistiques appliqués aux ostracodes. Ainsi, le nombre d'individus et le nombre d'espèces présentent des fluctuations comparables et suivent parfaitement l'évolution séquentielle de la série. Les classes de fréquence dominante et fortuite sont les plus significatives, le taux de renouvellement spécifique montrant des valeurs extrêmes, des « pics » en limites de séquences et à la base des prismes transgressifs. *Pour citer cet article : A. Rossi et al., C. R. Palevol 2 (2003) 133–141.*

© 2003 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Contribution of the ostracods to the sequential interpretation of the Lower Cretaceous (Berriasian–Valanginian) of the Essaouira–Agadir Basin (Morocco). The analysis of the ostracod fauna from the Berriasian–Valanginian of the Essaouira–Agadir Basin (Morocco) allows us to make a narrow relationship between the sequential evolution (established on sedimentary, biostratigraphical and geochemical data) and the evolution of statistical parameters of ostracods. So, the number of individuals and the number of species present comparable fluctuations and follow perfectly the sequential evolution; classes of dominant and fortuitous frequency are the most meaningful, the specific renewal rate shows extremes values at the limits of sequences and at the basis of transgressive systems tracts. *To cite this article: A. Rossi et al., C. R. Palevol 2 (2003) 133–141.*

© 2003 Éditions scientifiques et médicales Elsevier SAS. All rights reserved.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : rossi@ucam.ac.ma (A. Rossi).

Mots clés : ostracodes ; Berriasien–Valanginien ; stratigraphie séquentielle ; Maroc

Keywords: ostracods; Berriasian–Valanginian; sequence stratigraphy; Morocco

Abridged version

Introduction

In the two last decades, the Lower Cretaceous of Western Morocco has been the subject of many stratigraphical, palaeontological, sedimentological and geodynamic studies [1, 4, 9, 11–13].

This article is a contribution to the sequential interpretation during the Lower Cretaceous (Berriasian–Valanginian) of the Essaouira–Agadir Basin (Morocco), using palaeontological and statistical analysis of ostracods.

Geological setting

The Moroccan Atlantic Atlas Mountains, as defined by Weisrock [14], is subdivided into three basins: the Agadir Basin in the south, the Haha basin in the centre and the Essaouira Basin in the north. The studied area covers these three parts, from the Agadir region to the south to the Marrakech region to the north (Fig. 1). The ostracod fauna, sampled in 98 levels of the Imsouane reference cross-section (Fig. 2), is well conserved. The occurrence of Ammonites and Calpionellids in the cross-section allowed precise biostratigraphical dating. The sedimentary succession corresponds to two formations [6]: (i) the Agroud Ouadar Formation, consisting of alternating series of marly limestones and marls containing Ammonites and Echinoids, is attributed to Berriasian–Lowermost Valanginian, owing to its Calpionellid microfauna [10, 13]; (ii) the Sidi Lhoussine Formation, principally composed of green marls including some beds of marly limestones at the base and sandstone at the top, is, according to its Ammonites fauna, Valanginian in age (basal Valanginian excluded) [3, 7]. Sequence analysis of the Agroud Ouadar and Sidi Lhoussine Formations, based on stratigraphical and sedimentological studies, enabled us to recognize six major cycles, each cycle divided into transgressive and regressive parts (half-cycles).

Analysis of ostracod fauna

Thirty-three species belonging to 20 genus were recognised, and some species, such as *Mandocythere* (*Costacythere*) aff. *entremontensis* (Berriasian–Valanginian), *Mandocythere* (*Costacythere*) sp. B145 (Lower Valanginian), *Protocythere* cf. *praetricplicata* (appearing in the Uppermost Berriasian), and *Rehacythereis* sp. B235, that appears in the Lower Valanginian, are good stratigraphical markers of the region [2, 5]. According to this ostracod fauna, the palaeoenvironment varies, in the platform, from the infralittoral to the circalittoral. The deepest environment corresponds to an external carbonate platform (open infralittoral to circalittoral), recorded especially during the Lower Valanginian. The shallowest environment corresponds to a proximal platform (infralittoral to marginolittoral) recorded during the Uppermost Valanginian (Fig. 2).

Statistical analysis

The statistical analysis is based on four parameters: the ostracod abundance (number of the ostracod shells), the number of species, the frequency of classes, and the renewal rate of the taxa [8].

During the transgressive half-cycles, the ostracod abundance and the number of species, low in the basis, increase brutally at the top (Fig. 3). The ostracod fauna is composed of one dominant species, of one to two characteristic species, and two to three fortuitous species. In the maximum flooding levels, the ostracod fauna is characterised by two characteristic species, five to six fortuitous species; the dominant species is absent. During the regressive half-cycles, the abundance and the number of species decrease progressively from the bottom to the top. At the bottom, the ostracod fauna is composed of one to two characteristic species and of four to six fortuitous species, while at the top one species is dominant and fortuitous species are rare.

Conclusion

Among the parameters used in the analysis, the ostracod abundance and the number of species fluctuate.

tuates similarly. They increase in the transgressive half-cycles and decrease in the regressive half-cycles.

The most important and significant frequency classes in the sequential interpretation are the dominant and fortuitous species.

The lowest renewal rate of taxa is recorded at the top of regressive half-cycles, while the highest rate is at the bottom of the transgressive half-cycles. The lowest values are coming from the disappearance of an important number of species, while the highest rates are due to an important number of the appearing species.

In conclusion, the ostracod fauna analysis constitutes a useful and important contribution to the sequential interpretations.

1. Introduction

Le secteur étudié s'étend de la région d'Agadir, au sud-ouest, à celle de Marrakech, au nord-est. Il correspond au domaine de l'Atlas atlantique, défini par Weisrock [14].

Au cours des deux dernières décennies, la série sédimentaire du Crétacé inférieur a fait l'objet d'études stratigraphiques, paléontologiques et sédimentologiques [1, 4, 9, 11–13], qui ont permis de préciser l'âge, le contenu lithologique et faunique, le milieu de dépôt et l'évolution sédimentaire du bassin d'Essaouira–Agadir, ouvert vers l'ouest.

Le but de cet article est d'apporter une contribution à l'interprétation séquentielle de la série sédimentaire du Berriasien–Valanginien grâce à une analyse paléontologique et statistique de la faune d'ostracodes.

2. Cadre géologique général

L'Atlas atlantique marocain est subdivisé en trois bassins : bassin d'Agadir au sud, bassin de Haha au centre et bassin d'Essaouira au nord. Trois coupes ont été levées, Ait Amouch dans le bassin d'Agadir, Imsouane dans celui de Haha et Akui Griz dans celui d'Essaouira (Fig. 1). La faune d'ostracodes, recueillie dans 98 prélèvements issus de niveaux marneux, a fait l'objet d'une étude minutieuse. La succession lithostratigraphique et le découpage chronostratigraphique de l'intervalle Berriasien–Valanginien peuvent être illustrés par la coupe de référence d'Imsouane (Fig. 2), caractérisée par de bonnes conditions d'affleurement,

une microfaune bien conservée et un calage biostratigraphique précis apporté par les calpionelles [13] et les ammonites (détermination M. Ettachfini, université Cadi-Ayyad, Marrakech).

2.1. Localisation de la coupe étudiée

La coupe d'Imsouane est située à 4 km du port d'Imsouane, à proximité du Marabout de Sidi Mohamed Ou Brahim (coordonnées Lambert : $X = 77,2$, $Y = 439,6$; feuille NH-29-XV-3 de Taghazout au 1/100 000).

2.2. Description lithostratigraphique

La série sédimentaire étudiée est composée de deux formations superposées : Agroud Ouadar et Sidi Lhousseine [6] (Fig. 2). La formation d'Agroud Ouadar est constituée par des bancs décimétriques de calcaires gréseux bioclastiques et noduleux, à lamellibranches, brachiopodes, échinides et calpionelles, alternant avec des niveaux de marnes vertes, grisâtres, riches en ostracodes et foraminifères. Cette unité est épaisse de 12,40 m à Imsouane, de 16,10 m à Ait Amouch et de 23 m à Akui Griz.

La formation de Sidi Lhousseine présente, à la base, une alternance de marnes vertes et de calcaires marneux ou gréseux, où abondent ammonites, brachiopodes, lamellibranches, échinides et une microfaune d'ostracodes et de foraminifères. À la partie supérieure, cette unité est formée essentiellement de marnes silteuses, jaunâtres, alternant avec des niveaux de grès ocre. L'épaisseur générale de la formation est comprise entre 32 m à Imsouane (seulement pour la partie affleurante, le sommet étant recouvert par les éboulis), 53 m à Ait Amouch et 71 m à Akui Griz.

2.3. Attribution stratigraphique

Dans la formation d'Agroud Ouadar, les calpionelles ont permis de reconnaître, dans la coupe de Ait Amouch, les zones B, C et D1 de Remane [10], dans la coupe d'Imsouane, les zones B, C, D1 et D3 et, dans la coupe d'Akui Griz, les zones C, D1, D2 et D3. L'absence de la sous-zone D2 dans la coupe d'Imsouane, et dans le bassin de Haha en général, est due à une période de vacuité sédimentaire [13]. Cette formation est attribuée au Berriasien–Valanginien basal.

Au sein de la formation de Sidi Lhousseine, dans la coupe d'Imsouane, nous avons récolté une riche faune

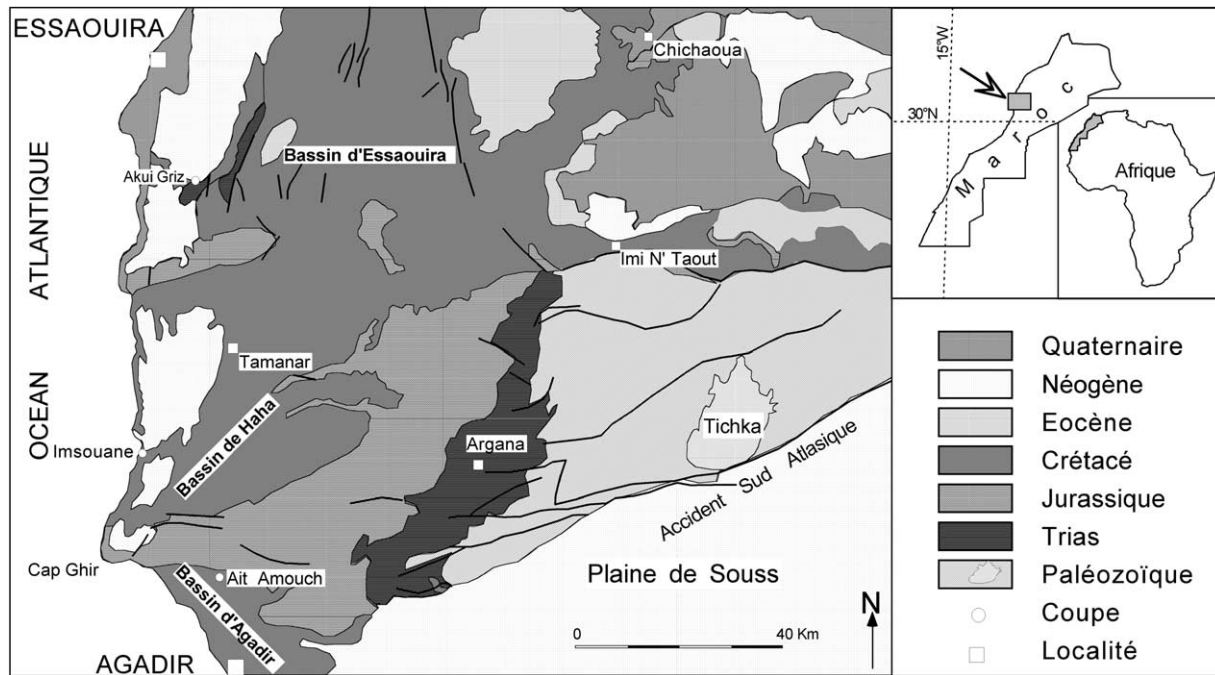


Fig. 1. Carte géologique simplifiée de la région étudiée (d'après Duffaud et al. [6], modifié).

Fig. 1. Simplified geological map of the studied region, modified after Duffaud et al. [6].

d'ammonites indiquant les zones à Pertransiens, Campylotoxus, Trinodosum et Callidiscus (*sensu* Busnardo et Thieuloy [3]). Dans la coupe d'Ait Amouch, la faune d'ammonites récoltée est très riche et abondante ; elle indique les zones à Pertransiens et Campylotoxus. Dans la coupe d'Akui Griz, les rares ammonites récoltées à la base de la formation indiquent la zone à Campylotoxus. La formation de Sidi Lhousseine est attribuée au Valanginien (partie basale exclue) [7].

2.4. Analyse séquentielle

L'analyse stratigraphique et sédimentologique détaillée des formations d'Agroud Ouadar et de Sidi Lhousseine a révélé une organisation en six cycles transgressifs-régressifs (Fig. 2).

Les demi-cycles régressifs se caractérisent par un agencement de paraséquences de comblement, une stratocroissance des séquences marnes-calcaires, un enrichissement du détritisme et un appauvrissement de la faune vers le sommet, et donc, d'une manière générale, par une diminution de la tranche d'eau.

Les demi-cycles transgressifs, souvent à dominance marneuse, sont composés de faciès indiquant un enrichissement de la faune vers le sommet, une stratocroissance des séquences élémentaires et une augmentation de l'épaisseur de la tranche d'eau.

Les maxima d'approfondissement sont matérialisés par une mince couche très riche en oxydes de fer et en glauconie, avec une condensation de faunes d'ammonites, de brachiopodes et/ou de lamellibranches.

Les maxima de comblement s'expriment, le plus souvent, par un maximum d'appauvrissement faunique, par un maximum d'enrichissement en détritiques (pourcentage des grains de quartz) et par une plus grande épaisseur des bancs calcaires.

3. Analyse de la faune d'ostracodes

Notre étude est fondée principalement sur les échantillons récoltés sur la coupe de référence d'Imssouane ; nous avons cependant élargi nos observations aux deux autres coupes pour comparer les résultats.

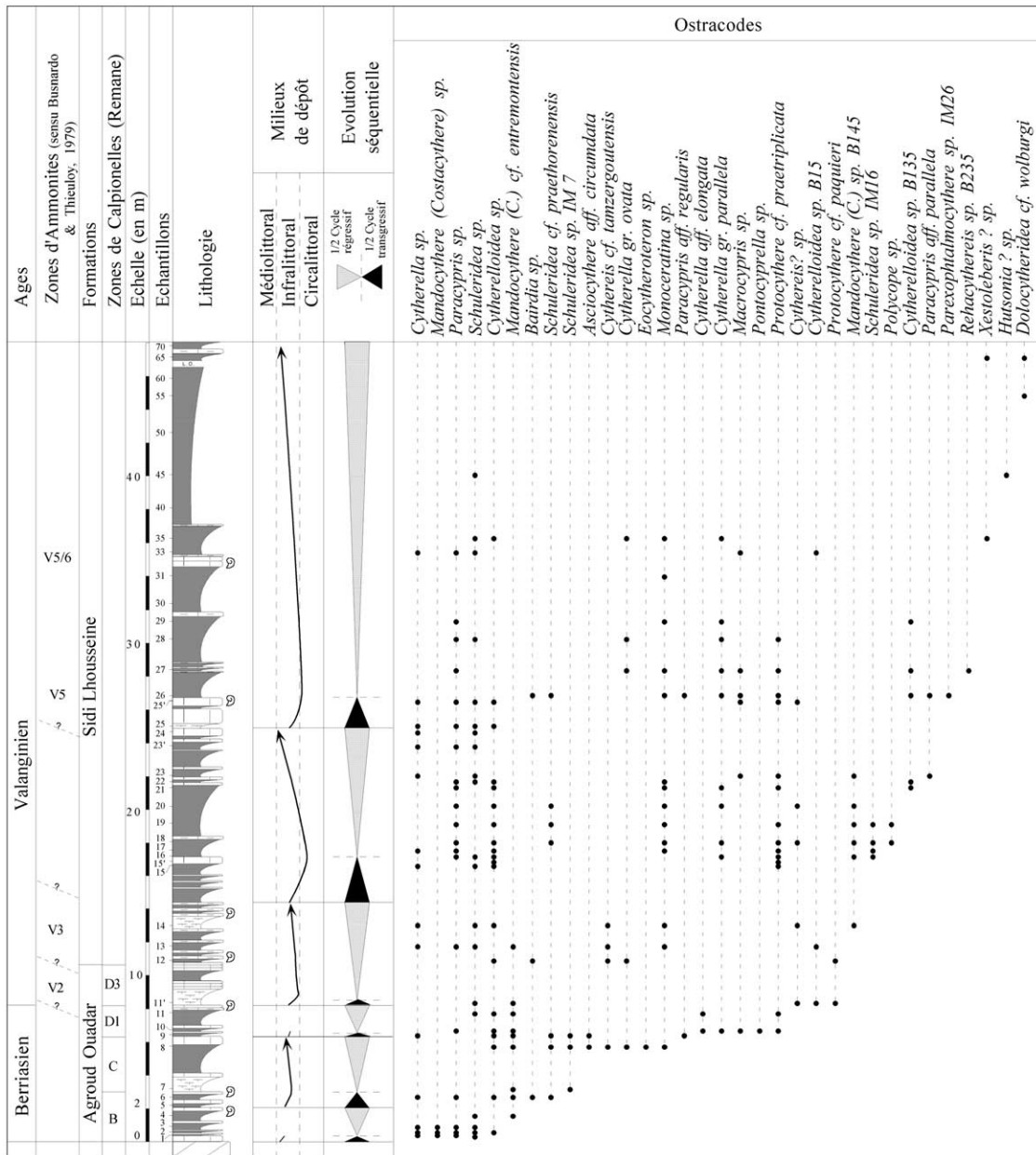


Fig. 2. Coupe d'Imsouane : analyse stratigraphique et séquentielle ; répartition stratigraphique des principales espèces d'ostracodes.
 Fig. 2. Imsouane section: stratigraphical, sequential analysis and repartition of mean ostracode species.

Trente-trois espèces, réparties dans une vingtaine de genres, ont été reconnues (Fig. 2). La répartition stratigraphique des associations d'ostracodes met en évidence trois types d'espèces différents.

Le premier type est composé d'espèces qui apparaissent épisodiquement et qui ne montrent pas d'inté-

rêt stratigraphique. Ces espèces sont rapportées aux genres *Bairdia*, *Macrocypris*, *Monoceratina*, *Asciocythere*, *Cytheropteron* et *Cythereis*.

Le deuxième type est constitué d'espèces à longue répartition verticale, apparaissant sur l'ensemble des séquences. Ces espèces ont un intérêt stratigraphique

réduit et appartiennent aux genres *Schuleridea*, *Cytherella*, *Paracypris* et *Cytherelloidea*.

Le troisième type montre des espèces à courte ou très courte répartition verticale, apparaissant sur un à deux cycles transgressif–régressif ; elles sont considérées comme étant des marqueurs stratigraphiques à l'échelle régionale : *Mandocythere* (*Costacythere*) cf. *entremontensis*, caractéristique du Berriasien–Valanginien basal, *Mandocythere* (*Costacythere*) sp. B145, du Valanginien inférieur, *Protocythere* cf. *praetriplata*, dont la première apparition intervient au Berriasien terminal, *Protocythere* cf. *paquieri*, rencontrée principalement au Berriasien terminal–Valanginien basal, et *Rehacythereis* sp. B235, dont la première apparition est enregistrée dans le Valanginien moyen. Cette répartition stratigraphique est semblable sur les deux autres coupes, d'où l'intérêt biostratigraphique que présentent ces espèces dans l'élaboration d'une échelle régionale. Notons ici que plusieurs études ont prouvé l'intérêt du genre *Protocythere* et des formes apparentées dans l'établissement d'échelles biostratigraphiques régionales du Berriasien–Valanginien [2, 5].

Une première analyse paléocéologique des associations d'ostracodes nous a permis de constater que le milieu de dépôt correspond à une plate-forme carbonatée, sur l'étage infralittoral à circalittoral. Le niveau marin le plus profond est sur la plate-forme carbonatée externe, étage infralittoral ouvert à circalittoral, et attesté par les espèces *Macrocypris* sp., *Pontocyprilla* sp., *Parexophthalmocythere* sp. IM26, associées à *Protocythere* cf. *praetriplata* ou bien à *Mandocythere* (*Costacythere*) cf. *entremontensis* et *Mandocythere* (*Costacythere*) sp. B145. Le maximum d'approfondissement est enregistré principalement au Valanginien basal et inférieur, zones à *Campylotoxus* et *Trinodosum*. Le niveau marin le moins profond correspond à une plate-forme carbonatée proximale, sur l'étage infralittoral restreint à margino-littoral, et attesté par les espèces *Dolococytheridea* cf. *wolburgi*, *Hutsonia* ? sp. et *Xestoleberis* ? sp. Ce minimum d'approfondissement est enregistré au sommet du Valanginien. Entre ces deux extrêmes, le niveau marin oscille sur l'étage infralittoral de la plate-forme moyenne.

Nous avons remarqué, en outre, que les espèces à carapace ornée, principalement réticulée, *Mandocythere* (*Costacythere*) cf. *entremontensis* et *Mandocythere* (*Costacythere*) sp. B145 (morphé réticulée), par

exemple, sont plus abondantes au cours des dépôts des demi-cycles transgressifs, alors que les espèces lisses, appartenant aux genres *Schuleridea*, *Cytherella*, *Paracypris* et *Dolococytheridea*, abondent pendant les demi-cycles régressifs.

4. Analyse statistique

4.1. Définition des paramètres utilisés

L'étude statistique des différentes espèces d'ostracodes est fondée sur les paramètres suivants : nombre d'individus (le nombre de valves ou de carapaces d'ostracodes recensées par unité pondérale, 1 kg de sédiment), nombre d'espèces (le nombre d'espèces d'ostracodes recensées par échantillon), classes de fréquences (une espèce est considérée comme dominante si elle constitue plus de 50 % de l'ensemble de la population échantillonnée, caractéristique si elle constitue entre 25 et 50 %, accompagnatrice si elle occupe entre 10 et 25 % et fortuite si elle constitue moins de 10 %), taux de renouvellement spécifique [8] (le taux de renouvellement entre deux échantillons successifs A et B est : $T = (N_{ba} + N_{ABd}) / (N_A + N_B)$ avec N_{ba} le nombre d'espèces apparues en B, N_{ABd} , le nombre d'espèces disparues entre A et B ; N_A , le nombre d'espèces recensées en A, N_B , le nombre d'espèces recensées en B).

4.2. Résultats

Pendant la sédimentation des demi-cycles transgressifs, le nombre d'individus et le nombre d'espèces sont très faibles à la base et augmentent brutalement à la fin des demi-cycles (Fig. 3). La faune d'ostracodes (Fig. 2) se compose de :

- zéro à une espèce dominante (*Cytherella* sp., *Schuleridea* sp., *Mandocythere* (*Costacythere*) sp.) ;
- une à deux espèces caractéristiques (*Cytherelloidea* sp., *Pontocyprilla* sp., *Mandocythere* (*Costacythere*) sp.) ;
- deux à trois espèces fortuites (*Cytherella* aff. *elongata*, *Cytherelloidea* sp. B15, *Bairdia* sp., *Paracypris* aff. *regularis*, *Macrocypris* sp., *Cythereis* ? sp.).

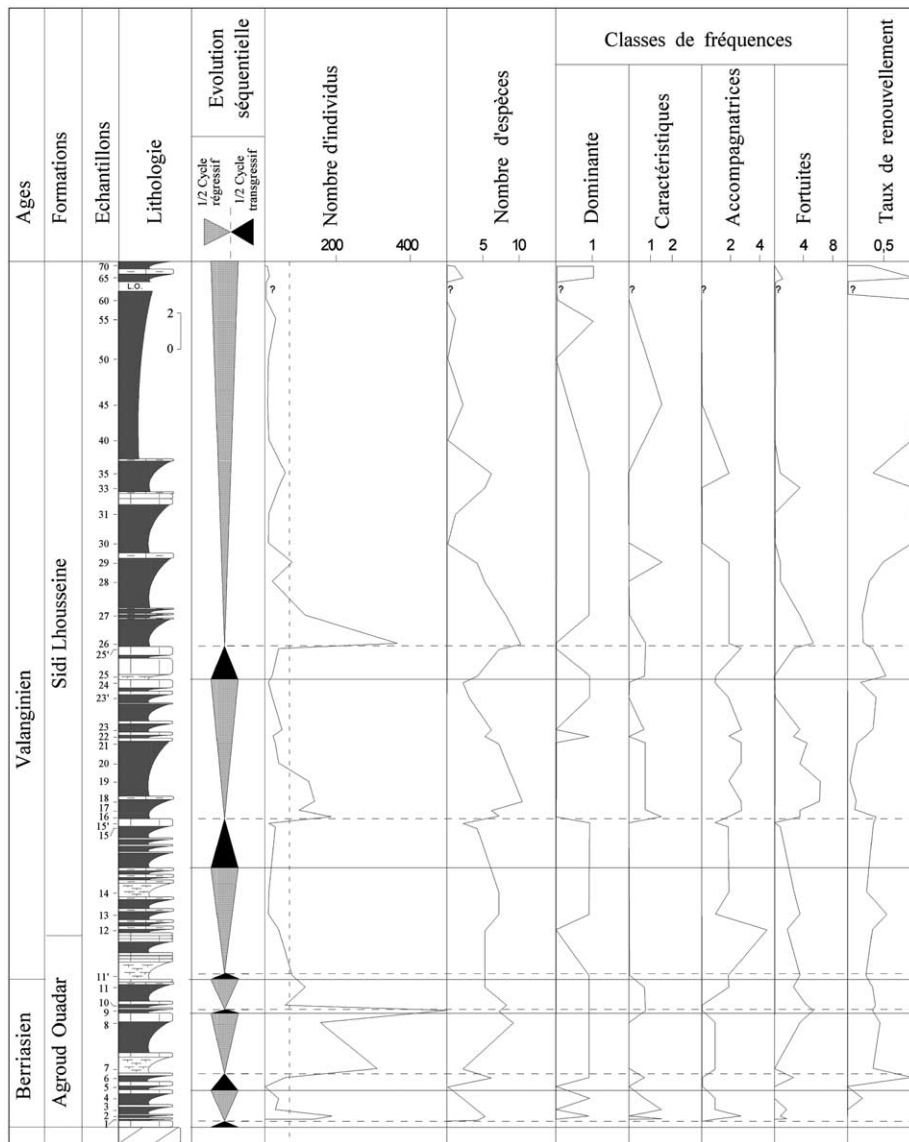


Fig. 3. Évolution des différents paramètres statistiques au cours du Berriasien–Valanginien dans la coupe d’Imsouane.
 Fig. 3. Evolution of different statistical parameters during the Berriasian and the Valanginian in Imsouane section.

Les surfaces d’inondation maximale sont caractérisées par les valeurs maximales des nombres d’individus et d’espèces. Les classes de fréquence sont représentées par :

- deux espèces caractéristiques (*Cytherella* gr. *parallela*, *Cytherella* sp., *Cytherelloidea* sp. B135, *Cytherelloidea* sp., *Pontocyprilla* sp.);
- cinq à six espèces fortuites (*Paracypris* sp., *Macrocypris* sp., *Schuleridea* sp. IM16, *Schuleri-*

dea sp., *Parexophthalmocythere* sp. IM26, *Monoceratina* sp., *Mandocythere* (*Costacythere*) cf. *entremontensis*, *Mandocythere* (*Costacythere*) sp. B145, et *Cythereis* ? sp.).

Les demi-cycles régressifs montrent une diminution progressive, vers le haut, du nombre d’individus et du nombre d’espèces.

Les classes de fréquence sont différentes de la base au sommet. À la base, une ou deux espèces caractéris-

tiques (*Cytherella* sp., *Cytherella* gr. *ovata*, *Cytherelloidea* sp., *Pontocyprilla* sp.) sont associées à quatre à six espèces fortuites (*Paracypris* sp., *Cytheropteron* sp., *Monoceratina* sp., *Cythereis* ? cf. *tamzergoutensis*, *Mandocythere* (*Costacythere*) sp. B145) ; au sommet, une espèce dominante (*Schuleridea* cf. *praethoerenensis* ou bien *Schuleridea* sp.) s'unit à de rares espèces fortuites (*Cytherella* gr. *parallela*, *Cytherella* sp., *Cytherelloidea* sp., *Protocythere* cf. *paquieri* ou bien *Protocythere* cf. *praetriplicata*). Ces dernières voient une diminution progressive de leur nombre, de la base au sommet du cortège ; elles sont en effet remplacées progressivement par un plus grand nombre d'espèces accompagnatrices, puis caractéristiques, pour arriver enfin à une espèce dominante (*Schuleridea* sp. ou bien *Dolococytheridea* cf. *wolburgi*).

Cette évolution se reproduit deux fois dans le dernier demi-cycle du Valanginien supérieur, ce qui laisserait penser à l'existence possible d'un demi-cycle supplémentaire.

4.3. Discussion

L'augmentation de la fréquence des ostracodes serait le résultat de deux facteurs conjugués, le premier sédimentaire, grâce à une réduction du taux de sédimentation au cours des surfaces d'inondation maximales ou bien à la base des cortèges transgressifs, et le deuxième biologique, avec l'installation de conditions paléocéologiques plus favorables aux populations d'ostracodes. En outre, l'augmentation de la diversité spécifique, liée à une augmentation de la fréquence, se traduit par l'apparition d'espèces fortuites ; ce phénomène serait dû à des conditions paléocéologiques plus favorables et serait accentué par la diminution du taux de sédimentation.

5. Conclusion

Parmi les paramètres choisis dans notre analyse, nous avons constaté que :

- le nombre d'individus et le nombre d'espèces présentent des fluctuations comparables, qui se calquent parfaitement sur l'évolution séquentielle de notre série : croissants dans les demi-cycles transgressifs et décroissants dans les demi-cycles régressifs ;
- les classes de fréquences les plus importantes, et dont les variations sont les plus significatives dans

l'interprétation séquentielle, correspondent à celles des espèces dominantes et fortuites ;

- les espèces appartenant au genre *Schuleridea* sont présentes dans les deux types de demi-cycles, et seraient l'indice d'un milieu relativement ouvert (profond ?), mais situé en zone photique ;
- parmi les espèces fortuites, celles appartenant notamment aux genres *Macrocypris*, *Pontocyprilla* et *Protocythere* sont généralement des indicateurs d'eau relativement profonde (probablement au-dessous de la zone photique) ; ces espèces sont enregistrées dans les niveaux correspondant aux maxima d'approfondissement ou légèrement au-dessus de ces derniers ;
- le taux de renouvellement spécifique montre des valeurs minimales au sommet des demi-cycles régressifs, où l'on note un nombre important de disparitions d'espèces : *Mandocythere* (*Costacythere*) sp., *Mandocythere* (*Costacythere*) cf. *entremontensis*, *Mandocythere* (*Costacythere*) sp. B145, *Cytherella* sp., *Bairdia* sp., *Pontocyprilla* sp., *Protocythere* cf. *praetriplicata*, indiquant une chute du niveau marin, et maximales à la base des demi-cycles transgressifs ou au sein de ces derniers, où l'on note un maximum d'apparitions : *Cytherella* aff. *elongata*, *Cytherella* gr. *parallela*, *Cytherelloidea* sp. B15, *Bairdia* sp., *Pontocyprilla* sp., *Macrocypris* sp., *Schuleridea* cf. *praethoerenensis*, *Monoceratina* sp., *Cythereis* ? cf. *tamzergoutensis*, *Mandocythere* (*Costacythere*) sp. B145, indiquant une augmentation du niveau marin.

L'analyse des faunes d'ostracodes apporte donc une contribution non négligeable et très utile aux interprétations séquentielles.

Remerciements

Les auteurs expriment leur reconnaissance à M. Et-tachfini pour la détermination des ammonites, ainsi qu'à A. Essaifi pour la traduction de la version abrégée.

Références

- [1] B. Andreu, Les ostracodes du Crétacé moyen (Barrémien à Turonien), le long d'une transversale Agadir-Nador (Maroc), *Strata* 2 (14) (1991) 1–765.

- [2] J.F. Babinot, R. Damotte, P. Donze, E. Grosdider, H.J. Oertli, G. Scarenzi-Carboni, Crétacé inférieur, in: H.J. Oertli (Ed.), Atlas des ostracodes de France (Paléozoïque-Actuel), Mém. 9, Bull. Centres Rech. Explor. -Prod. Elf-Aquitaine, 1985, pp. 163–209 14 pl.
- [3] R. Busnardo, J.P. Thieuloy, Les zones d'ammonites du Valanginien et conclusions, in: R. Busnardo, J.P. Thieuloy, M. Moullade (Eds.), Hypostratotype mésogéen de l'étage valanginien (Sud-Est de la France), Les stratotypes français, 6, CNRS, 1979, pp. 58–68 (Coords) 117-134.
- [4] R. Damotte, K. Taj-Eddine, La coupe de Sidi Bouskri, bassin du Haha, Atlas atlantique, Maroc : Ostracodes du Crétacé basal (Berriasien), Rev. Micropaléontol 32 (2) (1989) 110–117.
- [5] P. Donze, Sur un mode d'élaboration d'espèces nouvelles chez le genre *Protocythere* (ostracode) dans le Crétacé inférieur vocontien, Evolution of Post-Paleozoic Ostracoda, Abh. Verh. Naturwiss. Ver. Hamburg. (NF) 18/19 (suppl) (1976) 239–246.
- [6] F. Duffaud, L. Brun, B. Plauchut, Le bassin du Sud-Ouest marocain, in: D. Peyres (Ed.), Bassins sédimentaires du littoral africain, Ass. Serv. Géol. Africains, Paris, première partie, 1966, pp. 5–12.
- [7] M. Ettachfini, Le Valanginien de l'Atlas atlantique : stratigraphie et ammonitofaune, thèse de 3^e cycle, université Cadi-Ayyad, Marrakech, Maroc, 1991 134 p.
- [8] O. Jarvinen, Geographical gradient of stability in European land bird communities, *Oecologia* 38 (1979) 51–69.
- [9] C. Marrakchi, Dynamique et paléoenvironnement du bassin d'Essaouira-Agadir au passage Jurassique-Crétacé : approches quantitatives, École nationale supérieure des mines de Paris, Mém. Sci. Terre n° 20 (Paris, 1993) 162 p.
- [10] J. Remane, Calpionellids and the Jurassic-Cretaceous boundary, *Acta Geol. Hungarica*, Budapest 29 (1–2) (1986) 15–26.
- [11] J. Rey, J. Canérot, B. Peybernès, K. Taj-Eddine, J.P. Thieuloy, Lithostratigraphy, biostratigraphy and dynamics of the Lower Cretaceous deposits on the northern side of the High Atlas (Morocco), *Cretac. Res* 9 (1988) 141–158.
- [12] A. Rossi, Le Crétacé inférieur de l'anticlinal d'Ida Ou Zemzem (Atlas atlantique, Maroc), Stratigraphie séquentielle et évolution géodynamique, thèse de 3^e cycle, université Cadi-Ayyad, Marrakech, 1992 237 p.
- [13] K. Taj-Eddine, Le Jurassique terminal et le Crétacé basal dans l'Atlas atlantique (Maroc) : biostratigraphie, sédimentologie, stratigraphie séquentielle et géodynamique, thèse d'État, université Cadi-Ayyad, Marrakech, 1991 323 p.
- [14] A.L.E. Weisrock, Géomorphologie et paléoenvironnement de l'Atlas atlantique (Maroc), thèse d'État ès-lettres et sciences humaines, université Paris-1 (Panthéon-Sorbonne), 1980 931 p.