



Paléontologie générale, systématique et évolution (Micropaléontologie)

Les associations des calpionelles du Berriasien et du Valanginien inférieur de la Tunisie septentrionale. Comparaison avec les associations du Rif externe (Maroc)

Berriasian and Lower Valanginian calpionellids of northern Tunisia. Comparison with the associations of the external Rif chain (Morocco)

Sonia Ben Abdesselam-Mahdaoui^a, Mohamed Benzaggagh^{b,*}, Saloua Razgallah^a, Alouani Rebah^c, Benzarti Rakia^c

^a Département de géologie, université Almar, faculté des sciences, Tunis, Tunisie

^b Département de géologie, université Moulay Ismail, faculté des sciences, BP 11201, Beni M'Hamed, Meknès, Maroc

^c Département des sciences de la Terre, faculté des sciences de Bizerte, Jarzouna, Tunisie

IN F O A R T I C L E

Historique de l'article :

Reçu le 22 janvier 2010

Accepté après révision 18 mai 2011

Disponible sur internet le 23 juillet 2011

Présenté par Michel Durand-Delga

Mots clés :

Berriasien

Valanginien inférieur

Calpionelles

Zones

Sous-zones

Tunisie septentrionale

Keywords:

Berriasian

Lower Valanginian

Calpionellids

Zones

Subzones

Northern Tunisia

R É S U M É

L'étude de dix coupes levées dans des séries de la base du Crétacé et de plusieurs dizaines de lames minces issues de trois puits pétroliers a permis de mieux caractériser les associations des calpionelles des zones et des sous-zones du Berriasien et du Valanginien inférieur de la Tunisie septentrionale. Ainsi, les zones B et C montrent respectivement trois et deux niveaux d'associations correspondant à des sous-zones : B1, B2, B3 et C1, C2. Dans la zone D, on reconnaît les associations des sous-zones D1 et D2. La zone E a été caractérisée pour la première fois, sur la base de son espèce indice et des espèces associées, en Tunisie et sur la marge sud-téthysienne de l'Afrique du Nord.

© 2011 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

A B S T R A C T

The study of ten thin sections from outcrops from Lower Cretaceous deposits and several thin sections obtained from three petroleum wells, allow us to better characterize the associations of calpionellid zones and subzones of the Berriasian and Lower Valanginian in northern Tunisia. The B and C zones, respectively, show three and two levels with calpionellid associations corresponding to B1, B2, B3 and C1, C2 subzones. In the D zone, associations of the D1 and D2 subzones were identified. The E zone has been characterized for the first time in Tunisia and in southern-Tethyan margin of North Africa, on the basis of its index specie and associated species.

© 2011 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

* Auteur correspondant.

Adresses e-mail : benzaggagh@gmail.com, mohamedbenz63@yahoo.fr (M. Benzaggagh).

Abridged English version

Introduction

The study of thin sections derived from ten outcrop sections (Figs. 1, 2) belonging to the Tunisian Trough (**SK**, Jebel Skkal; **AM2**, J. Amar; **OU1**, **OU2**, **OU3**, F, J. Oust and **RO**, J. Rouas) and Tunisian Dorsal (**ZR**, J. Zaress; **ZG**, J. Zaghouan and **J. Guebli**) and the analysis of several thin sections made from material collected from three petroleum wells (**CB1**, **CB7** and **CB101**), allow us to characterize the associations of calpionellid zones and subzones of the Berriasian and Lower Valanginian in northern Tunisia. The CB1 (3336.80 m depth), CB7 (5343 m) and CB101 (2420.60 m) petroleum wells are located in “Cap Bon” (Fig. 1). Working at these wells ended, respectively, in 1949, 1952 and 1965.

Techniques in the preparation of thin sections from petroleum wells

The thin sections from petroleum wells were numbered according to the depth of the sample. In each thin section, one or several centimetric lithoclasts, gathered from the bottom of petroleum well, were fixed (there was a mixture of lithoclasts). In the same thin section, we find some lithoclasts showing the association of different calpionellid zones or subzones. In each thin section, we distinguish the lithoclasts containing calpionellid associations corresponding to the stratigraphic level indicated by the number of the thin section “autochthonous lithoclasts” and other lithoclasts showing most recent calpionellid associations (reworked lithoclasts).

The zonation used

We use the standard scale of calpionellids established in Vocontien Basin of Southeast France (Allemann and Remane, 1979; Remane, 1971). This scale is improved in the B zone (apogee of *Calpionella alpina*) and the C zone (presence of *C. elliptica*) by the data of the external Rif chain (Benzaggagh, 2000; Benzaggagh and Atrops, 1995). In this region, the B and C calpionellid zones were subdivided into five subzones: B1, B2, B3 and C1, C2. In the B1 subzone, *C. alpina* is dominant, *Crassicollaria parvula* is frequent and *Tintinnopsella carpathica* is rare. The B2 subzone contains *C. alpina*, *Remaniella duranddelgai* and *T. carpathica*. In the B3 subzone, we find *C. aff. elliptica* in addition to the species of the previous subzone. The C1 subzone is richer in *C. alpina* than in *T. carpathica*. The C2 subzone, dominated by *T. carpathica*, contains *R. ferasini* and *R. colomi*. The D and E zones are characterized by the presence of *Calpionellopsis* (*Cps*) and *Calpionellites* (*Cts*) genera, respectively.

Stratigraphic data and calpionellid zones of studied sections and petroleum wells

Tunisian Trough sections: F, SK, AM2, OU2, OU1, OU3 and RO (Fig. 2)

In these sections, the B1 subzone, represented in the beds F301–302, SK13–34, AM2/9a–10, OU2/1–19, OU1/28–30 and RO583–585, contains *C. alpina* (Plate 1, Fig. 1),

Cr. parvula (Plate 1, Fig. 3) and *T. carpathica* (Plate 1, Fig. 4). The B2 subzone was characterized in the beds F303–306, SK39–43, AM2/13–34, OU2/20–47, OU1/31–56 and RO586 by the presence of *C. alpina*, *R. duranddelgai* (Plate 1 Fig. 7) and *T. carpathica*. The B3 subzone, corresponding to the beds SK46–60, AM2/35–39, OU2/47 and RO567, contains *C. aff. elliptica* (Plate 1, Fig. 5), *R. duranddelgai* (Plate 1, Fig. 6), *T. carpathica* and *C. alpina*. The C1 subzone was characterized only in bed 588 at the RO section. The C2 subzone, represented in the beds F307, SK69, OU2/51–59, OU1/57–65, OU3/1–18, contains *C. elliptica* (Plate 1, Fig. 8), *T. carpathica*, *T. longa* (Plate 1, Fig. 13), *C. aff. elliptica*, *C. alpina* (Plate 1, Fig. 2), *R. cadischiana*, *R. ferasini* (Plate 1, Figs. 11, 12) and *R. colomi* (Plate 1, Fig. 10). In the beds F307, OU2/59, OU1/65 and OU3/18 of the top of the C2 subzone, *C. elliptica* has an atypical form presenting contracting shoulders which are situated under the collar (Plate 1, Fig. 9). This form characterizes, in the external Rif area, the top of the C zone. The D1 subzone is characterized in the beds F308–316, OU3/22–33 and RO589 by the presence of *Cps. simplex*, *T. carpathica*, *R. cadischiana*, *T. longa* and *C. alpina*. The beds F308–310 contain atypical *Cps. simplex*, showing a short lorica, associated with atypical *C. elliptica* and *T. carpathica*, *R. ferasini*, *T. longa*, *C. alpina*. The D2 subzone is well characterized in the bed F317 by the presence of *Cps. oblonga*, *Cps. simplex*, *T. carpathica* and *R. cadischiana*.

Tunisian Dorsal sections: ZR, ZG (Fig. 2) and Jebel Guebli

The beds ZR295, ZG523–526 show the association of B1 subzone. The B2 subzone is represented in the beds ZR297–300. Two samples taken from the top of Jurassic calcareous formation of Jebel Guebli allow us to characterize the D2 subzone, which contains: *Cps. simplex* (Plate 1, Figs. 14, 15), *Cps. oblonga* (Plate 1, Figs. 16, 17), *T. carpathica*, *T. longa*, *R. cadischiana* and *C. alpina* and E zone, rich in *T. longa* (Plate 1, Fig. 18) and contains *R. murgeanui* (Plate 1, Fig. 19), *R. cadischiana*, *Cts. darderi* (Plate 1, Fig. 20), *Praetintinnopsella dadayi* (Knauer) (Plate 1, Fig. 22), *P. cf. dadayi* (Plate 1, Fig. 24), *Cts. cf. caravacaensis*, (Plate 1, Fig. 21), *T. carpathica*, *Borziella aff. atava* (Plate 1, Fig. 23) and rare *Cps. oblonga* and *C. alpina*.

CB1, CB101 and CB7 petroleum wells (Fig. 3)

Thin sections from petroleum wells contain “autochthonous” or reworked lithoclasts. Such lithoclasts allow the recognition of the calpionellid associations of B1, B3, C1, C2, D1 subzones in the three studied petroleum wells; B2 subzone in CB7 and CB101 wells; D2 subzone and E zone in CB101 well and A3 subzone, of Upper Tithonian, in the wells CB7 and CB1.

Zonal and subzonal calpionellid associations of the Lower Cretaceous in northern Tunisia

The B, C, D and E zones were well characterized through the sections at outcrop and in the studied petroleum wells. In the B and C zones, we recognize the subzones: B1, rich in *C. alpina*, associated with *Cr. parvula* and *T. carpathica*; B2, marked by the presence of *R. duranddelgai*; B3 contains *C. aff. elliptica*, *T. carpathica* and *R. duranddelgai*; C1, marked

by the abundance of *C. alpina* in comparison to the *T. carpathica* and C2, richer in *T. carpathica* than in *C. alpina* and containing *R. ferasini* and *R. colomi*. The top of this subzone shows a horizon displaying an atypical form of *C. elliptica*. The D1 subzone association can be characterized in F, OU3, RO sections and in the three petroleum wells. Its base is marked by the presence of *Cps. simplex* with a short lorica, which was associated with atypical *C. elliptica*. The levels of D2 subzone were characterized in the F section, in Jebel Guebli and in the CB7 petroleum well. The D3 subzone was not identified. The E zone was characterized in Jebel Guebli and in the CB101 petroleum well by the presence of *Calpionellites*, *Praecalpionellites*, and *Remaniella* genera. The zonal and subzonal calpionellid associations, which have been characterized, are similar to those of the external Rif chain and southern Europe.

Conclusion

In North Tunisia's series of Lower Cretaceous as well as in the external Rif chain, the B and C calpionellid zones show, respectively, three and two associations which are equivalent to the subzones: B1, B2, B3 and C1, C2. In the D zone, the associations of the D1 and D2 subzones have been characterized. The E zone is easily recognized by the presence of the genus *Calpionellites* and other associated species. The top of the C2 subzone is marked by the presence of an atypical form of *C. elliptica*. The base of the D1 subzone contains *Cps. simplex* with a short lorica.

1. Introduction

La présence des calpionelles dans les séries de la base du Crétacé de la Tunisie septentrionale a été signalée dans plusieurs travaux (Bonfouf, 1972; Boughdiri et al., 2006; Combémourel et al., 1985; Colom et al., 1953; Donze et al., 1975; Memmi et Salaj, 1975). Les faciès et les zones de calpionelles du Berriasien ont été bien caractérisés grâce à l'étude de plusieurs coupes levées dans deux domaines paléogéographiques du Nord-Est de la Tunisie (Combémourel et al., 1985). Ainsi, au niveau de la Dorsale tunisienne (Fig. 1), le Berriasien est représenté par des faciès carbonatés d'épaisseur réduite, qui passent sur les bordures est et ouest à des faciès marno-calcaires de transition. Dans le Sillon tunisien, les faciès sont marneux ou marno-calcaires, pélagiques, en séries plus épaisses. Toutefois les associations des zones et des sous-zones de calpionelles du Berriasien y restent mal définies. Afin de mieux caractériser ces associations, nous avons étudié dix coupes levées par nous-mêmes ou empruntées à la Société de recherche et d'exploitation du pétrole en Tunisie (SEREPT). Les données de ces coupes ont été complétées par l'étude de plusieurs dizaines de lames minces issues de trois puits pétroliers réalisés par la SEREPT au cap Bon (Fig. 1). La richesse en espèces de calpionelles, aussi bien dans les lames des coupes de terrain, que dans celles des puits pétroliers, nous a permis de caractériser les associations des zones et des sous-zones du Berriasien et du Valanginien inférieur et d'établir des comparaisons avec les associations définies dans d'autres secteurs de la Téthys occidentale, en particulier le Rif externe qui

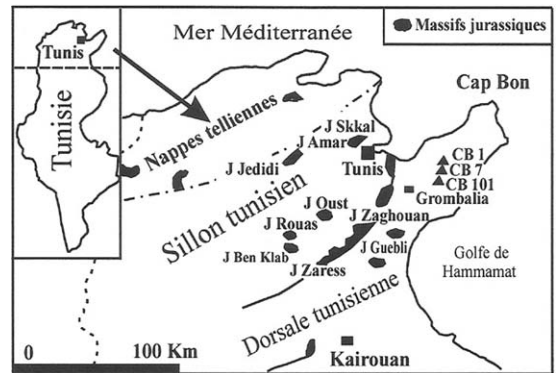


Fig. 1. Carte simplifiée du Nord de la Tunisie et situation des Jebels et des puits pétroliers étudiés.

Fig. 1. Simplified map of northern Tunisia and location of studied Jebels and petroleum wells.

appartient, comme la Tunisie septentrionale, à la marge sud-téthysienne.

2. Données sur les coupes et les puits étudiés

Nous avons étudié les niveaux du Crétacé inférieur dans dix coupes appartenant au Sillon (SK, Jebel Skkal; AM2, J. Amar; OU1, OU2, OU3, F, J. Oust et RO, J. Rouas) ou à la Dorsale tunisiens (ZR, J. Zaress; ZG, J. Zaghouan et J. Guebli). Les coupes F, ZR, ZG et RO ont été empruntées à la SEREPT. Les puits pétroliers CB1, CB7 et CB101, achevés respectivement en 1949, 1952 et 1965, ont atteint des profondeurs respectives de 3336,80 m, 5343 m et 2420,60 m.

3. Technique de préparation des lames minces des puits pétroliers

Les lames provenant des puits pétroliers sont numérotées en fonction de la profondeur du niveau de prélèvement. Sur chaque lame, on a fixé un ou plusieurs échantillons de taille centimétrique, récupérés au fond du puits dans des mélanges de galets. Le but est de pouvoir déterminer l'âge d'une formation, plutôt que celui d'une couche précise. Ainsi, dans une même lame mince, on rencontre souvent des lithoclastes montrant des associations de calpionelles correspondant à des zones ou à des sous-zones différentes. Par conséquent, l'âge du niveau stratigraphique correspondant à la référence d'une lame donnée sera, au moins, celui du lithoclaste qui contient l'association des calpionelles la plus ancienne. Celui-ci, qualifié d'«autochtone», est considéré comme issu du niveau stratigraphique le plus bas atteint par le forage lors de l'échantillonnage. Les lithoclastes de la même lame qui montrent des associations d'âge plus récent ont été donc remaniés depuis des niveaux plus hauts.

4. Zonation utilisée

Nous avons utilisé la zonation standard des calpionelles, établie pour le Bassin vocontien du Sud-Est de la France (Allemann et Remane, 1979; Remane, 1971), complétée pour les zones B (apogée de *Calpionella alpina*

LORENZ) et C (présence de *C. elliptica* CADISCH) par les données du Rif externe (Benzaggagh, 2000; Benzaggagh et Atrops, 1995). Dans ce secteur, les zones B et C ont été subdivisées en sous-zones B1, B2, B3 et C1, C2. La s.-z. B1 est dominée par *C. alpina* de taille petite, associée à de fréquentes *Crassicollaria parvula* REMANE et à de rares *Tintinnopsella carpathica* (MURGEANU et FILIPESCU) de taille petite. La s.-z. B2, toujours dominée par *C. alpina*, contient *Remaniella duranddelgai* POP [= *R. ferasini* (CATALANO); Benzaggagh, 2000, Pl. 6/4] et *T. carpathica*. La s.-z. B3 contient *C. aff. elliptica*, *R. duranddelgai*, *C. alpina* de taille variable et *T. carpathica* de taille moyenne. La s.-z. C1 est plus riche en *C. alpina* qu'en *T. carpathica*. La s.-z. C2 est dominée par *T. carpathica* de taille variable, associée à *R. ferasini* (= *R. ferasini* à lorica large; Benzaggagh, 2000, Pl. 6/7) et *R. colomi* POP (= *R. ferasini* à lorica allongée; Benzaggagh, 2000, Pl. 6/8). Les zones D et E se distinguent respectivement par la présence des genres *Calpionellopsis* (*Cps*) et *Calpionellites* (*Cts.*) et elles sont souvent riches en espèces des genres *Remaniella* (*R.*) et *Praecalpionellites* (*P.*).

5. Données stratigraphiques et zones des calpionelles des coupes et des puits étudiés

5.1. Coupes du Sillon tunisien : SK, AM2, F, OU2, OU1, OU3 et RO

5.1.1. Coupes SK et AM2

Dans ces deux coupes, correspondant aux Jebels Amar et Skkal, situés à une vingtaine de kilomètres au nord-ouest de Tunis, les séries berriasiennes sont marneuses ou marmo-calcaires (Fig. 2). Les bancs de calcaire argileux sont formés de micrite, rarement de biomicrite, pauvres en calpionelles, souvent mal conservées. La s.-z. B1 correspond aux bancs SK13–34 et AM2/9a–10 qui contiennent *C. alpina*, *Cr. parvula* et de rares *T. carpathica*. La s.-z. B2 a été caractérisée dans les bancs SK39–43 et AM2/13–34 par la présence de *R. duranddelgai*, *C. alpina* et *T. carpathica*. Les bancs SK46–60 et AM2/35–37, qui renferment *C. aff. elliptica* (Planche 1, Fig. 5), *R. duranddelgai* (Planche 1, Fig. 6), *T. carpathica* et *C. alpina* de taille variable, correspondent à la s.-z. B3. Les niveaux SK62–69 appartiennent à la s.-z. C2. On y rencontre les vraies *C. elliptica* (forme allongée, à parois parallèles), ainsi que *R. ferasini*, *R. colomi*, *C. aff. elliptica*, *C. alpina* et *T. carpathica* de taille variable. Au-dessus des bancs SK69 et AM2/37, le faciès devient argilo-silteux, azoïque.

5.1.2. Coupes F, OU2, OU1 et OU3

Ces coupes ont été levées dans des niveaux alternants du flanc nord-ouest du Jebel Oust, 60 km au sud-ouest de Tunis. Le microfaciès y est constitué de micrite ou de biomicrite, riche en calpionelles. Les coupes OU2 et OU1 montrent des couches synchrones et elles sont complétées vers le haut par la coupe OU3. Dans les bancs F301–302, OU2/1–19 et OU1/28–30 de la s.-z. B1, on rencontre *C. alpina* (Planche 1, Fig. 1), *Cr. parvula* (Planche 1, Fig. 3) et *T. carpathica* (Planche 1, Fig. 4). Les bancs F303–306, OU2/20–47 et OU1/31–56 renferment une association de la s.-z. B2, caractérisée par la présence de *R. duranddelgai* (Planche 1, Fig. 7). Dans le banc OU2/48, *T. carpathica* devient plus fréquente et de taille

plus grande (s.-z. B3). Les bancs F307, OU2/51–59, OU1/57–65 et OU3/1–18 livrent des calpionelles de la s.-z. C2, avec *T. carpathica* (Planche 1, Fig. 13) (abondante), *C. elliptica* (Planche 1, Fig. 8), *C. aff. elliptica*, *C. alpina* (Planche 1, Fig. 2) et *R. cadischiana* (COLOM). L'élément le plus marquant de ces niveaux est l'explosion du genre *Remaniella* qui est représenté par *R. ferasini* (Planche 1, Fig. 11, 12) et *R. colomi* (Planche 1, Fig. 10). Dans les bancs F307, OU2/59, OU1/65 et OU3/18, les loricas de *C. elliptica* présentent un rétrécissement de l'épaulement situé sous le col (Planche 1, Fig. 9). Cette forme atypique marque, dans le Rif externe, le sommet de la zone C et l'extrême base de la s.-z. D1. Dans les bancs F308–310, on note la présence d'une forme atypique de *Cps. simplex*, à lorica courte, associée à *C. elliptica* atypique, *T. carpathica*, *R. colomi*, *T. longa* et *C. alpina*. Les bancs F311–316 et OU3/22–33 fournissent une association de la s.-z. D1, avec *Cps. simplex*, *T. carpathica* de grande taille (abondante), *R. cadischiana*, *T. longa* (fréquentes) et de rares *C. alpina* atypiques (lorica petite, sphérique, à col court). Le banc F317 montre une association de la s.-z. D2, constituée de *Cps. oblonga*, *Cps. simplex*, *T. carpathica* et *R. cadischiana*. Dans ces coupes, les niveaux des sous-zones B3 et C1 sont lacuneux ou d'épaisseur réduite.

5.1.3. Coupe RO

La série berriasienne y est condensée. Les bancs RO583–585 contiennent une association de la s.-z. B1. La s.-z. B2 est représentée dans le banc RO586. Le niveau RO587, plus riche en *R. duranddelgai* et *T. carpathica*, appartient à la s.-z. B3. Le banc RO588 montre une association de la s.-z. C1. La s.-z. D1 a été caractérisée dans le banc RO589, qui contient *Cps. simplex*, *C. elliptica* atypique, *T. carpathica*, *R. cadischiana*, *R. ferasini* et *C. alpina*.

5.2. Coupes de la Dorsale tunisienne : ZR, ZG et Jebel Guebli

5.2.1. Coupes ZR et ZG

Dans ces deux coupes (Fig. 2), la série berriasienne est carbonatée, lacuneuse ou incomplète. Les bancs ZR295 et ZG523–526 livrent des calpionelles de la s.-z. B1. La s.-z. B2 est représentée dans les bancs 297–300 de la coupe ZR.

5.2.2. Jebel Guebli

Deux échantillons espacés d'environ 2 m ont été prélevés dans une galerie minière située entre les calcaires du Jurassique dont le sommet est attribué au Tithonien (Bolze et Sigal, 1964; Bonnefous, 1972) et les calcaires du Campanien. Le premier montre une association de la s.-z. D2, avec *Cps. simplex* (Planche 1, Fig. 14, 15), *Cps. oblonga* (Planche 1, Fig. 16, 17), *T. carpathica*, *T. longa*, *R. cadischiana* et de rares *C. alpina* atypiques. Le deuxième renferme une association de la zone E, riche en *T. Carpathica*, en majorité des formes de grande taille et contenant *Cts. darderi* (COLOM) (Planche 1, Fig. 20), *Cts. cf. caravacaensis* ALLEMANN (Planche 1, Fig. 21), *R. murgeanui* (POP) (Planche 1, Fig. 19), *P. dadayi* (Knauer) (Planche 1, Fig. 22), *P. cf. dadayi* (Planche 1, Fig. 24), *R. cadischiana*, *Borziella aff. atava* (Grün and Blau, 1996, 1997) (Planche 1, Fig. 23), *T. longa* (Planche 1, Fig. 18) et de rares *Cps. oblonga* et *C. alpina*. On peut conclure que, dans le secteur du Jebel Guebli, le sommet

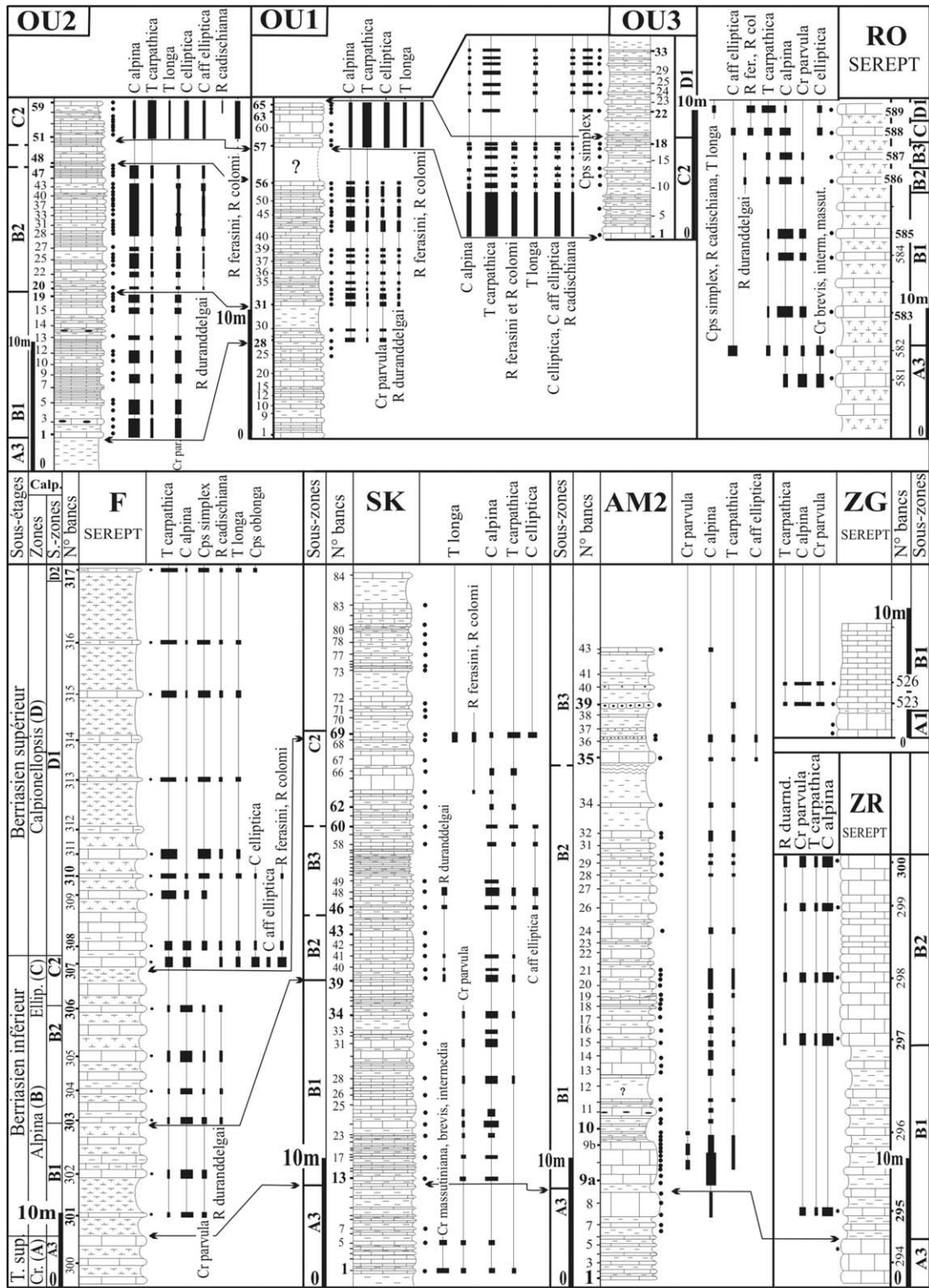
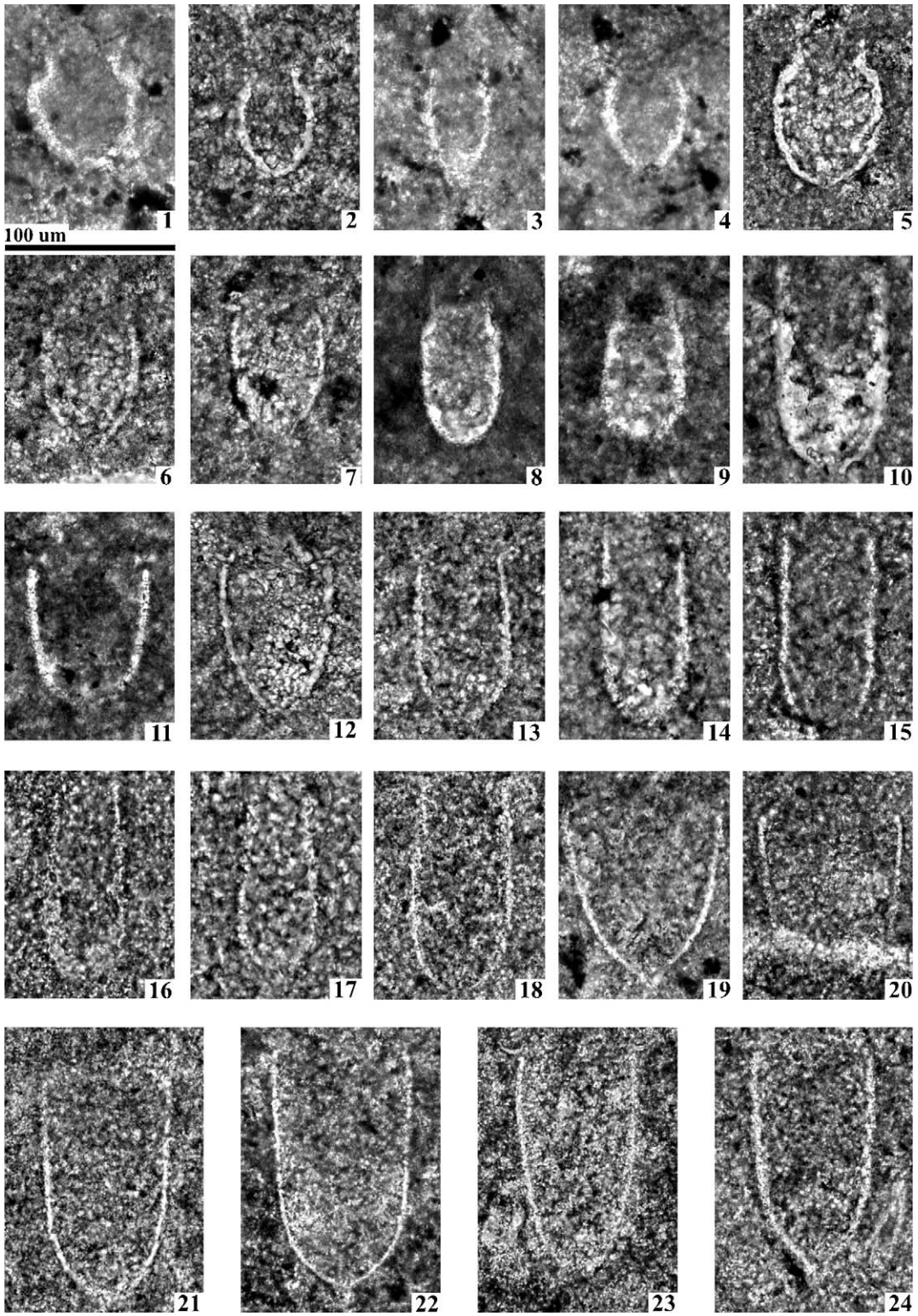


Fig. 2. Logs des coupes étudiées : zonation, répartition des espèces des calpionelles et corrélations. Coupes F, OU1, OU2, OU3 (J. Oust), SK (J. Skkal), AM2 (J. Amar), ZR (J. Zaress), ZG (J. Zeghouan), RO (J. Rouas).

Fig. 2. Logs of studied sections: zonation, distribution of calpionellids and correlations. Outcrop sections F, OU1, OU2, OU3 (J. Oust), SK (J. Skkal), AM2 (J. Amar), ZR (J. Zaress), ZG (J. Zeghouan), RO (J. Rouas).



de la formation carbonatée inférieure est d'âge au moins Valanginien inférieur au lieu du Tithonien, comme il était admis auparavant.

5.3. Puits pétroliers CB1, CB101 et CB7

Ces trois puits pétroliers (Fig. 3) ont permis de mettre en évidence la présence, en sub-surface, dans la partie nord-est de la Tunisie, de séries berriasien et valanginiennes sous faciès marneux ou marno-calcaires semblables aux faciès du Sillon tunisien.

5.3.1. Puits CB1

Dans le rapport inédit relatif à ce puits, les géologues de la SEREPT ont distingué trois niveaux à calpionelles (Fig. 3), de haut en bas : un niveau marneux, entre –1850 et –1905 m, daté de la zone à *Calpionella elliptica*, mise en équivalence du Valanginien-Hauterivien ; un niveau marno-calcaire (–1905 à –1933 m) attribué au Berriasien grâce à la présence de *C. alpina* et un niveau d'alternance de marnes et de calcaires (–1933 à –1996 m) daté du Tithonien par la présence exclusive de *C. alpina*. Les associations des calpionelles dans les lithoclastes des lames –1869, –1870, –1872 et –1921 m montrent que ces derniers proviennent de niveaux stratigraphiques, en accord avec les profondeurs indiquées par les numéros des lames qui les contiennent. Les lithoclastes des lames –1869, –1870, –1872 m montrent des associations de la s.-z. D1, avec *Cps. simplex*, *T. longa*, *R. cadischiana* et *T. carpathica*. Celles des lithoclastes de la lame –1921 sont riches en différentes espèces de *Crassicollaria* de la s.-z. A3. Les lames –1918 (deux lames), –1915 (deux lames), –1932 (une lame) et une lame marquée intervalle –1918 à –1921 m renferment des lithoclastes, tous remaniés, issus de niveaux stratigraphiques plus hauts que les niveaux correspondant aux références de ces lames. Les deux lames –1915 et une lame –1918 contiennent des calpionelles des s.-z. C1 et C2, avec *C. elliptica*, *R. ferasini*, *R. colomi*, *C. aff. elliptica*, *C. alpina*, *T. carpathica*, *T. longa* et *R. cadischiana*. Les associations de la lame « intervalle –1918 à –1921 » et de la deuxième lame –1918 évoquent la s.-z. B3, avec *C. aff. elliptica*, *R. duranddelgai*, *T. carpathica* et *C. alpina*. La lame –1932, qui appartient à des niveaux du Tithonien supérieur, renferme aussi des lithoclastes de la s.-z. B1. Les lames de ce puits ont permis de caractériser les s.-z. D1, C1, C2, B1 et B3 du Berriasien, ainsi que la s.-z. A3 du sommet du Tithonien.

5.3.2. Puits CB7

Dans les niveaux du Crétacé inférieur de ce puits, entre –1153 et –2070 m, on a défini (SEREPT) cinq unités lithologiques nommées de a à e. Les unités inférieures d (–1946 à –2017 m) et e (–2017 à –2070 m), constituées de marnes silteuses et de calcaires argileux, ont été attribuées au Valanginien et au Berriasien grâce à la présence de calpionelles, mais seule l'espèce *Cps. thalmanni* (COLOM) (= *Cps. oblonga*), considérée comme indicatrice du Valanginien, a été citée pour l'unité d (rapport inédit). Les lames –1965 à –2000 m de ce puits, contiennent des lithoclastes « autochtones » de calcaire argileux, pauvres en calpionelles de la zone D, avec *Cps. simplex* (lame –1975), *T. carpathica* (–2000), *Lorenziella* sp. (–1980), *R. murgeanui* (–1965 et –1985). La lame –2010 renferme des lithoclastes « autochtones » de la s.-z. D1 : *Cps. simplex*, *T. longa*, *T. carpathica*, *C. alpina* et *R. cadischiana*. Les lames –2015 à –2022 contiennent des lithoclastes remaniés ou en place appartenant à la zone C, surtout la s.-z. C2, avec *C. elliptica*, *C. aff. elliptica*, *R. ferasini*, *R. colomi*, *T. carpathica*, *C. alpina*, *T. longa* et *R. cadischiana*. Un lithoclaste plus ou moins « autochtone » de la lame –2021 et d'autres remaniés des lames –2028 et –2034 montrent des associations de la s.-z. B3. Les associations des s.-z. B2 et B1 se rencontrent dans des lithoclastes « autochtones » des lames –2025, –2030, –2038 (s.-z. B2) et –2040,1, –2041 (s.-z. B1) ou remaniés des lames –2041,7, –2045 (s.-z. B2) et –2050 (s.-z. B1). Cette dernière lame contient aussi des lithoclastes riches en *Crassicollaria* de la s.-z. A3. Dans ce puits, les s.-z. D1, C1, mais surtout C2, B3, B2, B1 et A3 sont bien représentées.

5.3.3. Puits CB 101

Les niveaux du Crétacé inférieur de ce puits ont été caractérisés par analogie de faciès avec les puits précédents (SEREPT). Le Valanginien, entre –2230 et –2405 m, est représenté par des argiles silteuses et de minces lits de calcaire marneux. Le Berriasien (–2405 à –2437 m) plus calcaire à la base est marneux ou marno-calcaire au sommet. Aucune espèce de calpionelles n'a été citée dans le rapport inédit relatif à ce puits. Cependant, les lames de ce dernier sont souvent riches en calpionelles. L'association *Cts. darderi*, *R. sp.* et *T. carpathica* de la lame –2349 m indique la zone E. Les lames –2374, –2382 et –2407 renferment des lithoclastes plus ou moins « autochtones » montrant des associations de la s.-z. D2, avec *Cps. oblonga*, *Cps. simplex*, *R. cadischiana*,

Planche 1. 1. *C. alpina*, forme de taille moyenne, lorica ovale aplatie, plus haute que large (sous le col), espèce caractéristique de la base de la zone B, coupe OU1 banc 30, s.-z. B1. 2. *C. alpina*, forme de taille petite, lorica allongée, OU1/63, s.-z. C2. 3. *Cr. parvula*, OU1/30, s.-z. B1. 4. *T. carpathica*, forme de taille petite, col mal conservé, OU1/30, s.-z. B1. 5. *C. aff. elliptica*, SK46, s.-z. B3. 6 et 7. *R. duranddelgai*, SK46, s.-z. B3 et OU1/31, s.-z. B2. 8. *C. elliptica*, lorica allongée, parois parallèles, OU1/64, s.-z. C2. 9. *C. elliptica*, forme atypique, parois convergent vers l'ouverture, avec rétrécissement de l'épaule situé sous le col, OU1/63, s.-z. C2. 10. *R. colomi*, lorica allongée, OU1/63, s.-z. C2. 11. et 12. *R. ferasini*, lorica large, OU1/65, s.-z. C2. 13. *T. carpathica*, grande taille, OU1/65, s.-z. C2. 14. et 15. *Cps. simplex*. 16–17. *Cps. oblonga*. 18. *T. longa*. 19. *R. murgeanui*. 20. *Cts. darderi*. 21. *Cts. caravacaensis*. 22. *P. dadayi*. 23. *B. aff. atava*. 24. *P. cf. dadayi*. 14–17, s.-z. D2, 18–24, zone E, J. Guebli.

Plate 1. 1. *C. alpina*, middle-sized form, flattened oval lorica, higher than wide (under the collar), species characteristic of the base B zone, section OU1, bed 30, B1 subzone. 2. *C. alpina*, small-sized form, elongated lorica, OU1/63, C2 subzone. 3. *Cr. parvula*, OU1/30, B1 subzone. 4. *T. carpathica*, badly preserved collar, OU1/30, B1 subzone. 5. *C. aff. elliptica*, SK46, B3 subzone. 6 and 7. *R. duranddelgai*, SK46, B3 subzone and OU1/31, B2 subzone. 8. *C. elliptica*, elongated lorica, parallel walls, OU1/64, C2 subzone. 9. *C. elliptica*, atypical form, walls converging towards the opening, with narrowing of the shoulder situated under the collar, OU1/63, C2 subzone. 10. *R. colomi*, elongated lorica, OU1/63, C2 subzone. 11. and 12. *R. ferasini*, large lorica, OU1/65, C2 subzone. 13. *T. carpathica*, large-sized form, OU1/65, C2 subzone. 14. and 15. *Cps. simplex*. 16–17. *Cps. oblonga*. 18. *T. longa*. 19. *R. murgeanui*. 20. *Cts. Darderi*. 21. *Cts. caravacaensis*. 22. *P. dadayi*. 23. *B. aff. atava*. 24. *P. cf. dadayi*. 14–17, D2 subzone, 18–24, E zone, J. Guebli.

T. longa, *T. carpathica* et *C. alpina* (lame –2374) et de la s.-z. D1 dans les lames –2382 et –2407 qui sont riches en *Cps. simplex*. Des associations de la s.-z. D2 se rencontrent aussi dans des lithoclastes remaniés des lames –2404, –2408 et –2409 m. Les lames –2409, –2411, –2414 et –2416,5 m contiennent des éléments pour la plupart « autochtones », appartenant aux s.-z. C1, B3, mais surtout C2. Les associations des s.-z. B2 et B1 se rencontrent dans des lithoclastes « autochtones » des lames –2424, –2429 (s.-z. B2) et –2434, –2436, –2437 (s.-z. B1). Dans ce puits, les s.-z. D2, D1, C2, C1, B3, B2, B1 et la zone E sont bien représentées.

6. Associations des zones et des sous-zones des calpionelles de la base du Crétacé du Nord de la Tunisie

Les zones B, C, D et E des calpionelles ont été bien caractérisées dans les coupes et les puits étudiés. Les zones B et C montrent des associations semblables à celles du Rif externe. La s.-z. B1 est riche en *C. alpina*, associée à de fréquentes *Cr. parvula* et à de rares *T. carpathica*. La s.-z. B2 contient *C. alpina*, *Cr. parvula*, *T. carpathica* et *R. duranddelgai*. La s.-z. B3 renferme *C. aff. elliptica*, *C. alpina* (taille variable), *T. carpathica* (taille moyenne) et *R. duranddelgai*. Les s.-z. B1 et B2 sont largement représentées dans les coupes et les puits étudiés. Les s.-z. B3 et C1 correspondent souvent à des lacunes. La s.-z. C2 a été caractérisée dans les coupes OU1, OU2, OU3, F, SK et dans les trois puits pétroliers. *T. carpathica* de taille variable y est abondante, associée à *C. elliptica*, *C. aff. elliptica*, *T. longa*, *R. ferasini*, *R. colomi* et à de rares *R. cadischiana*. À son sommet, on rencontre une forme atypique de *C. elliptica*. Les niveaux de la zone D sont souvent lacuneux, incomplets ou azoïques. La s.-z. D1, riche en *Cps. simplex*, associées à *T. carpathica*, *T. longa*, *R. cadischiana*, est représentée dans les coupes F, OU3, RO et dans les trois puits pétroliers. Son extrême base montre un horizon contenant une forme atypique de *Cps. simplex*, associée aux dernières *C. elliptica* atypiques. La s.-z. D2, qui contient *Cps. simplex*, *Cps. oblonga*, *T. carpathica*, *T. longa*, *R. cadischiana* et de rares *C. alpina*, a été caractérisée au sommet de la coupe F, au Jebel Guebli et dans le puits CB101. La s.-z. D3 n'a pas été caractérisée. La zone E, riche en *T. carpathica* de grande taille et contenant *Cts. darderi*, *Cts. cf. caravacaensis*, *R. murgeanui*, *R. cadischiana*, *P. dadayi*, *B. aff. atava*, *T. longa* et de rares *Cps. oblonga*, a été caractérisée au Jebel Guebli et dans les puits CB101.

7. Conclusion

Dans les séries du Nord de la Tunisie, comme dans celles du Rif externe, les zones B et C des calpionelles montrent respectivement trois et deux niveaux d'association correspondant à des sous-zones : B1, B2, B3 et C1, C2. La s.-z. C2 est dominée par *T. carpathica* et elle contient *R. ferasini*

et *R. colomi*. Son sommet est marqué par la présence d'une forme atypique de *C. elliptica*. Les s.-z. D1, D2 et la zone E renferment les mêmes associations que celles des séries du Rif externe (zone D) et de l'Europe méridionale (zones D et E). La base de la s.-z. D1 contient des formes atypiques de *Cps. simplex* et de *C. elliptica*.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier vivement le Professeur Michel Durand-Delga pour ses remarques et ses suggestions scientifiques qui ont été précieuses pour la mise en forme de ce manuscrit ; le Professeur William Wimbledon de l'Université de Bristol pour la révision de l'anglais de la version abrégée ; ainsi que la direction de la SEREPT pour avoir mis à notre disposition les documents et les lames des coupes et des puits pétroliers étudiés.

Références

- Allemann, F., Remane, J., 1979. Les faunes de calpionelles du Berriasien supérieur/Valanginien. Les stratotypes français, CNRS 6, 99–109.
- Benzaggagh, M., 2000. Le Malm supérieur et le Berriasien dans le Prérif et le Mésorif (Rif, Maroc). Biostratigraphie, lithostratigraphie, paléogéographie et évolution tectono-sédimentaire. Docum. Lab. Géol. Lyon 152, 346.
- Benzaggagh, M., Atrops, F., 1995. Données nouvelles sur la succession des calpionelles du Berriasien dans le Prérif interne et le Mésorif (Rif, Maroc). C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIa 321, 681–688.
- Bolze, J., Sigal, V., 1964. Précision sur la stratigraphie et les Foraminifères entre Zaghouan et le Ressa (Tunisie orientale). C. R. somm. Soc. géol. France 31–32.
- Bonnefous, J., 1972. Contribution à l'étude stratigraphique et micropaléontologique du Jurassique supérieur de Tunisie. Thèse d'Etat, Paris, 397 p.
- Boughdiri, M., Sallouhi, H., Mataoui, K., Soussi, M., Cordey, F., 2006. Calpionellid zonation of Jurassic-Cretaceous transition in North-Atlas Tunisia. Updated Upper Jurassic stratigraphy of the 'Tunisian trough' and regional correlations. C. R. Geoscience 338, 1250–1259.
- Colom, G., Castany, G., Durand Delga, M., 1953. Microfaunes pélagiques (Calpionelles, Fissurines) dans le NE de la Berbérie. Bul. Soc. géol. France 6 (3), 517–534.
- Combémourel, R., Donze, P., Le Hégarat, G., Memmi, L., 1985. Les dépôts du Jurassique terminal et du Crétacé basal en Tunisie nord-orientale. An. Mines et Géol., Tunis 31, 151–161.
- Donze, P., Le Hégarat, G., Memmi, L., 1975. Les formations de la limite Jurassique-Crétacé en Tunisie septentrionale (Jebel Oust). Série lithologique, résultats biostratigraphiques et paléogéographiques d'après les ammonites, les calpionelles et les ostracodes. Geobios 8, 147–151.
- Grün, B., Blau, J., 1996. Phylogenie, Systematic und Biostratigraphie der Calpionellidae Bonet, 1956: Neue Daten aus dem Rosso Ammonitico Superiore und dem Biancone (Oberjura/Unterkreid: Tithon - Valangin) von Ra Stua (Prov. Belluno, Italien). Rev. Paleobiol. 15 (2), 571–595.
- Grün, B., Blau, J., 1997. New aspects of calpionellid biochronology: proposal for a revised calpionellid zonal and subzonal division. Rev. Paleobiol. 16 (1), 197–214.
- Memmi, L., Salaj, J., 1975. Le Berriasien de la Tunisie. Succession de faunes d'ammonites, de Foraminifères et de Tintinnoidiens. Mém. BRGM 86, 58–67.
- Pop, G., 1996. Trois nouvelles espèces du genre *Remaniella* (Calpionellidae Bonet, 1956). C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIa 322, 317–323.
- Remane, J., 1971. Les Calpionelles, Protozoaires planctoniques des mers mésogéennes de l'époque secondaire. Extr. Ann. Guéb. 47, 1–25.