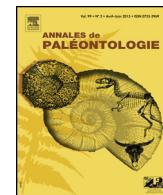




Disponible en ligne sur  
**ScienceDirect**  
[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

Elsevier Masson France  
**EM|consulte**  
[www.em-consulte.com](http://www.em-consulte.com)



## Article original

# Intérêt des kystes de dinoflagellés calcaires et du biomicrofaciès pélagique dans la datation des terrains du sommet du Jurassique et de la base du Berriasien dans le domaine téthysien occidental

*Importance of calcareous dinoflagellate cysts and of the pelagic biomicrofacies in dating the Upper Jurassic-Lowermost Berriasian deposits in the western tethyan realm*

Mohamed Benzaggagh<sup>a,\*</sup>, Catherine Homberg<sup>b</sup>, Johann Schnyders<sup>c</sup>, Saloua Razgallah<sup>d</sup>, Touria Hssaida<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Département de géologie, faculté des sciences, université Moulay-Ismail, BP 11.102, Jbabra, Zitoune, Meknès, Maroc

<sup>b</sup> CNRS, UMR 7193, Institut des sciences de la terre de Paris, 75005 Paris, France

<sup>c</sup> UPMC, UMR 7193, ISTE, université Paris 06, Sorbonne universités, 75005 Paris, France

<sup>d</sup> Département des sciences de la terre, faculté des sciences, université Tunis El Manar, 1060 Tunis, Tunisie

<sup>e</sup> Faculté des sciences de Ben M'Sik, université Hassan II Mohammmedia, avenue Cdt Driss El Harti, BP 7955, Ben M'Sik 20.800, Casablanca, Maroc

## INFO ARTICLE

### Historique de l'article :

Reçu le 17 février 2015

Accepté le 15 avril 2015

Disponible sur Internet le xxx

### Mots clés :

Kystes de dinoflagellés calcaires

Calpionnelles

Microfaciès

Jurassique supérieur

Berriasien inférieur

Téthys occidentale

## RÉSUMÉ

L'étude du biomicrofaciès d'un abondant matériel provenant de plusieurs coupes situées dans trois domaines paléogéographiques distincts et éloignés : Rif externe (Maroc); Bassin vocontien (SE France) et Tunisie septentrionale, confirme l'intérêt des associations des principaux groupes de microfaunes pélagiques dans la datation des terrains du Jurassique supérieur et de la base du Berriasien au sein de la Téthys occidentale. Parmi ces groupes, les crinoïdes saccocomidés, qui apparaissent fréquemment dans l'Oxfordien moyen, montrent, dans les trois bassins, une abondance à partir de la zone à *Hybonotum* et dominent par la suite la microfaune pélagique jusqu'à la disparition relative du groupe au sommet du Tithonien supérieur. Les kystes de dinoflagellés calcaires (dinokystes calcaires), dont deux espèces nouvelles, permettent de définir 10 biozones, dont 7 au moins, ont une valeur générale dans le domaine téthysien. Les biozones, définies tant pour les dinokystes calcaires que pour les saccocomidés, sont corrélées aux zones standards d'ammonites et de calpionnelles. Parmi les autres groupes pélagiques, les protoglobigérines, abondantes dans l'Oxfordien supérieur et à la base du Kimméridgien (zone à *Platynota*), sont rares, voire absentes dans les niveaux sus-jacents ; les microfilaments montrent dans les séries du Rif externe et du Nord de la Tunisie deux niveaux d'abondance, respectivement dans les zones à *Divisum* et à *Beckeri*, et disparaissent au sommet de cette dernière zone ; les chitinoidelles permettent de caractériser les niveaux de passage Tithonien inférieur (zone à *Ponti*)-Tithonien supérieur (zone à *Microcanthum*) ; les calpionnelles, apparaissant au sommet de la zone à *Microcanthum*, sont dominées par les espèces du genre *Crassicollaria* dans la zone à *Durangites* et *Calpionella alpina* dans la zone à *Euxinus* (base du Berriasien). Les *Globochaete*, souvent présents, ne deviennent réellement abondants qu'à partir de la base du Tithonien inférieur (zone à *Hybonotum*) et sont toujours abondants dans le Tithonien et le Berriasien inférieur. Les radiolaires montrent des répartitions stratigraphiques irrégulières. En utilisant ces différents groupes fossiles, 13 biozones d'extension concomitante sont définies pour l'intervalle stratigraphique étudié ; elles correspondent respectivement à l'Oxfordien supérieur-base du Kimméridgien (zone à *Platynota*), les zones à *Hypsocyclum*, *Divisum*, *Acanthicum-Eudoxus*, *Beckeri*, *Hybonotum*, *Darwini-Semiforme*, *Fallauxi*, *Ponti*, *Microcanthum pro parte*, partie supérieure de

\* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : [benzaggagh@gmail.com](mailto:benzaggagh@gmail.com) (M. Benzaggagh).

la zone à Microcanthum et inférieure de la zone à Durangites, partie supérieure de la zone à Durangites et inférieure de la zone à Euxinus. Le présent travail vise à établir une zonation biostratigraphique, meilleure et pratique, des dépôts du Jurassique supérieur et de la base du Berriasien des bassins de la Téthys occidentale, notamment en l'absence d'ammonites.

© 2015 Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

## A B S T R A C T

**Keywords:**  
Calcareous dinoflagellate cysts  
Calpionellids  
Microfacies  
Upper Jurassic  
Lowermost Berriasian  
Western Tethys

The study of several hundreds of thin sections from dozen outcrops in three different paleogeographic basins: the External Rif Range (Morocco), the Vocontian Basin (Southeastern France) and the northern Tunisia, has confirmed the importance of pelagic microfaunal associations to date the Upper Jurassic deposits. Among those palaeontological groups, crinoid saccocomids, which appear in the Middle Oxfordian, are thriving noticeably in the three basins at the base of the lower Tithonian substage (Hybonotum ammonite zone). Calcareous dinoflagellate cysts (two new species) were also used to characterize 10 biozones, 7 at least have a general value in the Tethyan realm. Protoglobigerines, abundant in the Upper Oxfordian and at the base of the Kimmeridgian (Platynota zone), are rare or absent in younger strata. In the external Rif and in northern Tunisia, microfilaments show two levels of abundance, respectively in the Divisum and the Beckeri zones. They disappear at the top of the latter zone. Chitinoïdellids were used to characterize the Lower Tithonian (Ponti zone)-Upper Tithonian (zone Microcanthum) boundary. Calpionellids, appearing at the top of the Microcanthum zone, are still abundant within the Durangites zone. *Globochaete*, often present, are really abundant only from the base of the Lower Tithonian and higher up throughout the Tithonian. Radiolarians show random stratigraphic distributions. Combining all these various fossil groups and their abundance, we define 13 biozones of concurrent range, which are well-correlated with ammonite zones. It corresponds respectively to the Upper Oxfordian-basal Kimmeridgian (Platynota zone), the Hypselocyclum zone, the Divisum zone, the Acanthicum-Eudoxus zones, the Beckeri zone, the Hybonotum zone, the Darwini-Semiforme zones, the Fallauxi zone, the Ponti zone, the Microcanthum pro parte zone, the upper part of the Microcanthum zone-lower part of the Durangites zone, the upper part of the Durangites zone and the lower part of the Euxinus zone. The present work aims to contribute towards to a better and more practical biostratigraphical zonation of the Upper Jurassic-lowermost Berriasian deposits in the western tethyan basins.

© 2015 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

## 1. Introduction et but de l'étude

Cette étude des principaux groupes de microfaunes pélagiques du sommet du Jurassique et de la base du Berriasien, résulte de la synthèse, sur plusieurs années, de plusieurs centaines de lames minces issues de plusieurs dizaines de coupes, souvent bien datées par ammonites ou par calpionelles et appartenant à trois domaines paléogéographiques différents (Fig. 1): le Rif externe (Maroc), le Bassin vocontien (SE de la France) et la Tunisie septentrionale. Les coupes du Rif externe (Pré rif interne et Mésorif) ont fait l'objet de plusieurs travaux d'ordre stratigraphique, en particulier : Benzaggagh (1988, 2000), Benzaggagh et Atrops (1995a, 1995b, 1996, 1997), Benzaggagh et Habibi (2006), Benzaggagh et al. (2010). Celles du Nord de la Tunisie font, en partie, l'objet d'une thèse de Doctorat en cours de préparation (Ben Abdesselam-Mahdaoui). Les coupes du Bassin vocontien ont été étudiées dans le cadre d'une analyse de la tectonique cassante syn-Jurassique-base du Crétacé des séries du bassin vocontien (Homberg et al., 2013). Seules les coupes dont les lames minces ont fait l'objet de prises de vues pour des illustrations paléontologiques sont citées dans les légendes des figures.

Le but de ce travail est de mieux caractériser les extensions stratigraphiques et les variations de fréquence de chacun des huit principaux groupes de microorganismes pélagiques du sommet du Jurassique et de la base du Berriasien : saccocomidés, kystes de dinoflagellés calcaires (dinokystes calcaires), chitinoïdèles, calpionnelles, protoglobigerines, microfilaments, *Globochaete* et radiolaires ; d'établir des biozonations basées sur les associations quantitatives de ces différents groupes (bio-zones de microfaune pélagique) ; sur l'extension stratigraphique ou les périodes d'abondance de certaines espèces de dinokystes calcaires ou de sections de saccocomidés (biozones de dinokystes calcaires et biozones de saccocomidés) ou sur

l'ensemble de la microfaune présente (biozones d'extension concomitante).

## 2. Étude paléontologique

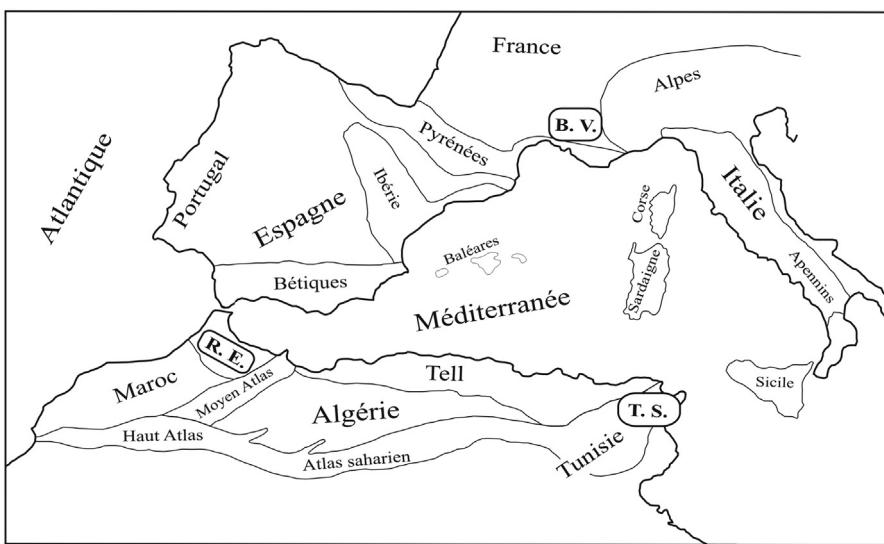
### 2.1. Saccocomidés

Sept biozones de ce groupe fossile sont définies pour l'intervalle Oxfordien supérieur-Tithonien supérieur (voir Benzaggagh et al., 2015, sous presse).

### 2.2. Kystes de dinoflagellés calcaires

#### 2.2.1. Généralités

Ces micro-organismes pélagiques sont fréquemment signalés dans les sédiments du Jurassique et du Crétacé inférieur du domaine téthysien (Wanner, 1940 ; Bonet, 1956 ; Borza, 1964, 1969 ; Nagy, 1966 ; Nowak, 1968 ; Rehanek, 1985). Ils ont été pendant longtemps considérés comme des organismes énigmatiques et ont été décrits sous des noms variés : fibrosphères (de Lapparent, 1924 ; Colom, 1935 ; Durand Delga, 1957) ; incertae sedis (Bonet, 1956 ; Colom, 1994 ; Cecca et Rehanek, 1991) ; nanofossiles calcaires (Aubry et al., 1988) ; calcisphères (Dromart et Atrops, 1988) ; microproblématiques (Cecca et Rehanek, 1991 ; Benzaggagh et Atrops, 1996 ; Benzaggagh, 2000), plus récemment, kystes de dinoflagellés calcaires (Rehanek et Cecca, 1993 ; Rehakova, 2000) ; dinoflagellés calcaires (Petrova et al., 2012) ou dinokystes calcaires (Rehakova et Wierzbowski, 2005). Cette attribution nouvelle, fondée sur les similitudes architecturales et biomimétiques avec les kystes de dinoflagellés calcaires, actuels et fossiles, décrites au MEB, est clairement étayée (Keupp, 1992 ; Weinkauf et al., 2013 ; Wendler et al., 2002). Ces organismes, de 30 à 150 µm de diamètre, ont, en lame



**Fig. 1.** Carte géographique de la Méditerranée occidentale (Dans : Aubouin et Debeltas, 1980, simplifiée) et localisation des secteurs étudiés ; R. E. Rif externe (Nord du Maroc) ; T. S. Tunisie septentrionale ; B. V. Bassin vocontien (SE de la France).

Geographical map of the Western Mediterranean (In: Aubouin and Debeltas, 1980, simplified) and location of the study areas. R. E. External Rif Range (Northern Morocco); T. S. Northern Tunisia; B. V. Vocontian Basin (Southeastern France).

mince, une forme assez constante, circulaire à légèrement ovale et ne montrent que rarement une ouverture. Le test est formé d'une ou de deux couches, rarement plus, de calcite microgranulaire de couleur sombre au microscope, hyaline granulaire ou fibro-radiée de couleur claire.

Les auteurs (Wanner, 1940 ; Bonet, 1956) distinguent, pour ce groupe fossile, trois familles, définies sur la base de la nature cristalline du test : **Stomiosphaeridae** Wanner, 1940, qui regroupe des formes à test hyalin granulaire, doublé ou non par une couche microgranulaire interne et montrant une croix noire en lumière polarisée ; **Cadosinidae** Wanner, 1940, qui regroupe des formes à test microgranulaire, possédant dans certains cas une mince couche externe hyaline et **Calcisphaerulidae** Bonet, 1956, qui regroupe des formes à test double, avec une couche interne microgranulaire, souvent mince et une couche externe hyaline fibro-radiée de largeur variable. Cette famille comporte le plus grand nombre de genres et d'espèces de dinokystes calcaires. Chaque famille comporte un ou plusieurs genres et, dans chaque genre, les espèces se distinguent principalement par la taille du test et l'épaisseur des couches qui le constituent.

#### 2.2.2. Description des principales espèces du Jurassique supérieur et répartition stratigraphique

Nous donnons, dans ce chapitre, une brève description des principales espèces de dinokystes calcaires, les plus caractéristiques et les plus fréquemment rencontrées dans les sédiments du Jurassique supérieur.

Famille CADOSINIDAE Wanner, 1940

Genre **Cadosina** Wanner, 1940

**Diagnose :** Spécimens de taille variable, comportant une couche microgranulaire interne souvent épaisse et pouvant avoir une couche fibro-radiée externe plus mince.

**Cadosina parvula** Nagy, 1966

Fig. 2A-C ; Fig. 3B

**Description :** Espèce de petite taille, dont le test est constitué d'une seule couche de calcite microgranulaire d'épaisseur moyenne.

**Extension stratigraphique :** Cette espèce est présente dès l'Oxfordien supérieur et montre quatre niveaux d'abondance, respectivement dans les zones à Platynota, Divisum, Beckeri et Ponti.

#### **Cadosina radiata** Vogler, 1941

Fig. 2D-E ; Fig. 3B

**Description :** Espèce de taille relativement grande, possédant un test microgranulaire d'épaisseur moyenne.

**Extension stratigraphique :** Cette espèce, souvent rare, se rencontre surtout dans les zones à Darwini-Fallauxi du Tithonien inférieur.

Famille CALCISPHAERULIDAE Bonet, 1956

Genre **Carpistomiosphaera** Nowak, 1968

**Diagnose :** Spécimens de taille moyenne comportant deux couches fibro-radiées, séparées ou non par une mince couche microgranulaire.

**Carpistomiosphaera borzai** (Nagy, 1966)

Fig. 2F-G ; Fig. 3B

**Description :** Espèce de taille moyenne à grande, caractérisée par un test formé de deux couches fibro-radiées séparées par une mince couche microgranulaire.

**Extension stratigraphique :** Cette espèce, d'extension réduite, se limite à la zone à Hybonotum. Elle est signalée en Italie centrale dans la zone à Beckeri (Cecca et Rehanek, 1991 ; Rehanek et Cecca, 1993).

Genre **Colomisphaera** Nowak, 1968

**Diagnose :** Spécimens de taille variable, petite à moyenne, comportant une couche fibro-radiée d'épaisseur variable, souvent doublée d'une couche microgranulaire interne, plus mince.

**Colomisphaera carpathica** (Borza, 1969)

Fig. 2H-K ; Fig. 3B

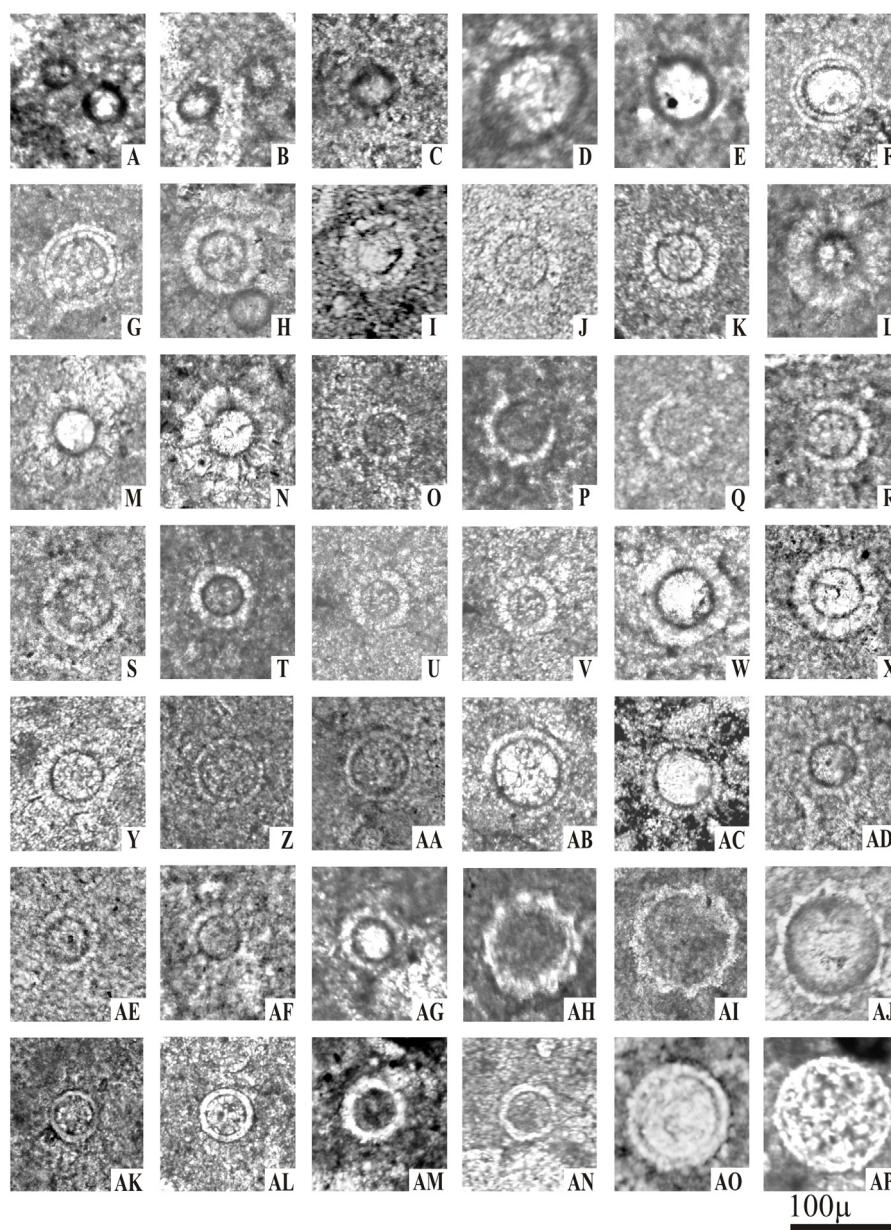
**Description :** Espèce de taille moyenne à grande, possédant une couche fibro-radiée de largeur moyenne, souvent régulière sur sa surface externe.

**Extension stratigraphique :** Cette espèce montre une extension stratigraphique de l'Oxfordien supérieur au Berriasien inférieur, mais elle ne devient abondante qu'à partir de la zone à Ponti (sommet du Tithonien inférieur).

**Colomisphaera cieszynica** Nowak, 1968

Fig. 2L-N ; Fig. 3B

**Description :** Espèce de taille moyenne à grande, caractérisée par une couche fibro-radiée très large et souvent irrégulière sur sa face externe.



**Fig. 2.** Principales espèces de dinokystes calcaires du Jurassique supérieur des trois bassins étudiés. A-C. *Cadosina parvula* NAGY; A (cp. KB); B-C (cp. ZRS); z. à Ponti. D-E. *Cadosina radiata* Vogler; D (cp. SM); E (cp. KB); z. à Darwini-Semiforme. F-G. *Carpistomiosphaera borzai* (Nagy)(cp. SM); z. à Hybonotum. H-K. *Colomisphaera carpathica* (Borza); H-J (cp. ZRS); K (cp. DASL); z. à Ponti. L-N. *Colomisphaera ciesznica* Nowak; L (cp. LI2); M (cp. VP); N (cp. ZRS); z. à Fallauxi. O. *Colomisphaera fibrata* (Nagy); (cp. KB); z. à Platynota. P-S. *Colomisphaera fortis* (Nagy); P (cp. DASL); Q (cp. KB); R (cp. TB); S- (cp. ZRS); z. à Ponti. T-V. *Colomisphaera lapidosa* (Vogler); T (cp. VP); U (cp. KB); V (cp. H); z. à Ponti. W-Y. *Colomisphaera nagyi* (Borza); W (cp. SM); X (cp. ZRS); Y (cp. TB); z. à Hybonotum. Z-AC. *Colomisphaera pieniensis* (Borza); Z-AA (cp. BJЕ); AB (cp. SM); AC (cp. ZRS); z. à Hybonotum. AD-AG. *Colomisphaera tenuis* (Nagy); AG-AE (cp. ZRS); AF-AG (cp. KB); z. à Ponti. AH-AJ. *Parastomiosphaera tuberculata* nov. sp.; AH (cp. BOB); AI (cp. CHR); AJ (Holotype, cp. DASL); z. à Darwini-Semiforme. AK-AN. *Stomiosphaera moluccana* Wanner; AK, AN (cp. BJЕ); AL (cp. SM); AM (cp. ZRS); z. à Hybonotum. AO-AP: *Stomiosphaera grandis* nov. sp.; AO (cp. BJЕ); AP (cp. ZRS, Holotype); z. à Darwini-Semiforme.

*Main species of calcareous dinoflagellate cysts from the Upper Jurassic of the three studied basins. A-C. Cadosina parvula NAGY; A (KB sec.); B-C (ZRS sec.); Ponti Z. D-E. Cadosina radiata Vogler; D (SM sec.); E (KB sec.); Darwini-Semiforme Z. F-G. Carpistomiosphaera borzai (Nagy) (SM sec.); Hybonotum Z. H-K. Colomisphaera carpathica (Borza); H-J (ZRS sec.); K (DASL sec.); Ponti Z. L-N. Colomisphaera ciesznica Nowak; L (LI2 sec.); M (VP sec.); N (ZRS sec.); Fallauxi Z. O. Colomisphaera fibrata (Nagy); (KB sec.); Platynota Z. P-S. Colomisphaera fortis (Nagy); P (DASL sec.); Q (KB sec.); R (TB sec.); S- (ZRS sec.); Ponti Z. T-V. Colomisphaera lapidosa (Vogler); T (VP sec.); U (KB sec.); V (H sec.); Ponti Z. W-Y. Colomisphaera nagyi (Borza); W (SM sec.); X (ZRS sec.); Y (TB sec.); Hybonotum Z. Z-AC. Colomisphaera pieniensis (Borza); Z-AA (BJЕ sec.); AB (SM sec.); AC (ZRS sec.); Hybonotum Z. AD-AG. Colomisphaera tenuis (Nagy); AG-AE (ZRS sec.); AF-AG (KB sec.); Ponti Z. AH-AJ. Parastomiosphaera tuberculata nov. sp.; AH (BOB sec.); AI (CHR sec.); AJ (DASL sec.); Darwini-Semiforme Z. AK-AN. Stomiosphaera moluccana Wanner; AK, AN (BJЕ sec.); AL (SM sec.); AM (ZRS sec.); Hybonotum Z. AO-AP. Stomiosphaera grandis nov. sp.; AO (BJЕ sec.); AP (ZRS sec.); Darwini-Semiforme Z.*

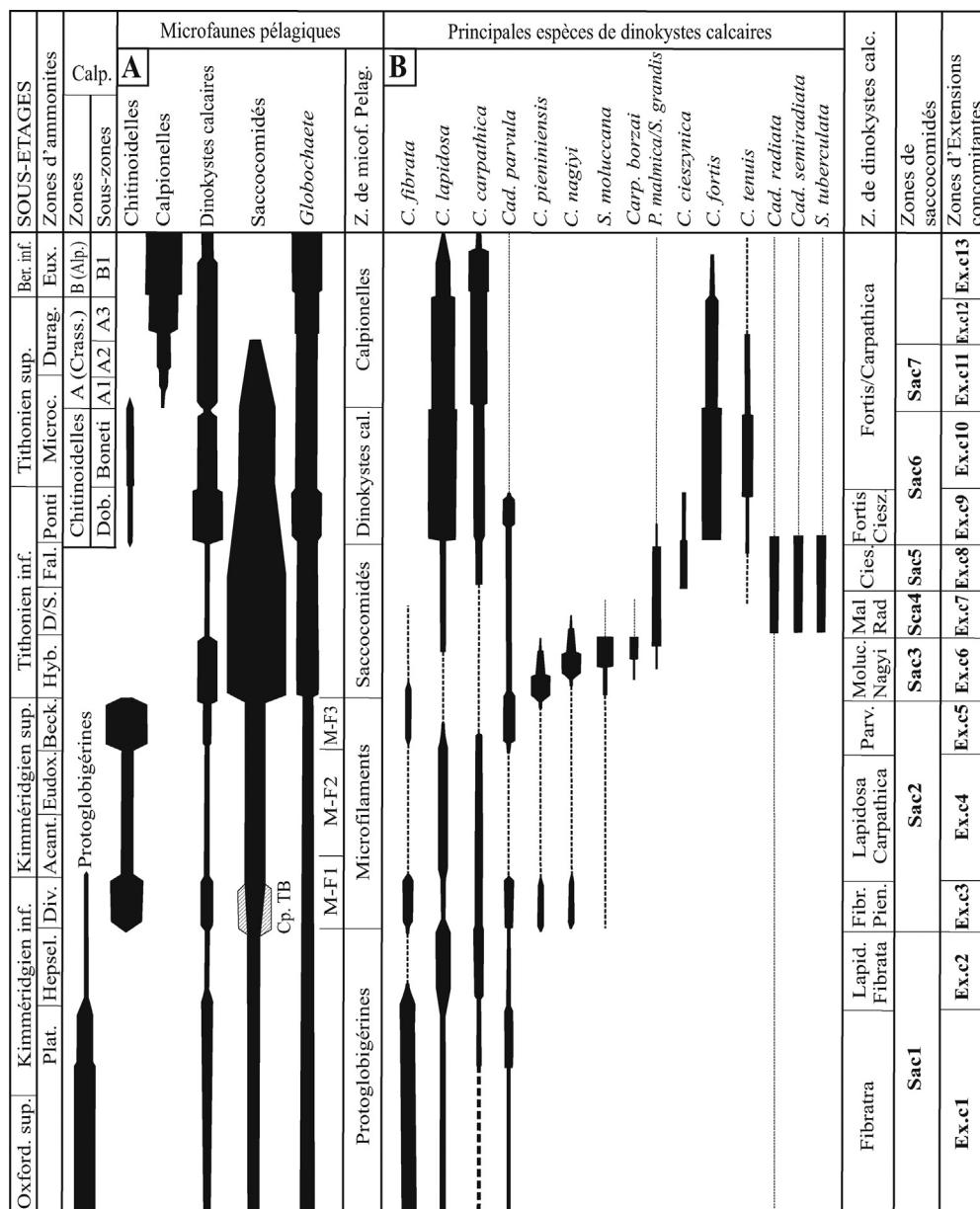
**Extension stratigraphique:** Cette espèce, toujours rare et d'extension réduite, est limitée aux zones à Fallauxi et à Ponti du Tithonien inférieur. Elle est citée dans les zones à Darwini-Volanenses en Italie centrale (Cecca et Rehanek, 1991; Rehanek et Cecca, 1993).

***Colomisphaera fibrata* (Nagy, 1966)**

Fig. 2O ; Fig. 3B

**Description:** Espèce de taille petite, possédant une couche fibro-radiée mince, à surface externe sculptée.

**Extension stratigraphique:** Cette espèce est surtout fréquente dans les niveaux de l'Oxfordien supérieur et du Kimméridgien inférieur (zone à Platynota); elle est rare dans les niveaux du Kimméridgien supérieur et du Tithonien inférieur.



**Fig. 3.** Tableau synthétique montrant la répartition stratigraphique des principaux groupes de micro-organismes pélagiques (dans : Benzaggagh, 2000 ; légèrement modifié), des principales espèces de dinokystes calcaires du Jurassique supérieur (dans : Benzaggagh et Atrops, 1996 ; légèrement modifié), les biozones définies et les corrélations avec les zones d'ammonites.

*Synthetic table showing the stratigraphic range of the major pelagic microfossil groups (in: Benzaggagh, 2000, slightly modified, the main species of the calcareous dinoflagellate cysts from the Upper Jurassic (In: Benzaggagh and Atrops 1996 slightly modified), the biozones defined and their correlations with the ammonite zones.*

#### *Colomisphaera fortis* Rehanek, 1982

[Fig. 2P-S](#); [Fig. 3B](#)

**Description :** De taille semblable à celle de *C. carpathica*, montre une couche fibro-radiée de largeur moyenne, souvent irrégulière sur sa surface externe. Certains individus présentent une ouverture large.

**Extension stratigraphique :** Cette espèce, qui apparaît dans des niveaux élevés du Tithonien inférieur (zone à *Ponti*), est assez fréquente, voire abondante, dans cette zone et dans les niveaux du Tithonien supérieur.

#### *Colomisphaera lapidosa* (Vogler, 1941)

[Fig. 2T-V](#); [Fig. 3B](#)

**Description :** Espèce de taille moyenne, comprise entre celle de *C. fibrata* et de *C. carpathica*; elle possède une couche micro-granulaire régulière de largeur moyenne.

**Extension stratigraphique :** Cette espèce montre une extension stratigraphique et des périodes d'abondance semblables à celles de *C. carpathica*.

#### *Colomisphaera nagyi* (Borza, 1969)

[Fig. 2W-Y](#); [Fig. 3B](#)

**Description :** De taille moyenne à grande, montre une couche fibro-radiée, souvent large et régulière et un noyau souvent occupé par un monocristal de sparite.

**Extension stratigraphique :** Cette espèce apparaît dans la zone à *Divisum* où elle est rare; elle est toujours rare dans le Kimméridgien supérieur, souvent abondante dans la zone à *Hybonotum* et disparaît au sommet de cette zone.

#### *Colomisphaera pieniniensis* (Borza, 1969)

[Fig. 2Z-AC](#); [Fig. 3B](#)

**Description :** De taille semblable à celle de *C. nagyi*, elle est caractérisée par sa couche microgranulaire mince et régulière.

**Extension stratigraphique :** Elle montre la même extension stratigraphique et les mêmes périodes d'abondance que *C. nagyi* et disparaît au sommet de la zone à Hybonotum.

***Colomisphaera tenuis* (Nagy, 1966)**

**Fig. 2AD-AG ; Fig. 3B**

**Description :** Espèce de taille petite à moyenne, légèrement plus grande que *C. fibrata*, avec une couche fibro-radiée légèrement plus épaisse, mais moins épaisse que celle de *C. lapidosa*.

**Extension stratigraphique :** Cette espèce est fréquente dans des niveaux élevés du Tithonien inférieur (zone à Ponti) et dans les zones à Microcanthum et à Durangites. Elle est citée en Italie centrale à partir de la zone à Volanenses (Cecca et Rehanek, 1991 ; Rehanek et Cecca, 1993).

Famille STOMIOSPHAERIDAE Wanner, 1940

Genre ***Parastomiosphaera*** Nowak, 1968

**Diagnose :** Spécimens souvent de grande taille, comportant une couche externe hyaline et une couche microgranulaire interne d'épaisseur variable.

***Parastomiosphaera tuberculata* nov. sp.**

**Fig. 2AH-AJ ; Fig. 3B**

**Holotype :** Section représentée sur la Fig. 2AJ.

**Derivatio nominis :** Présence de tubercles externes.

**Stratum typicum :** Tithonien inférieur, zone à Darwini-Semiforme.

**Diagnose :** Espèce de grande taille, présentant 12 tubercles.

**Description :** Espèce de grande taille, pouvant comporter une couche interne microgranulaire, souvent mince et une couche externe hyaline granuleuse, lisse sur sa surface interne. Sa surface externe est régulièrement ornée par des tubercules triangulaires uniformes, 3 par quart de tour, 12 au total.

**Rapports et différences :** Espèce de taille proche de celle de *P. malmica*, elle en diffère par la présence de tubercules sur sa surface externe. *Colomisphaera verrucosa* Rehanek, 1985, diffère de *P. tuberculata* nov. sp. par sa taille plus petite, la présence de « tubercules » inégaux et irrégulièrement répartis, ainsi que par son âge albien.

**Extension stratigraphique :** Cette espèce, rare, se rencontre dans les niveaux des zones à Darwini-Fallauxi.

***Parastomiosphaera malmica* (Borza, 1964)**

**Description :** Espèce de grande taille, possédant une couche microgranulaire interne souvent mince et une couche externe hyaline granuleuse, lisse sur sa surface interne ; lisse à légèrement sculptée sur sa surface externe.

**Extension stratigraphique :** Cette espèce, qui n'est jamais abondante, se rencontre surtout dans les niveaux des zones à Hybonotum-Fallauxi.

Genre ***Stomiosphaera*** Wanner, 1940

**Diagnose :** Spécimens de taille variable, comportant une couche hyaline.

***Stomiosphaera moluccana* Wanner, 1940**

**Fig. 2AK-AN ; Fig. 3B.**

**Description :** Espèce de petite taille, proche de celle de *C. fibrata* ; elle est caractérisée par un test formé d'une couche hyaline, granulaire ; lisse sur sa face interne, lisse à légèrement sculptée sur sa face externe.

**Extension stratigraphique :** Cette espèce se rencontre dès la zone à Divisum où elle est rare ; elle est abondante à très abondante dans la zone à Hybonotum, et très rare par la suite. Cette espèce est citée en abondance dans la zone à Hybonotum en Italie centrale (Cecca et Rehanek, 1991 ; Rehanek et Cecca, 1993).

***Stomiosphaera grandis* nov. sp.**

**Fig. 2AO-AP ; Fig. 3B.**

***Parastomiosphaera malmica* (Benzaggagh et Atrops, 1996) ; Fig. 2, 10-11.**

***Parastomiosphaera malmica* (Benzaggagh, 2000) ; Pl. 7, 11-12.**

**Holotype :** Section représentée sur la Fig. 2AP.

**Derivatio nominis :** Espèce de grande taille.

**Stratum typicum :** Tithonien inférieur, zone à Darwini-Semiforme.

**Diagnose :** Espèce de grande taille, comportant une couche hyaline.

**Description :** Espèce de grande taille, dont le test est constitué d'une seule couche hyaline, granulaire à surfaces, interne et externe, lisses et régulières.

**Rapports et différences :** *S. grandis* nov. sp et *Cadosina gigantea* (Borza, 1969), de taille et de forme semblables, se distinguent par leur position stratigraphique : Tithonien inférieur pour la première et Albien pour la seconde. *Colomisphaera pokornyi* Rehanek, 1985, d'âge albien supérieur, possède un test plus mince et fibro-radié.

**Extension stratigraphique :** Cette espèce, souvent rare, est présente surtout dans les niveaux des zones à Darwini-Fallauxi.

### 3. Répartition stratigraphique des principaux groupes de microfaunes pélagiques et définition des biozones

#### 3.1. Saccocomidés

Les biozones de ce groupe fossile ont fait l'objet d'une publication antérieure (Benzaggagh et al., sous presse).

#### 3.2. Kystes de dinoflagellés calcaires

De nombreux travaux, en particulier dans les Carpathes occidentales, ont montré que les dinokystes calcaires peuvent avoir un rôle important dans la datation des terrains pélagiques du Jurassique supérieur et du Crétacé inférieur dépourvus d'ammonite. Ainsi, certains auteurs (Nagy, 1966 ; Nowak, 1968 ; Borza, 1984 ; Borza et Michalik, 1986 ; Rehakova, 2000 ; Petrova et al., 2012) ont pu caractériser plusieurs zones de dinokystes calcaires pour l'intervalle Oxfordien-Albien. Malheureusement, peu de travaux ont été réalisés sur des coupes datées par ammonites (Cecca et Rehanek, 1991 ; Rehanek et Cecca, 1993 ; Benzaggagh et Atrops, 1996). Ceci rend difficile l'utilisation de ce groupe fossile comme marqueur biostratigraphique fiable. Dans les séries étudiées, les dinokystes calcaires montrent une répartition stratigraphique irrégulière ; ils sont souvent rares, quelques individus par lame mince dans les niveaux de l'Oxfordien supérieur et du Kimméridgien, sauf dans les zones à Platynota, Divisum et Beckeri où ils sont plus fréquents. Ces kystes sont souvent abondants dans la zone à Hybonotum et les zones à Ponti-Durangites (Fig. 3A, Fig. 4A).

##### 3.2.1. Biozones définies

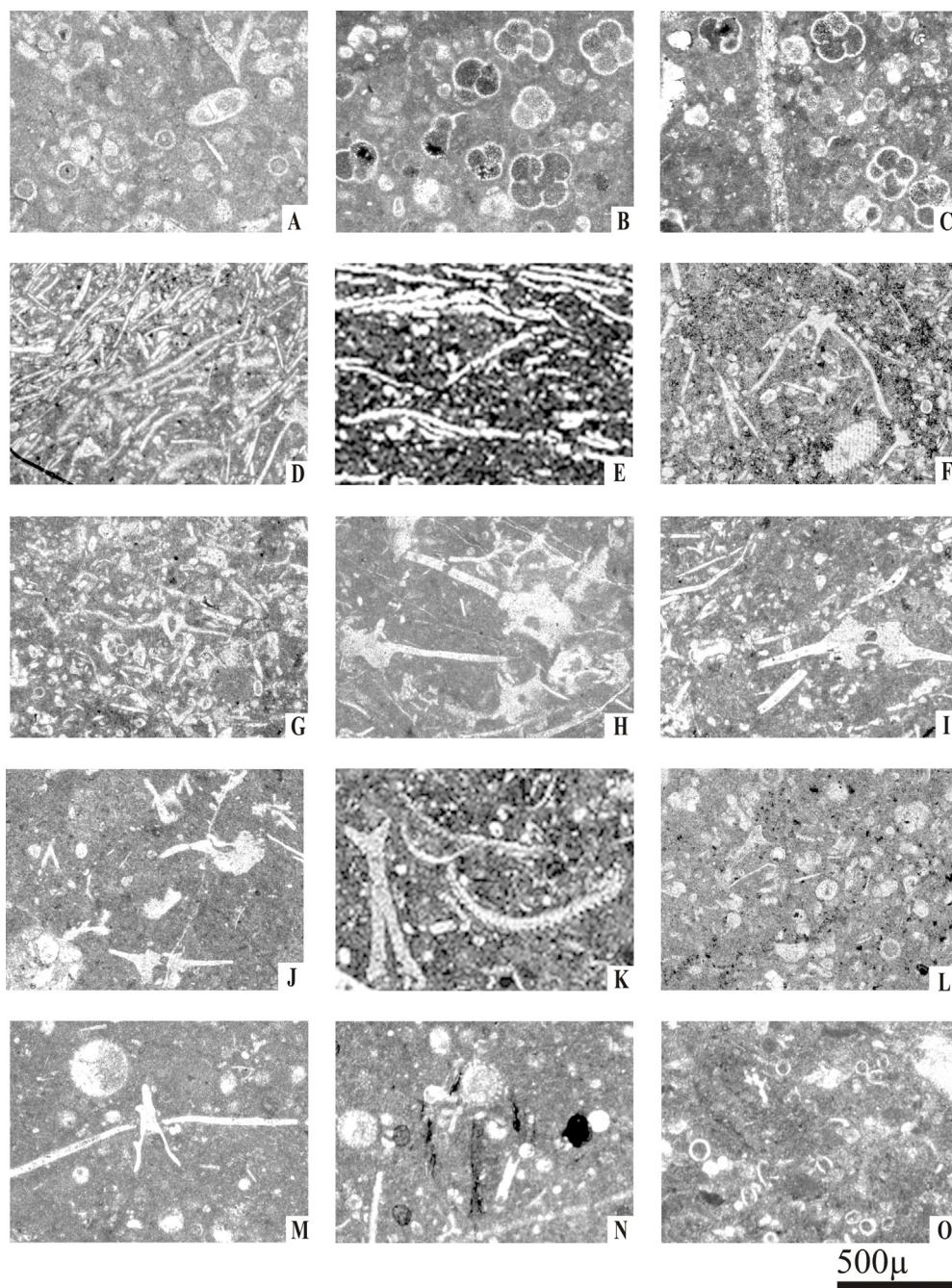
**Zone à Fibrata : Oxfordien supérieur-Kimméridgien inférieur (zone à Platynota) :** cette biozone (Fig. 3B) est marquée par une relative abondance de *C. fibrata*, associée à de fréquentes *Cad. parvula* et rares *C. lapidosa* et *C. carpathica*.

**Zone à Lapidosa-Fibrata : zone à Hypselocyclus :** cette biozone, pauvre en dinokystes calcaires, est marquée par une légère dominance de *C. lapidosa* par rapport à *C. fibrata* et *C. carpathica*.

**Zone à Fibrata-Pieniniensis : zone Divisum :** cette biozone est marquée par la présence des premières *C. pieniniensis*, *C. nagyi*, *S. moluccana*, associées à de rares *C. fibrata*, *C. lapidosa* et *C. carpathica*.

**Zone à Lapidosa-Carpathica : zones à Acanthicum-Eudoxus :** les dinokystes calcaires y sont rares. Les espèces les plus fréquentes sont *C. carpathica* et *C. lapidosa*.

**Zone à Parvula : zone à Beckeri :** elle est souvent riche en *Cad. parvula* et contient de rares *C. carpathica* et *C. lapidosa*.



**Fig. 4.** Principaux types de biomicrofacies pélagique du Jurassique supérieur et de la base du Berriasien dans les trois bassins étudiés. A. Biomicrite à dinokystes calcaires (cp. ZRS, z. à Hybonotum). B-C. Biomicrite à protoglobigérines (F-G, cp. ZRS, Oxfordien sup.). D-E. Biomicrite à microfilaments (D, cp. ZRS, z. à Beckeri ; C, cp. LA, z. à Divisum) ; F-J. Biomicrite à Saccocoma (cp. ZRS ; A-B, z. à Hybonotum ; H-I, z. à Darwini-Semiforme). K-L. Biomicrite à Globochaete (K, cp. ASS, z. à Hybonotum ; L, cp. Y, z. à Ponti). M-N. Biomicrite à radiolaires (M, cp. ZRS ; N, cp. Y, z. à Ponti). O. Biomicrite à calpionellides (cp. Y, z. à Euxinus).

*Main types of pelagic biomicrofacies of the Upper Jurassic-basal Berriasian in the three studied basins. A. Biomicrite with calcareous dinocysts (ZRS sec., Hybonotum Z.). B-C. Biomicrite with protoglobigerines (ZRS sec., Upper Oxfordian). D-E. Biomicrite with microfilaments (D, ZRS sec., Beckeri Z.; C, LA sec., Divisum Z.). F-J. Biomicrite with saccocomids (F-G, cp. ZRS; A-B, z. à Hybonotum; H-I, z. à Darwini-Semiforme). K-L. Biomicrite with Globochaete (K, cp. ASS, z. à Hybonotum; L, cp. Y, z. à Ponti). M-N. Biomicrite with radiolarians (M, cp. ZRS; N, cp. Y, z. à Ponti). O. Biomicrite with calpionellids (cp. Y, z. à Euxinus).*

**Zone à Moluccana-Nagyi : zone à Hybonotum :** elle est marquée par une acmé de dinokystes calcaires, avec quatre espèces très caractéristiques : *C. pieniniensis*, *C. nagyi*, *S. moluccana* et *Carp. borzai*. On y rencontre aussi de rares *C. fibrata*, *C. carpathica*, *C. lapidosa*, *Cad. radiata*, *Cad. parvula* et *P. malmica*. Notons que *Carp. borzai*, fréquente dans les séries des bassins de la marge nord téthysienne : Bassin vocontien (ce travail), Italie centrale (Cecca et Rehanek, 1991 ; Rehanek et Cecca, 1993), Carpathes occidentales (Borza, 1969 ; Borza et Michalik, 1986 ; Rehakova, 2000), Hongrie (Nagy, 1996), est très rare dans les séries de la marge sud-téthysienne du Rif externe et du Nord de la Tunisie.

**Zone à Malmica-Radiata : zones à Darwini-Semiforme :** dans cette biozone, les dinokystes calcaires sont toujours rares. On y rencontre : *P. malmica*, *Cad. radiata* et rares *Cad. semiradiata*, *P. tuberculata nov. sp.*, *S. grandis nov. sp.*, *C. lapidosa*, *C. carpathica*, *Cad. parvula*.

**Zone à Cieszynica : zone à Fallauxi :** les dinokystes calcaires y sont toujours rares ; ils sont représentés par les mêmes espèces

que celles de la biozone précédente, en plus de l'espèce index, *C. cieszynica*.

**Zone à Fortis-Cieszynica :** zone à *Ponti*: cette biozone est marquée par une nouvelle période d'acmé de dinokystes calcaires et par l'apparition de *C. fortis* et *C. tenuis*. Elle est également riche en *C. lapidosa*, *C. carpathica* et *Cad. parvula* et elle contient de rares *C. cieszynica*.

**Zone à Fortis-Carpathica :** zones à *Microcanthum-Durangites*: les dinokystes calcaires y sont souvent présents, abondants à moyenement abondants, et sont représentés par les mêmes espèces que celles de la biozone précédente, avec l'absence de *C. cieszynica*.

### 3.2.2. Comparaison avec les travaux antérieurs et biozones à valeur générale

Malgré les nombreuses divergences de détail entre les biozones de dinokystes calcaires établies dans les différentes régions du domaine téthysien, les points communs entre ces biozonations sont remarquables. En comparant les données issues des différents secteurs du domaine téthysien, au moins 7 biozones de dinokystes calcaires du sommet du Jurassique prennent une valeur générale et peuvent être utilisées pour des datations précises, en l'absence d'ammonite.

**Zone à Fibrata :** *Oxfordien sup.-Kimméridgien inf.* (zone à *Platynota*) : les auteurs (Borza, 1984; Borza et Michalik, 1986; Rehakova, 2000, pour les Carpathes occidentales; Nagy, 1966, pour la Hongrie), notent un niveau d'abondance de *C. fibrata* dans l'Oxfordien supérieur. Cette espèce est assez fréquente dans des niveaux contemporains en Tunisie septentrionale et dans les niveaux de la zone à *Platynota* (base du Kimméridgien) du Rif externe (Maroc). Notons que, dans ce dernier secteur, les séries du Callovien et de l'Oxfordien sont détritiques, défavorables à l'étude des microfaunes en lames minces.

D'après les données ci-dessus, une biozone à *Fibrata*, correspondant au sommet de l'Oxfordien et à la base du Kimméridgien (zone à *Platynota*), est cohérente à l'échelle du domaine téthysien.

**Zone à Lapidosa :** zones à *Hypselocyclum-Eudoxus*: dans les zones d'ammonites à *Hypselocyclum-Eudoxus* du Kimméridgien, les dinokystes calcaires sont souvent rares. D'après Nagy (1966), Benzaggagh et Atrops (1996) et ce travail, cet intervalle stratigraphique est marqué par une dominance de *C. lapidosa*. Cette zone, très étendue, peut être subdivisée en sous-zones sur la base de la fréquence des autres espèces, en particulier *C. fibrata*, *Cad. parvula* et *C. pieniniensis*.

**Zone à Parvula :** zone à *Beckeri*: Nagy (1966) note, pour les séries de la Hongrie, deux niveaux d'abondance de *Cad. parvula*, respectivement dans l'Oxfordien supérieur-Kimméridgien inférieur et dans des niveaux élevés du Tithonien inférieur. Borza et Michalik (1986), Rehanek et Cecca (1993), et Rehakova (2000), signalent l'espèce *Cad. parvula* dans des niveaux de l'Oxfordien supérieur à Tithonien inférieur élevé, avec une nette abondance au sommet de l'Oxfordien et au Kimméridgien. Rehakova (2000) définit deux biozones à *Parvula*, une première correspondant à la base de l'Oxfordien supérieur et une seconde au Kimméridgien *pro parte*. En Italie centrale, Cecca et Rehanek (1991) notent une abondance de *Cad. parvula* au sommet de la zone à *Cavouri* et dans la zone à *Beckeri*. Dans le Rif externe, Benzaggagh et Atrops (1996) et, dans le Nord de la Tunisie (ce travail), *Cad. parvula* montre quatre niveaux d'abondance, respectivement dans les zones à *Platynota*, *Divisum*, *Beckeri* et *Ponti*. Une zone à *Parvula* correspondant au sommet du Kimméridgien supérieur (zone à *Beckeri*) est cohérente à l'échelle du domaine téthysien. Dans les autres niveaux stratigraphiques, *Cad. parvula* se trouve associée à des espèces mieux représentatives de ces intervalles stratigraphiques.

**Zone à Moluccana-Nagy ou à Moluccana-Borzai :** zone à *Hybonotum*: les espèces *S. moluccana* et *Carp. borzai*, d'extension réduite, sont signalées par les auteurs dans des niveaux élevés

du Kimméridgien supérieur (Nagy, 1966; Borza, 1984; Borza et Michalik, 1986; Rehakova, 2000) ou dans les zones à *Beckeri* et à *Hybonotum* (Cecca et Rehanek, 1991; Rehanek et Cecca, 1993; Benzaggagh et Atrops, 1996). Les espèces *C. pieniniensis* et, plus particulièrement, *C. nagyi* sont également signalées en abondance dans des niveaux élevés du Kimméridgien supérieur (Borza, 1984; Borza et Michalik, 1986; Rehakova, 2000) ou dans la zone à *Hybonotum* (Benzaggagh et Atrops, 1996). Ces quatre espèces sont signalées en association dans des niveaux du sommet du Kimméridgien dans les Balkans occidentaux (Lakova, 1994; Lakova et al., 1999). Dans le Rif externe, le Nord de la Tunisie et le Bassin vocontien, ces espèces (à l'exception de *Carp. borzai*, pour le Rif externe et le Nord de la Tunisie), se trouvent associées et en abondance dans les niveaux de la base du Tithonien (zone à *Hybonotum*). Ces quatre espèces prises ensemble permettent de définir une biozone à *Moluccana-Borzai* pour la marge nord-téthysienne ou à *Moluccana-Nagy* pour la marge sud. Cette biozone à *Moluccana-Nagy*, ou à *Moluccana-Borzai*, qui caractérise la limite Kimméridgien-Tithonien, correspondrait au sommet de la zone à *Beckeri*, mais surtout à la zone à *Hybonotum*; elle est équivalente aux biozones à *Moluccana* et à *Borzai*, définies par Borza (1984), Borza et Michalik (1986) et Rehakova (2000).

**Zone à Malmica-Radiata :** zones à *Darwini-Semiforme*: entre le sommet de la zone à *Moluccana-Borzai* et l'apparition de *C. cieszynica*, les espèces de dinokystes calcaires les plus fréquemment signalées par les auteurs sont : *P. malmica* et *Cad. radiata*. Nagy (1966) note une abondance de ces deux espèces dans les niveaux du Tithonien inférieur, immédiatement au-dessus de l'acmé de *Carp. borzai*-*S. moluccana*. Les espèces *P. malmica*, *Cad. pulla* (Borza) et *Cad. radiata* sont signalées dans des niveaux du Tithonien inférieur (Benzaggagh et Atrops, 1996, pour le Rif externe; Rehakova, 2000; Petrova, 2012, pour la Serbie). Borza (1984), puis Borza et Michalik (1986) définissent pour le Tithonien inférieur deux biozones : une biozone à *Pulla-Tithonica* et une biozone à *Malmica*. Une biozone à *Malmica-Radiata* correspondant aux zones d'ammonites à *Darwini-Semiforme* et aux zones à *Pulla-Tithonica* et à *Malmica*, sensu Borza (1984), Borza et Michalik (1986), Rehakova (2000), est cohérente pour l'ensemble du domaine téthysien.

**Zone à Cieszynica :** zone à *Fallauxi*: bien que cette espèce est rarement citée à des fins stratigraphiques, son apparition dans des niveaux situés immédiatement en dessous du niveau de l'abondance des dinokystes calcaires à la base de la zone à *Ponti*, permet de caractériser une biozone à *Cieszynica* qui correspond aux zones à *Darwini-Fallauxi* d'après Cecca et Rehanek (1991), Rehanek et Cecca (1993), ou seulement à la zone à *Fallauxi* d'après Benzaggagh et Atrops (1996).

**Zone à Fortis-Tenuis :** zone à *Ponti*: à partir du sommet du Tithonien inférieur (zone à *Ponti*), on note une acmé du genre *Colomisphaera*, avec quatre espèces souvent abondantes : *C. fortis*, *C. tenuis*, *C. carpathica* et *C. lapidosa* (= *C. munitissima* (Colom, 1935)). Ces différentes espèces sont signalées dans des niveaux du sommet du Tithonien inférieur et du Tithonien supérieur par plusieurs auteurs : Cecca et Rehanek (1991), Rehanek et Cecca (1993), Benzaggagh et Atrops (1996), Petrova (2012), Rehakova (2000). Cette biozone, qui correspond aux zones d'ammonite à *Ponti-Durangites*, peut être subdivisée en sous-zones.

### 3.3. Protoglobigraines

Ces foraminifères planctoniques sont abondants dans les niveaux de l'Oxfordien supérieur des coupes de la Tunisie septentrionale (Fig. 3A, 4B-C); ils sont relativement fréquents dans la zone à *Platynota* de certaines coupes du Rif externe et du Nord de la Tunisie; rares dans le reste du Kimméridgien; absents dans les niveaux

du Tithonien. Ils sont signalés dans la partie inférieure de la zone à Herbichi (zone à Divisum) au Nord de l'Italie (Caracuel et al., 1997).

### 3.4. Microfilaments

Les microfilaments (Fig. 3A, 4D-E) sont très abondants dans les niveaux du Callovien-Oxfordien inférieur (Dromart et Atrops, 1988) et les coupes étudiées du Nord de la Tunisie ; puis très rares, voire absents dans les niveaux de l'Oxfordien moyen-Kimméridgien inférieur ; ils montrent brusquement, dans les coupes du Rif externe et du Nord de la Tunisie, deux niveaux d'acmé, respectivement dans les zones à Divisum (sous-zone MF1, Benzaggagh, 2000 ; Fig. 3A) et à Beckeri (s.-z. MF2). Ils sont toujours présents, mais peu abondants dans les zones à Acanthicum et à Eudoxus (s.-z. MF2) et disparaissent au sommet de la zone à Beckeri, immédiatement avant l'acmé de saccocomidés (Fig. 4F-J) et de *Globochaete*, à la base de la zone à Hybonotum. Cet important changement dans la composition de la microfaune pélagique (pic à microfilament dans la zone à Beckeri, suivi d'un pic à saccocomidés dans la zone à Hybonotum) est un excellent marqueur de la limite Kimméridgien-Tithonien, en particulier pour les séries de la marge sud-téthysienne.

Des niveaux d'abondance de microfilaments sont signalés dans la zone à Cavouri (zone à Eudoxus) en Italie centrale (Rehanek et Cecca, 1993) et dans la zone à Beckeri en Italie septentrionale (Caracuel et al., 1997). Dans les coupes étudiées du Bassin vocontien, les microfilaments sont rares.

### 3.5. *Globochaete*

Ils sont souvent présents dans les niveaux de l'Oxfordien supérieur et du Kimméridgien, mais ne deviennent réellement abondants et constamment présents qu'à partir de la zone à Hybonotum (Fig. 3A, 4K-L) ; ils constituent avec les saccocomidés les deux groupes dominants du Tithonien.

### 3.6. Radiolaires

Ils montrent une répartition stratigraphique irrégulière et ne sont que rarement abondants dans des niveaux stratigraphiques espacés, en particulier dans l'Oxfordien moyen et supérieur ; ils sont épisodiquement abondants dans des niveaux du Kimméridgien, mais surtout pendant le Tithonien (Fig. 4M-N).

### 3.7. Chitinoïdèles

Les chitinoïdèles (Pop, 1997) sont d'excellents marqueurs de la limite Tithonien inférieur-Tithonien supérieur. La zone à Chitinoïdèles, définie par Borza (1969), est corrélée pour la première fois avec les zones d'ammonites par Enay et Geyssant (1975) à partir de coupes de la chaîne bétique de l'Espagne méridionale. Ces auteurs ont montré que les chitinoïdèles apparaissent sporadiquement au sommet de la zone à Fallauxi et disparaissent dans la partie supérieure de la zone à Microcanthum. Borza (1984), Grandesso (1977), puis Borza et Michalik (1986) ont subdivisé la zone à Chitinoïdèles en deux sous-zones : Dobeni, marquée par la présence de chitinoïdèles de petite taille du groupe *C. dobeni* Borza (Fig. 3A, 5A-C) et Boneti où se rencontrent des formes de plus grande taille du groupe *C. boneti* Dobeni (Fig. 3A, 5D-G), mais sans donner de corrélation avec les zones d'ammonites. Ces deux sous-zones sont corrélées avec les zones d'ammonite par Benzaggagh (1988), Benzaggagh et Atrops (1995a), Benzaggagh (2000), Benzaggagh et al. (2010) à partir de coupes du Préfér interne. Ainsi, la sous-zone à Dobeni correspond au sommet de la zone à Fallauxi et à la zone à Ponti ; la sous-zone à Boneti, correspond à la zone à Microcanthum pro parte. Par conséquent, la limite entre ces deux sous-zones coïncide avec la limite entre le Tithonien inférieur et le Tithonien supérieur.

*Sous-zone à Dobeni (sommet de la zone à Fallauxi-zone à Ponti) :* cette sous-zone est marquée par la présence exclusive de chitinoïdèles de petite taille, avec quatre espèces principales : *C. dobeni* Borza (Fig. 5A-B), *C. colomi* Borza (Fig. 5C), *C. slovenica* Borza et *C. tithonica* Borza.

*Sous-zone à Boneti (zone à Microcanthum pro parte) :* cette sous-zone est marquée par la présence de chitinoïdèles de plus grande taille, avec quatre espèces principales : *C. boneti* Dobeni (Fig. 5D-G), *C. bermudezi* (Furrazola-Bermudez), *C. cubensis* (Furrazola-Bermudez) et *C. cristobalensis* (Furrazola-Bermudez).

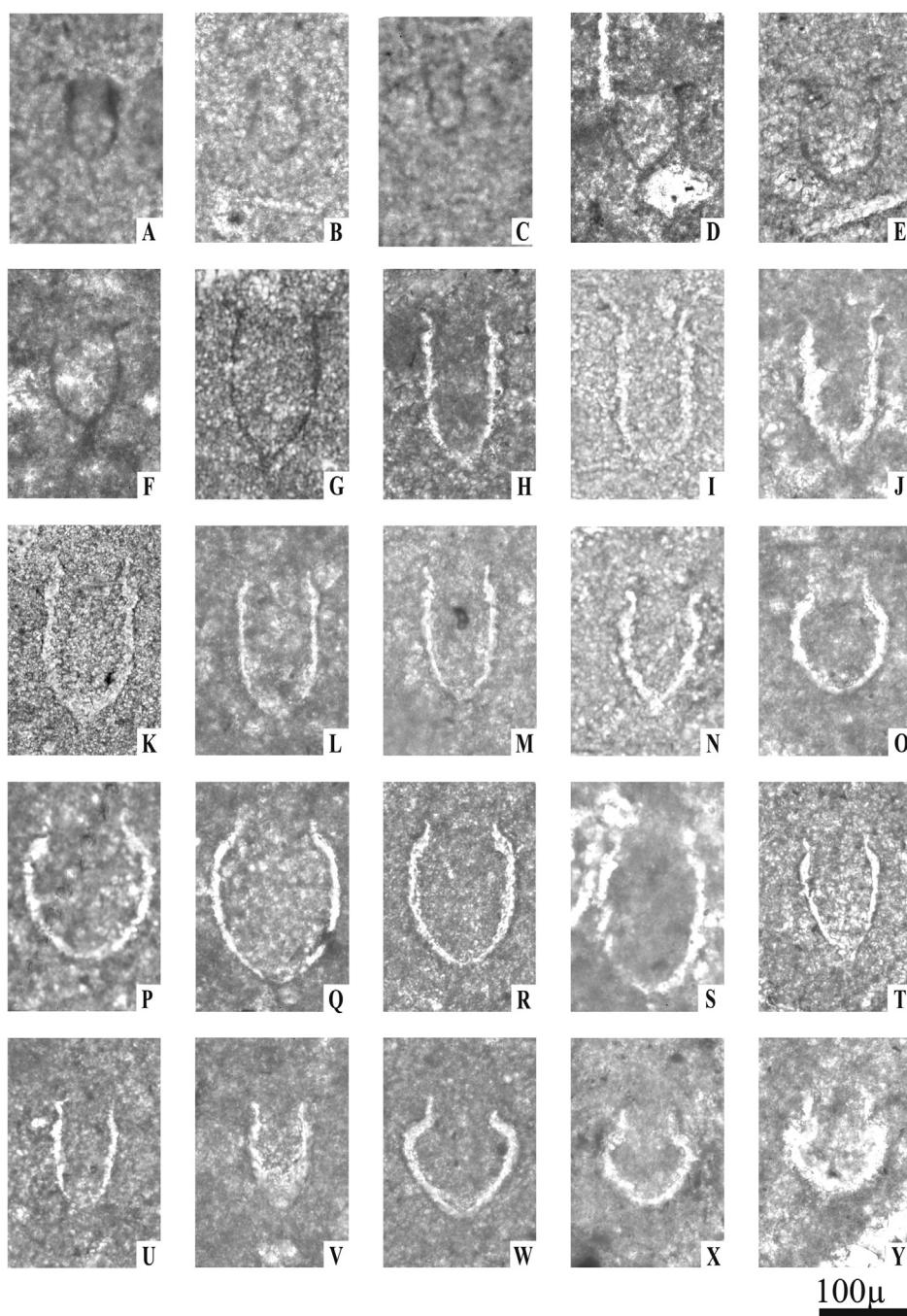
Notons que plusieurs genres et espèces nouvelles de chitinoïdèles ont été créés récemment (Pop, 1997, 1998 ; Sallouhi et al., 2011).

### 3.8. Calpionelles à test hyalin

Elles apparaissent dans la partie supérieure de la zone à Microcanthum (Enay et Geyssant, 1975 ; Benzaggagh, 1988, 1995a ; Cecca et al., 1989) et sont toujours abondantes dans la zone à Durangites.

*Zone à Crassicollaria (partie supérieure de la zone à Microcanthum et zone à Durangites) :* cette première zone de calpionelles vraies à test hyalin (ou zone A ; Remane, 1963, 1971) est marquée par une large domination du genre *Crassicollaria*, avec cinq espèces principales : *Cr. intermedia* Durand Delga (Fig. 5H-J), *Cr. massutiniana* (Colom) (Fig. 5K-M), *Cr. brevis* Remane (Fig. 5N) et *Cr. parvula* Remane. *Tintinnopsella carpathica* (Murgeanu et Filipescu), de taille petite, y est toujours rare. *Capionella alpina* Lorenz, souvent fréquente, est représentée par plusieurs variétés qui se distinguent par la taille (petite, moyenne ou grande) et la forme (allongée, ovale ou globuleuse) de la lorica. On y distingue : *C. alpina* de taille normale (Fig. 5O), *C. grandalpina* Nagy, 1986 (Fig. 5P) et *C. longalpina* Nagy, 1986 (Fig. 5Q). La base de la zone à Crassicollaria est marquée par un niveau de chevauchement des dernières chitinoïdèles et des premières calpionelles vraies à test hyalin (formes primitives) caractérisées par une petite taille, des tests minces et des cols très peu marqués (Benzaggagh, 1988 ; Benzaggagh, 2000, Pl. 5, Fig. 13-15 ; Benzaggagh et Atrops, 1995a, Fig. 4, 16-18) ; ainsi que par la présence de *Praetintinnopsella andrusovi* Borza et *T. Remanei* Borza. Cette association permet de caractériser un Horizon H1 (Benzaggagh, 1988 ; Benzaggagh et Atrops, 1995a ; Benzaggagh et al., 2010) correspondant à la base de la sous-zone A1, sensu Remane (1963, 1971). Ce niveau de chevauchement des dernières chitinoïdèles et des premières calpionelles vraies est mis en évidence dans plusieurs coupes de la Tunisie septentrionale (Ben Abdesselam-Mahdaoui et al., 2010), de l'Italie centrale (Housa et al., 1999, 2004) et des Carpates occidentales (Housa et al., 1996, 1999). Le sommet de la zone est marqué par la présence d'une forme allongée de *C. alpina*, ou *C. elliptalpina* Nagy, 1986 (Fig. 5R-S) (= *C. aff. elliptica* Cadisch, sensu Remane, 1963 ; Benzaggagh, 2000 ; Benzaggagh et Atrops, 1995a ; Benzaggagh et al., 2010). Cette espèce définit un Horizon H2, correspondant à la partie supérieure de la sous-zone A3 (Benzaggagh et al., 2010).

*Zone à Alpina (partie inférieure de la zone à Euxinus) :* la zone à Alpina (ou zone B ; Remane, 1963, 1971) est caractérisée par une acmè de *C. alpina* de taille petite (Fig. 4O) et la disparition des formes grandes ou allongées de *C. alpina* et de toutes les espèces du genre *Crassicollaria*, à l'exception de *Cr. parvula* Remane (Fig. 5T-V). Sa partie inférieure (s.-z. B1, Benzaggagh et Atrops, 1995b ; Benzaggagh et al., 2010, 2012 ; Ben Abdesselam-Mahdaoui et al., 2011) est marquée par une relative fréquence de *Cr. parvula* et par l'abondance de *C. alpina* de taille petite, en particulier des formes à pôle ovales aboral plus ou moins pointu caractéristiques de la base de la zone B (Fig. 5W-Y).



**Fig. 5.** Principales espèces de calpionelles du sommet du Tithonian inférieur et de la base du Berriasien dans les trois bassins étudiés. A-B. *Chitinoidella dobenci* Borza (cp. Y); s.-z. à Dobeni, z. à Ponti. C. *Chitinoidella colomi* Borza (cp. Y); s.-z. à Dobeni, z. à Ponti. D-G. *Chitinoidella boneti* Doben; D-E (cp. Y); F (cp. MG); G (cp. G); s.-z. à Boneti, z. à Microcanthum). H-J. *Crassicollaria intermedia* (Durand Delga); H-I (cp. Y); J (cp. VLPD); z. à Crassicollaria, z. à Durangites. K-M. *Crassicollaria massutiniana* (Colom); K. (cp. Y); L-M (cp. VLPD), z. à Crassicollaria, z. à Durangites. N. *Crassicollaria brevis* Remane (cp. Y); z. à Crassicollaria, z. à Durangites. O. *Calpionella alpina* Lorenz (petite taille) (cp. VLPD); z. à Crassicollaria, z. à Durangites. P. *Calpionella grandalpina* Nagy (cp. VLPD); z. à Crassicollaria, z. à Durangites. Q. *Calpionella longalpina* Nagy (cp. VLPD); z. à Crassicollaria, z. à Durangites. R-S. *Calpionella elliptalpina* Nagy; R (cp. Y); S (cp. VLPD); z. à Crassicollaria, Horizon H2, z. à Durangites. T-V. *Crassicollaria parvula* Remane; T (cp. VP); U-V (cp. Y); z. à Alpina, z. à Euxinus. W-Y. *Calpionella alpina* Lorenz (taille petite, pole aboral pointu); W (cp. Y); X (cp. OU1); Y (cp. VP); z. à Alpina, s.-z. B1, z. à Euxinus. Liste des coupes citées pour des illustrations de microfaunes : Y, KB, TB, BJE, BOB, CHR, G, LA, MG, LI2 (Rif externe). Ces coupes sont publiées dans le travail Benzaggagh (2000); SA, VP, VLPD (Bassin vocontien ; SE de la France) ; Les coupes V et SM sont publiées l'article Homberg et al. (2013) ; G, OU, ASS, DASL, ZRS, OU1 (Tunisie septentrionale).

**Main calpionellid species of Lower Tithonian- Lowermost Berriasian in the three studied basins.** A-B. *Chitinoidella dobenci* Borza (Y sec., Dobeni subzone, Ponti Z.). *Chitinoidella colomi* Borza (Y sec., Dobeni subzone, Ponti Z.). D-G, *Chitinoidella boneti* Doben (D-E, Y sec.; F, MG sec.; G, G sec., Boneti subzone, Microcanthum Z.). H-J. *Crassicollaria intermedia* (Durand Delga) (H-I, Y sec.; J, VLPD sec., Crassicollaria Z., Durangites Z.). K-M. *Crassicollaria massutiniana* (Colom) (K, Y sec.; L-M; VLPD sec.; Crassicollaria Z., Durangites Z.). N. *Crassicollaria brevis* Remane (Y sec., Crassicollaria Z., Durangites Z.). O. *Calpionella alpina* Lorenz (small size) (VLPD sec.; Crassicollaria Z., Durangites Z.). P. *Calpionella grandalpina* Nagy (VLPD sec.; Crassicollaria Z., Durangites Z.). Q. *Calpionella longalpina* Nagy (VLPD sec., Crassicollaria Z., Durangites Z.). R-S. *Calpionella elliptalpina* Nagy (R, Y sec.; S, VLPD sec.; Crassicollaria Z., H2 Horizon, Durangites Z.). T-V. *Crassicollaria parvula* Remane (T, VP sec.; U-V, Y sec.; Alpina Z., B1 subzone, Euxinus Z.). W-Y. *Calpionella alpina* Lorenz (small size with pointed pole aboral) (W, Y sec.; X, OU1 sec.; Y, VP sec., Alpina Z., B1 subzone, Euxinus Z.). List of the outcrops sections cited for the microfauna illustrations. F, H, Y, BK, KB, KJ, KR, LA, LR, MB, TB, BJE, BOB, CHR, KSD (External Rif Chain). These sections are published in Benzaggagh (2000). V, AG, SA, SM, VP, VLPD (Vocontian Basin, Southeast France). The SM section is published in Homberg et al., 2013; G, OR, ASS, DASL, ZRS, OU1 (Northern Tunisia).

### 3.9. Biozones d'extension concomitante

En utilisant l'ensemble des microfaunes pélagiques présentes dans des niveaux stratigraphiques contemporains, 13 biozones d'extension concomitante (Ex.c) sont définies pour l'intervalle Oxfordien supérieur-Berriasien basal (Fig. 3B).

**Biozone Ex.c 1 : Oxfordien sup.-Kimméridgien inf. (zone à Platynota)**: dans cette biozone (ou biozone à Protoglobigérines-Fibrata-Tt.cph), les microfaunes pélagiques sont peu abondantes. L'association est composée de fréquentes protoglobigérines, de *C.fibrata* et des sections de saccocomidés de type : Tt.cph ; 2Ax.alg/br.mn/cvt.trg ; 2Ax.lrg/cvt.trg ; 2Ax.arq (cf. Benzaggagh et al., 2015, sous presse).

**Biozone Ex.c 2 : zone à Hypselocyclus**: dans cette biozone (bz. à Lapidosa-Tt.cph), les protoglobigérines sont rares. Les dinokystes calcaires sont représentés par *C.lapidosa*, *C.carpathica* et *C.fibrata*. On y rencontre les mêmes sections de saccocomidés que celles de la biozone précédente.

**Biozone Ex.c 3 : zone à Divisum**: cette biozone (bz. à Filaments-3Ax.br.aig-Pieniniensis) est marquée par un pic à microfilaments (s-z. MF1), localement à saccocomidés. On y note la présence des premières *C.pieniniensis*, *C.nagyi*, *S.moluccana*. Les saccocomidés sont représentés, en plus des sections des biozones précédentes, par des formes diversifiées de type : 3Ax.br.aig, avec ou sans appendices latéraux et avec ou sans cavité triangulaire ; Tt.trg à cavité ouverte ou fermée, avec ou sans appendices latéraux et avec ou sans pied et 2Ax.br.aig/bs.pnt.

**Biozone Ex.c 4 : zones à Acanthicum-Eudoxus**: cette biozone (bz. à Lapidosa-3Ax.br.aig-Filaments) est marquée par la présence de microfilaments (s-z. MF2), mais moins abondants que dans la zone à *Divisum*. Les dinokystes calcaires, rares, sont représentés par *C.lapidosa*, *C.carpathica*. Les saccocomidés, souvent rares, sont représentés par les mêmes sections que celles de la biozone précédente.

**Biozone Ex.c 5 : zone à Beckeri**: cette biozone (bz. à Filaments-Parvula-3Ax.br.aig) est marquée par un nouveau pic à microfilaments (s-z. MF3) et par l'abondance de *Cad.parvula*. Les saccocomidés sont représentés par les mêmes sections que celles des deux biozones précédentes.

**Biozone Ex.c 6 : zone à Hybonotum**: cette biozone (bz. à Moluccana-3Ax.br.aig-Tt.trg) est marquée par l'abondance de saccocomidés, en particulier les sections de type : 3Ax.br.aig, avec ou sans appendices latéraux et avec ou sans cavité triangulaire ; Tt.trg à cavité ouverte ou fermée, avec ou sans appendices latéraux, avec ou sans pied (Fig. 4F) ; 2Ax.br.aig/bs.pnt, avec une nette richesse en sections de type : Tt.psd-hxg.apl/2apd.lat et Tt.trg sans pied ou à pied court et à large cavité triangulaire (Fig. 4G). Les *Globochaete* et les dinokystes calcaires (Fig. 4A) sont souvent abondants. Ces derniers (Fig. 4K) sont représentés par : *C.pieniniensis*, *C.nagyi*, *S.moluccana* et *Carp.borzae*.

**Biozone Ex.c 7 : zones à Darwini-Semiforme**: cette biozone (bz. à Tt.ig-Tt.psd.hxg-Ail.dnt-Malmica-Radiata) est riche en saccocomidés, *Globochaete* et occasionnellement en radiolaires. Les saccocomidés sont dominés par les sections à test massif de type : Tt.ig ; Tt.psd-hxg.apl (Fig. 4H-J) ; Ail.dnt/tst.éps. Les dinokystes calcaires, rares, sont représentés essentiellement par *P.malmica*, *Cad.radiata*, *Cad.semiradiata*, *P.tuberculata* nov. sp. et *S.grandis* nov. sp.

**Biozone Ex.c 8 : zone à Fallauxi**: dans cette biozone (bz. à Ciezynica-Tt.psd-hxg-Ail.mn), les *Globochaete* et les saccocomidés sont toujours abondants. Ces derniers sont dominés par des sections de type : Tt.psd-hxg.apl ; Tt.psd-hxg.apl ; Br.alg ; 2Br.prl/ext.smpl ; 3Ax.br.lrg ; 2Ax.br.lrg/pnt.ax.alg ; Ail.mn ; Dn.alg et Dn.ml. Les dinokystes calcaires sont représentés par *C.cieszynica*,

*P.malmica*, *Cad.radiata*, *Cad.semiradiata* et rares *C.lapidosa*, *C.carpathica* et *C.tenuis*.

**Biozone Ex.c 9 : zone à Ponti**: cette biozone (bz. à Fortis-Tenuis-Dobeni-Ail.mn-Ail.hél-2Br.prl.mn) est marquée par une acmé de dinokystes calcaires, avec cinq espèces caractéristiques : *C.fortis*, *C.lapidosa*, *C.carpathica*, *C.tenuis* et rares *C.cieszynica*. Les chitinoïdèles sont représentées par les formes du groupe *C.dobeni* (s-z. à Dobeni). Les *Globochaete* sont abondants. Les saccocomidés, toujours abondants, sont représentés par des sections de formes diversifiées, dominées par : 2Ax.br.lrg/pnt.ax.ard ; 2Ax.br.lrg/pnt.ax.psd-trg ; 2Ax.br.lrg/pnt.ax.alg ; Dn.alg ; différents formes de Dn.ml ; 2Br.prl à extrémités simples, allongées, concaves, convexes ou à appendices latéraux ; 2Br.prl.mn ; 2Ax.br.lrg/cvt.trg/pnt.ax ; Ail.mn à pointes axiales allongées, courtes, arrondies, ovales ou triangulaires ; Ail.hél et psd-hél ; Tt.psd-hxg.apl ; 2Ax.V.aig.

**Biozone Ex.c 10 : zone à Microcanthum pro parte**: dans cette biozone (bz. à Boneti-Ail.mn-Ail.hél-2Br.prl.mn-Fortis-Carpathica), qui correspond à la sous-zone à Boneti, les chitinoïdèles sont représentées par les formes du groupe *C.bonetii*. Les dinokystes calcaires y sont toujours fréquents, épisodiquement abondants ; ils sont représentés par les mêmes espèces que celles de la biozone précédente, à l'exception de *C.cieszynica*. Les *Globochaete* sont abondants. Les radiolaires sont épisodiquement fréquents. Les saccocomidés, abondants, sont représentés par les mêmes sections que la biozone précédente, devenant de moins en moins fréquentes vers le sommet de la zone.

**Biozone Ex.c 11 : parties sup. de la zone à Microcanthum et inf. de la zone à Durangites**: cette biozone (bz. à Crassicollaria-2Ax.br.lrg-Fortis-Carpathica) est marquée par la présence de calpionelles à test hyalin, qui sont souvent abondantes, avec une large domination des espèces du genre *Crassicollaria*. *C.alpina*, représentée par plusieurs variétés, est souvent fréquente. *T.carpathica*, de petite taille, est rare. Les dinokystes calcaires, souvent fréquents, sont représentés par les mêmes espèces que celles de la biozone précédente. Les *Globochaete* sont abondants. Les saccocomidés, moins fréquents et peu diversifiés, sont dominés par des formes de type : 2Ax.br.lrg, à pointes axiales arrondies, allongées ou pseudo-rectangulaires. On y rencontre de fréquentes sections de type : 3Ax.br.lrg ; Br.alg ; 2Br.prl/ext.smpl ; Ail.mn ; 2Ax.br.lrg/cvt.trg/pnt.ax ; Dn.alg ; Dn.ml et rares 2Ax.V.aig ; Tt.psd-hxg.apl/2apd.lat.

**Biozone Ex.c 12 : partie supérieure de la zone Durangites**: cette biozone (bz. à Crassicollaria-Elliptalpina-Fortis-Carpathica) est riche en calpionelles, en particulier les espèces du genre *Crassicollaria* et à un degré moindre, celles du genre *Calpionella* ; elle est aussi marquée par la présence de *C.elliptalpina* et par la disparition apparente de saccocomidés. Les dinokystes calcaires sont représentés par les mêmes espèces que celles des deux biozones précédentes. Les *Globochaete* et les radiolaires sont souvent fréquents.

**Biozone Ex.c 13 : sous-zone à Jacobi**: cette biozone (bz. à Alpina-Parvula) est marquée par l'acmé des petites formes de *C.alpina* (plus de 80 % de la microfaune de calpionelles), en particulier les formes ovales à pôle aboral plus ou moins pointu (Fig. 5W-Y) ; ainsi que par la disparition des principales espèces de calpionelles de la zone précédente, à l'exception de *Cr.parvula* qui y devient fréquente, entre 15 % et 20 % du total de la microfaune de calpionelles. *T.carpathica* est toujours très rare (> 5 %). Les *Globochaete* et les radiolaires sont souvent abondants. Les dinokystes calcaires sont représentés par *C.carpathica* et *C.lapidosa*.

### 4. Conclusion

L'analyse de plusieurs centaines de lames minces issues de plusieurs dizaines de coupes datées par ammonites, ou par calpionelles, et appartenant à trois bassins différents (Rif externe, SE de la France, Nord de la Tunisie), permet de mieux caractériser

les répartitions stratigraphiques des huit principaux groupes de microfaune pélagique du sommet du Jurassique et de la base du Berriasien. Parmi ces groupes, les saccocomidés, qui apparaissent dans l’Oxfordien moyen, souvent rares à peu abondants pendant l’Oxfordien et le Kimméridgien, deviennent sporadiquement abondants à partir de la base de la zone à *Hybonotum* et pendant tout le Tithonien, jusqu’à l’extinction du groupe, à la limite des sous-zones A2-A3 de calpionnelles. 7 biozones d’association des sections de ce groupe fossile sont définies pour l’intervalle Oxfordien supérieur-Tithonien supérieur. Les dinokystes calcaires, bien que souvent rares, permettent de caractériser plusieurs intervalles stratigraphiques grâce à la présence de certaines espèces index de courte extention (*Carp. borzai*, *S. moluccana*, *C. nagyi*, *C. pieniniensis*, *C. Ciesznica*), ou grâce à des périodes d’épanouissement du groupe (Oxfordien supérieur, zone à *Divisum*, zone à *Beckeri*, zone à *Hybonotum*, zone à *Ponti*). Parmi 10 biozones de dinokystes définies pour l’intervalle Oxfordien supérieur-Tithonien supérieur, 7 au moins ont une valeur générale dans le domaine téthysien. Les protoglobigérines permettent de caractériser l’Oxfordien supérieur et la base du Kimméridgien inférieur (zone à *Platynota*). Les *Globochaete*, toujours présents, ne sont réellement abondants qu’à partir de la base du Tithonien. Les microfilaments montrent dans les coupes du Rif externe et du Nord de la Tunisie, deux niveaux d’abondance, respectivement dans les zones à *Divisum* et à *Beckeri* pour disparaître au sommet de cette dernière zone. Les chitinoïdèles, qui caractérisent les niveaux de passage Tithonien inférieur-Tithonien supérieur, sont représentées par deux variétés de formes : petite et grande taille, qui définissent deux sous-zones : *Dobeni*, qui correspond à la zone à *Ponti*, et *Boneti*, qui correspond à la zone à *Microcanthum pro parte*. Les calpionnelles, qui apparaissent au sommet de la zone à *Microcanthum*, sont dominées par les espèces du genre *Crassicollaria* dans les zones à *Microcanthum* et à *Durangites* et par l’espèce *C. alpina* dans la zone à *Euxinus* de la base du Berriasien. La base de la zone à *Crassicollaria* est marquée par un niveau de chevauchement des dernières chitinoïdèles et des premières calpionnelles vraies (Horizon H1 de la sous-zone A1). Sa partie supérieure est marquée par la disparition relative de saccocomidés et l’apparition de *C. elliptalpina* (Horizon H2 de la sous-zone A3). L’utilisation simultanée des différents groupes de microfaunes pélagiques permet de caractériser 13 biozones d’extinction concomitante pour l’intervalle étudié, dont chacune correspond à une ou à deux zones d’ammonites.

## Déclaration d’intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d’intérêts en relation avec cet article.

## Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre de deux projets « Appui à la Recherche de l’Université Moulay Ismail ». L’auteur (M.B.) souhaite dédier ce travail et rendre hommage au Professeur Gérard Le Hégarat, qui l’avait initié à l’étude des calpionnelles et aux Professeurs S. Elmi et M. Durand Delga, qui l’ont toujours encouragé et soutenu dans ses travaux de recherche sur les séries du Jurassique supérieur et de la base du Crétacé. Les auteurs tiennent à remercier vivement le Professeur Didier Neraudeau, rédacteur en chef de la Revue Annales de Paléontologie pour avoir accepté de soumettre ce travail aux jugements des experts et ils remercient vivement l’expert anonyme pour ses corrections et ses précieuses remarques et suggestions qui ont contribué à améliorer la qualité scientifique de ce manuscrit.

## Références

- Aubouin, J., Debemas, J., 1980. *L’Europe : les chaînes périméditerranéennes*. Colloque C 5, 26<sup>e</sup> CGI., pp. 62–85.
- Aubry, M.P., Depêche, F., Dufour, T., 1988. *Stomiosphaera minutissima* (Colom, 1935) from the Lias of Mallorca (Balearic Islands) and Umbria (Italy) and *Schizosphaerella punctulata* DEFLANDRE & Dangeard, 1938 : taxonomic revision. *Géobios* 21, 709–727.
- Ben Abdesselam-Mahdaoui, S., Benzaggagh, M., Bouhlel, S., Razgallah, S., 2010. Nouvelles données biostratigraphiques sur les niveaux de passage Jurassique-Crétacé et les calcaires du Campanien dans le secteur de Hammam Zriba-Jebel Guebli (Tunisie septentrionale). *Geo-Eco-Trop* 34, 113–126.
- Ben Abdesselam-Mahdaoui, S., Benzaggagh, M., Razgallah, S., Alouani, R., Benzarti, R., 2011. Les associations des calpionnelles du Berriasien et du Valanginien inférieur de la Tunisie septentrionale. Comparaison avec les associations du Rif externe (Maroc). *Comptes Rendus Palevol* 10, 527–535.
- Benzaggagh, M., 1988. Étude stratigraphique du Jurassique supérieur dans le Pré rif interne (Régions de Msila et de Moulay Bouchta, Maroc). Thèse 3<sup>e</sup> Cycle, Lyon, 194 p. (inédit).
- Benzaggagh, M., 2000. Le Malm supérieur et le Berriasien dans le Pré rif interne et le Mésorif (Rif, Maroc). Biostratigraphie, lithostratigraphie, paléogéographie et évolution tectono-sédimentaire. Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon 152, 347 p.
- Benzaggagh, M., Atrops, F., 1995a. Les zones à *Chitinoidella* et à *Crassicollaria* (Tithonien) dans la partie interne du Pré rif (Maroc). Données nouvelles et corrélations avec les zones d’ammonites. *Comptes Rendus de l’Académie des Sciences de Paris série IIa* 320, 227–234.
- Benzaggagh, M., Atrops, F., 1995b. Données nouvelles sur la succession des calpionnelles du Berriasien dans le Pré rif interne et le Mésorif (Rif, Maroc). *Comptes Rendus de l’Académie des Sciences de Paris* série IIa 321, 681–688.
- Benzaggagh, M., Atrops, F., 1996. Répartition stratigraphique des principales espèces de “microporématiques” dans le Malm supérieur-Berriasien du Pré rif interne et du Mésorif (Maroc). Biozonation et corrélation avec les ammonites et les calpionnelles. *Comptes Rendus de l’Académie des Sciences de Paris* série IIa 322, 661–668.
- Benzaggagh, M., Atrops, F., 1997. Stratigraphie et association de faune d’ammonites des zones du Kimméridgien, Tithonien et Berriasien basal dans le Pré rif interne (Rif, Maroc). *Newsletters on Stratigraphy* 35, 127–163.
- Benzaggagh, M., Habibi, M., 2006. Les séries carbonatées du Jurassique supérieur et les niveaux de passage au Crétacé inférieur dans la partie occidentale du Rif externe (Pré rif interne et Mésorif (Marc)). *Newsletters on Stratigraphy* 42, 115–141.
- Benzaggagh, M., Cecca, F., Rouget, I., 2010. Biostratigraphic distribution of ammonites and calpionellids in the Tithonian of the internal Prerif (Msila area, Morocco). *Paläontologische Zeitschrift* 8, 301–315.
- Benzaggagh, M., Cecca, F., Schnyder, J., Seyed-Emami, K., Reza Majidifard, M., 2012. Calpionnelles et microfaunes pélagiques du Jurassique supérieur-Crétacé inférieur dans les Formations Shal et Kolar (Montagnes du Talesh, chaîne de l’Elbourz, Nord-Ouest Iran). Répartition stratigraphique, espèces nouvelles, révision systématique et comparaisons régionales. *Annales de Paléontologie* 98, 253–301.
- Benzaggagh, M., Homberg, C., Schnyder, J., Ben Abdesselam-Mahdaoui, S., 2015. Description et biozonation des sections de crinoïdes saccocomidés du Jurassique supérieur (Oxfordien-Tithonien) du domaine téthysien occidental. *Annales de Paléontologie* 101 (sous presse).
- Bonet, F., 1956. Zonificación microfaunística de las calizas cretácicas del Este de México. *Boletín de la Asociación mexicana de Geólogos Petroleros* 8, 389–488.
- Borza, K., 1964. Die Gattung *Stomiosphaera* Wanner, 1940, in den Westkarpat. *Geologicky sbornik Slovenska akademie vied* 15, 189–195.
- Borza, K., 1969. Die Mikrofacies und Mikrofossilien des Oberjuras und der Unterkreide der Klippenzone der Westkarpaten. Verlag der Slowakischen Akademie der Wissenschaften, Bratislava, 301 p.
- Borza, K., 1984. The Upper Jurassic-Lower Cretaceous parabiostratigraphic scale on the base of *Tintinninae*, *Cadosinidae*, *Stomiosphaeridae*, *Calcsphaerulidae* and other microfossils from the West Carpathians. *Geolgickyborník-Geologica Carpatica* 3, 539–550.
- Borza, K., Michalík, J., 1986. Problems with delimitation of the Jurassic/Cretaceous Boundary in the Western Carpathians. *Acta Geologica Hungarica* 291, 133–149.
- Caracuel, J.E., Oloriz, F., Sarti, C., 1997. Environmental evolution during the Late Jurassic at Lavarone (Trento Plateau, Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 13, 163–177.
- Cecca, F., Rehanek, J., 1991. First correlation between Late Jurassic ammonite and “microporématique” biostratigraphic scales. Results from Marches Apennines (Central Italy). *Comptes Rendus de l’Académie des Sciences de Paris* série IIa 313, 1441–1446.
- Cecca, F., Enay, R., Le Hégarat, G., 1989. L’Ardescien (Tithonique supérieur) de la région stratotypique : séries de référence et faunes (Ammonites, calpionnelles) de la bordure ardéchoise. *Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon* 107, 113 p.
- Colom, G., 1935. Estudios litológicos sobre el Jurásico de Mallorca. Association pour l’Étude géologique de la Méditerranée occidentale 3, 1–17.
- Colom, G., 1994. Sobre la presencia de organismos esferoidales « *incertae sedis* » en el Jurásico-Cretáceo. *Revista Espagnola de Micropaleontología* 24, 5–23.

- Dromart, G., Atrops, F., 1988. Valeur stratigraphique des biomicrofaciès pélagiques dans le Jurassique supérieur de la Téthys occidentale. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris série IIa 312, 617–622.
- Durand Delga, M., 1957. Quelques remarques sur les fibrosphères. Publications du Service de la Carte géologiques de l'Algérie 13, 153–164.
- Enay, R., Geyssant, G.R., 1975. Faunes tithoniennes des chaînes bétiques (Espagne méridionale). Colloque Limite Jurassique-Créacé, Lyon-Neuchâtel. Mémoire Bureau de Recherche géologiques et Minières 10, 261–281.
- Grandesso, P., 1977. Gli strati a Precalpionellidi del Titoniano e i loro rapporti con il Rosso-Ammonitico Veneti. Memorie di Scienze geologiche, Università Padova 32, 3–14.
- Homberg, C., Schnyder, J., Benzaggagh, M., 2013. Late Jurassic-Early Cretaceous faulting in the Southeastern French Basin: does it reflect a tectonic reorganization? Bulletin de la Société Géologique de France 184 (4–5), 501–514.
- Housa, V., Krs, M., Krsova, M., Man, O., Primer, P., Venhodova, D., 1999. High-resolution magnetostratigraphy and micropalaeontology across the J/K boundary strata at Brodno near Zilina, western Slovakia: summary of results. Cretaceous research 20, 699–717.
- Housa, V., Krs, M., Man, O., Pruner, P., Venhodova, D., Cecca, F., Nardi, G., Piscitello, M., 2004. Combined magnetostratigraphy, palaeomagnetic and calpionellid investigations across Jurassic/Cretaceous boundary strata in the Bosso Valley, Umbria, central Italy. Cretaceous Research 25, 771–785.
- Keupp, H., 1992. Calcareous dinoflagellate cysts from the Lower Cretaceous of Hole 761C, Wombat Plateau, Eastern Indian Ocean. Proceeding of the Ocean Drilling Program, Project 30, Scientific Result 322, 497–509.
- Lakova, I., Stoykova, K., Ivanova, D., 1999. Calpionellid, nannofossil and calcareous dinocyst bioevents and integrated biochronology of the Tithonian to Valanginian in the Western Balkanides, Bulgaria. Geologica Carpathica 50 (2), 151–168.
- de Lapparent, J., 1924. Les calcaires à Globigérines du Crétacé supérieur et des couches de passage à l'Eocène. Bulletin de la Société Géologique de France, 615–641.
- Nagy, I., 1966. A Stomiosphaera és a Cadosina Nemzetbég Réjtgáni Szerepe a Mecsek Felsőjáraban. Földtani Közlöny 96 (1), 86–104.
- Nagy, I., 1986. Investigation of calpionellids from the Mecsek mountains (S. Hungary). Acta Geologica Hungarica 29, 45–64.
- Nowak, W., 1968. Stomiosphaerids of the Ciezyń Beds (Kimmeridgian-Hauterivian) in the Polish Cieszyń Silesia and their stratigraphical value. Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego 38, 275–314.
- Petrova, S., Rabrenovic, D., Lakova, I., Koleva-Rekalova, E., Ivanova, D., Metodiev, L., Malesevic, N., 2012. Biostratigraphy and microfacies of the pelagic carbonates across the Jurassic/Cretaceous boundary in the eastern Serbia. Geologica Balcanica 41, 53–76.
- Pop, G., 1997. Révision systématique des chitinoïdèles tithoniennes des Carpates méridionales (Roumanie). Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris série IIa 322, 661–668.
- Pop, G., 1998. Stratigraphic distribution and biozonation of Tithonian Praecalpionellids and Calpionellids from the south Carpathians. Romanian Journal of Stratigraphy 77, 3–25.
- Rehakova, D., 2000. Evolution and distribution of the Late Jurassic and Early Cretaceous calcareous dinoflagellates recorded in the Western Carpathian pelagic carbonate facies. Mineralia Slovaca 32, 79–88.
- Rehakova, D., Wierzbowski, A., 2005. Microfacies and stratigraphic position of the Upper Jurassic Rogoza coquinas at Rgoznik, Pieniny Klippen Belt, Carpathians. Volumina Jurassica 3, 15–27.
- Rehanek, J., 1982. New species of the genus *Colomisphaera* Nowak from the Tithonian and Upper Cretaceous. Geologicky Sborník – Geologica Carpathica 33 (2), 219–228.
- Rehanek, J., 1985. Cadosinidae Wanner and Stomiosphaeridae Wanner (incertae sedis) from the Mesozoic limestones of southern Moravia. Casopis pro mineralogii a geologii 30 (4), 367–380.
- Rehanek, J., Cecca, F., 1993. Calcareous Dinoflagellate Cysts Biostratigraphy in Upper Kimmeridgian – Lower Tithonian pelagic Limestones of Marches Apennines (Central Italy). Revue de Micropaléontologie 36 (2), 143–163.
- Remane, J., 1963. Les Calpionelles dans les couches de passage jurassique-crétacé de la fosse vocontienne. Travaux du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Grenoble 39, 25–82.
- Remane, J., 1971. Les calpionelles, protozoaires planctoniques des mers méso-génées de l'époque secondaire. Annales Guébhard Neuchâtel 47, 1–25.
- Sallouhi, H., Boughdiri, M., Cordey, F., 2011. Tithonian Chitinoïdells of the South-Tethyan Margin of the Maghreb: new data from Tunisia. Comptes Rendus Palevol 10, 641–653.
- Wanner, J., 1940. Gesteinbilden der Foraminiferen aus Malm und Unterkreide des östlichen Ostindischen Archipels nebst Bemerkungen über Orbularia/Rhumbler und andere verwandte Foraminefera. Paläontologie Zeitschrift 22, 75–99.
- Weinkauf, M.F.G., Keupp, H., Mutterlose, J., 2013. Calcareous dinoflagellates from the Late Hauterivian (Early Cretaceous) of Frielingen, Germany. Documenta naturae 192, 241–271.
- Wendlner, J., Gräfek, U., Willems, H., 2002. Palaeoecology of calcareous dinoflagellate cysts in the mid-Cenomanian Boreal Realm: implications for the reconstruction of palaeoceanography of the NW European. Cretaceous Research 23, 213–229.