

Contributions biostratigraphiques et paléoenvironnementales de l'étude des nannofossiles calcaires des dépôts tortono- messiniens du bassin du Chélif (Algérie)

Mohamed El Habib MANSOURI
Mostefa BESSEDIK

Université d'Oran Es-Sénia, Département des Sciences de la Terre,
Laboratoire de Paléontologie, Stratigraphie et Paléoenvironnement,
BP 1524, 31000 Oran (Algérie)
mansouri_habib@hotmail.com

Marie-Pierre AUBRY

Rutgers University, Department of Geological Sciences,
Wright Laboratories,
610 Taylor Road, Piscataway NJ 08854-8066 (USA)

Lahcene BELKEBIR

Bouhameur MANSOUR

Université d'Oran Es-Sénia, Département des Sciences de la Terre,
Laboratoire de Paléontologie, Stratigraphie et Paléoenvironnement,
BP 1524, 31000 Oran (Algérie)

Luc BEAUFORT

CEREGE, Europôle méditerranéen de l'Arbois,
BP 80, F-13545 Aix-en-Provence cedex 04 (France)

Mansouri M. E. H., Bessedik M., Aubry M.-P., Belkebir L., Mansour B. & Beaufort L. 2008. — Contributions biostratigraphiques et paléoenvironnementales de l'étude des nannofossiles calcaires des dépôts tortono-messiniens du bassin du Chélif (Algérie). *Geodiversitas* 30 (1): 59-77.

RÉSUMÉ

Cinquante espèces de nannofossiles calcaires ont été inventoriées dans des dépôts d'âge miocène supérieur du bassin du Chélif septentrional (Dahra, coupe de Ben Dourda). La fréquence de certaines d'entre elles (*Discoaster loeblichii*, *D. quinqueramus*, *Amaurolithus primus* et *A. amplificus*) suggère la présence de quatre sous-biozones (NN10a, NN10b, NN11b et NN11c) attribuées au Tortonique et au Messinien. La sous-zone NN11a est lacunaire (hiatus). Cette lacune est attestée par la présence simultanée (FO) de *D. quinqueramus* et *A. primus*. Les mêmes échantillons soumis à l'analyse des foraminifères planctoniques révèlent une succession comparable de biozones (*Neogloboquadrina acostaensis*, *N. humerosa*-*N. dutertrei* et *Globorotalia mediterranea*) ayant permis

MOTS CLÉS

Nannofossiles calcaires,
foraminifères,
Miocène supérieur,
biostratigraphie,
paléoécologie,
bassin du Chélif,
Algérie.

d'effectuer un meilleur étalonnage entre échelles biostratigraphiques (nannofossiles calcaires, foraminifères). La limite Tortonien-Messinien est repérée au niveau de l'échantillon 28 sur la coupe, marquée par la première occurrence (FO) d'*A. delicatus* et *Reticulofenestra rotaria* d'une part et de *G. mediterranea* d'autre part. L'analyse des associations et les fluctuations de l'abondance relative de *Coccolithus pelagicus* et *R. pseudoumbilicus* ont permis de mettre en évidence sept phases successives au cours du Miocène supérieur caractérisées, en alternance, par des conditions de masses d'eau marine froide et chaude, de variations dans l'intensité de la lumière et de disponibilité des éléments nutritifs.

ABSTRACT

Biostratigraphic and paleoenvironmental contributions of calcareous nannofossil study from Tortonian-Messinian deposits of Chelif basin (NW Algeria).

Fifty calcareous nannofossil species were listed in the upper Miocene deposits of the Northern Chelif Basin (Dahra, Ben Dourda section). The frequency of some of them (*Discoaster loeblichii*, *D. quinqueramus*, *Amaurolithus primus* and *A. amplificus*) suggests the presence of four subzones (NN10a, NN10b, NN11b, NN11c) which are assigned to the Tortonian and Messinian stages. The NN11a subzone is absent (hiatus), testified by the (first) simultaneous occurrence (FO) of *D. quinqueramus* and *A. primus*. In the same samples, planktonic foraminifera analysis revealed a comparable succession of biozones (*Neogloboquadrina acostaensis*, *N. humerosa*-*N. dutertrei* and *Globorotalia mediterranea*) which make possible a good calibration between biostratigraphic scales (calcareous nannofossils, foraminifera). The Tortonian-Messinian boundary is pointed out at the sample 28 of the section and characterized by the first occurrence (FO) of *A. delicatus* and *Reticulofenestra rotaria* on the one hand and *G. mediterranea* on the other hand. The assemblage analysis and relative abundance fluctuations of *Coccolithus pelagicus* and *R. pseudoumbilicus* show evidence of seven successive phases which are characterized, alternately, by cold and hot water marine masses, light intensity variations and nutrient availability.

KEY WORDS

Calcareous nannofossils,
Foraminifera,
Upper Miocene,
biostratigraphy,
paleoecology,
Chelif Basin,
Algeria.

INTRODUCTION

Les premiers travaux sur les nannofossiles calcaires du Miocène supérieur en Algérie, plus particulièrement dans le bassin du Chélif, ont été réalisés par Deflandre (1939, 1942a-c) et Deflandre & Fert (1954) et plus généralement sur le Néogène algérien par Gardet (1955) avec des précisions systématiques des nannofossiles pour l'ensemble de l'Afrique du Nord (Clocchiatti 1971).

Le présent travail présente les résultats de l'étude des nannofossiles calcaires de la coupe de Djebel Ben Dourda du bassin du Chélif, situé en Méditerranée sud-occidentale (Fig. 1), aux points de vue biostratigraphique et paléoécologique. Ces terrains ont fait l'objet de nombreuses études au cours de ces dernières décennies, particulièrement en biostratigraphie à partir des foraminifères. Notre but est de préciser, de compléter et d'affiner certaines attributions stratigraphiques du Miocène supérieur dans

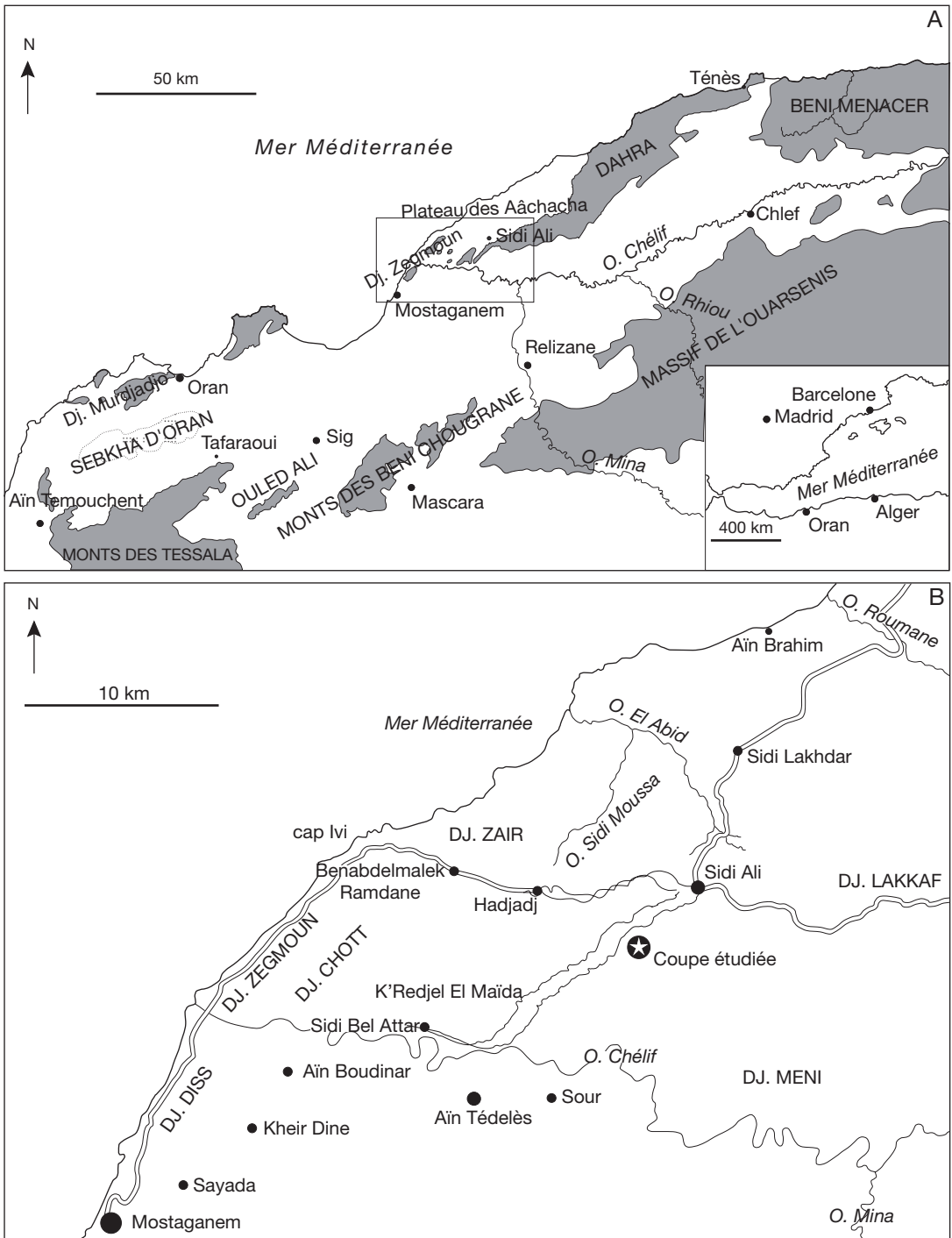


Fig. 1. — **A**, Carte simplifiée du bassin du Bas Chélif (Algérie); **B**, localisation de la coupe de Djebel Ben Dourda, situation par rapport à la wilaya de Mostaganem. Abréviations: **Dj.**, Djebel; **O.**, oued.

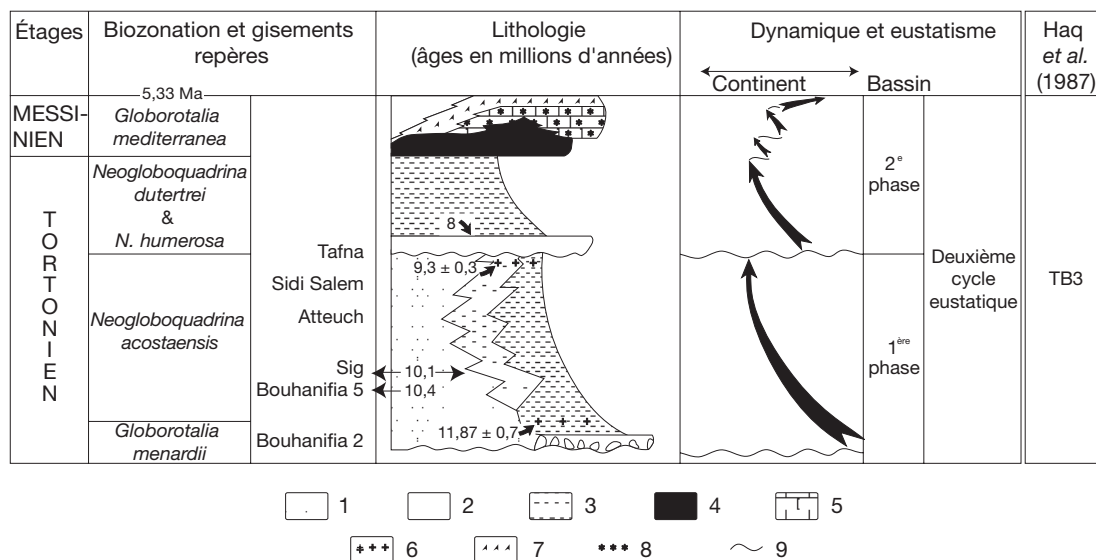


Fig. 2. — Biozonation dans la série type des bassins miocènes de l'Algérie nord-occidentale (Chélif, Tafna). Cycles eustatiques miocènes et leur correspondance avec les cycles de Haq *et al.* (1987) d'après Belkebir *et al.* (1996) modifié. 1, conglomérats; 2, grès; 3, marnes; 4, diatomites (Tripoli); 5, calcaires; 6, cinérites; 7, gypse; 8, algues et coraux; 9, discontinuités.

le bassin du Chélif et d'y établir des corrélations avec d'autres groupes de micro-organismes étudiés.

CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE

La coupe de Djebel Ben Dourda est située sur la route (W 42) reliant Sidi Bel Attar à Sidi Ali (Fig. 1B). Elle fait partie du massif du Dahra sud-occidental (Fig. 1A) et de la marge septentrionale du bassin du Bas Chélif. Intramontagneux, ce dernier s'agence en longue cuvette orientée ENE-WSW, d'une longueur de 300 km et d'une largeur de 100 km (Perrodon 1957; Thomas 1985; Neurdin-Trescartes 1992).

Les dépôts du Miocène supérieur, occupant presque tout le bassin du Chélif, sont transgressifs et discordants sur les terrains antérieurs (Perrodon 1957; Belkebir *et al.* 1996).

La série type débute par une sédimentation détritique (conglomérats et grès) qui passe vers le centre du bassin à des marnes bleues atteignant plusieurs

centaines de mètres d'épaisseur (S.N. Repal 1952; Dalloni 1952; Perrodon 1957; Belkebir *et al.* 1996). Ces marnes correspondent au « Meroui stage » d'Anderson (1936) et aux « marnes bleues supérieures » de Neurdin-Trescartes (1992) dans lesquelles s'intercalent des niveaux cinéritiques témoignant d'une importante activité volcanique à cette époque dans la région.

Postérieurement à ces dépôts, se met en place une sédimentation diatomitique d'âge miocène terminal, correspondant au « Beida stage » d'Anderson (1936) et à la formation d'El Bordj de Neurdin-Trescartes (1992). Parallèlement, se développaient sur certaines marges et hauts-fonds, des plates-formes carbonatées à algues et coraux. L'équivalence stratigraphique de ces dernières avec les diatomites a été souvent avancée (Gourinard 1958; Perrodon 1957; Rouchy 1982; Saint Martin 1990; Saint Martin *et al.* 1992; Cornée *et al.* 1994).

La position stratigraphique vraisemblable de ces diatomites a été proposée par Roger *et al.* (2000) à partir des âges radiométriques (Ar⁴⁰/Ar³⁹) dans le bassin de Melilla au Maroc.

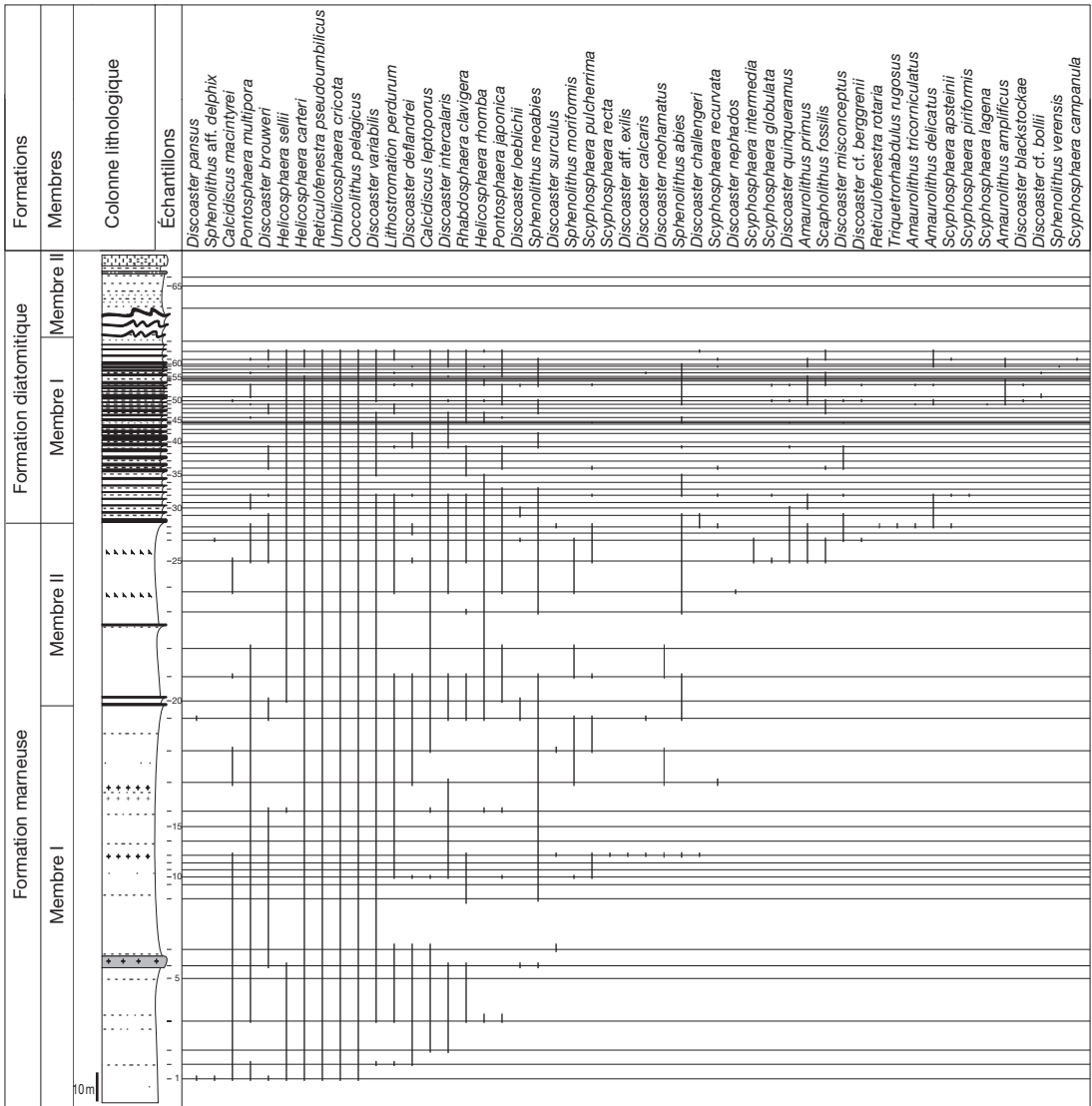


Fig. 3. — Répartition verticale des différents taxons de nanfossiles calcaires dans la coupe du Djebel Ben Dourda, bassin du Bas Chélif (Algérie).

Le Miocène supérieur s’achève par l’installation d’une sédimentation évaporitique, correspondant au « Mellah stage » d’Anderson (1936) et à la formation d’« Oued Sig » de Neurdin-Trescartes (1992). Ces évaporites sont largement connues dans l’ensemble du Bassin méditerranéen et leur chronologie est largement discutée (Hsü *et al.*

1973; Rouchy 1982; Cornée *et al.* 1994, 2006; Clauzon *et al.* 1996; Butler *et al.* 1999; Krijgsman *et al.* 1999; Maillart & Mauffret 2006; Rouchy & Caruso 2006).

Le calage biostratigraphique de la série miocène supérieure du bassin du Chélif (Fig. 3) a été établi par Belkebir *et al.* (1996).

ORGANISATION SÉDIMENTAIRE

Épaisse d'environ 300 m, la coupe de Djebel Ben Dourda est constituée de deux formations (Fig. 3).

FORMATION MARNEUSE

D'une épaisseur d'environ 200 m, la formation marneuse est subdivisée en deux membres. Le membre I est essentiellement constitué de marnes de couleur bleue à grise, parfois indurées. Ces marnes sont marquées par l'intercalation de trois niveaux cinéritiques d'épaisseur variable. Le membre II est composé d'une alternance de marnes bleues, de trois bancs marno-diatomitiques (niveau de l'ordre du centimètre) et de deux niveaux gypseux ne dépassant pas 0,25 m d'épaisseur.

FORMATION DIATOMITIQUE

Deux membres ont été définis dans la formation diatomitique d'une épaisseur totale d'environ 100 m. Le membre I, d'environ 65 m, est représenté par une alternance serrée de marnes bleues et de bancs diatomitiques d'épaisseur variable. Au sommet, ce membre est caractérisé par des laminites marno-diatomitiques. Notons la présence de deux niveaux cinéritiques au milieu et d'un troisième au sommet de ce membre.

Le membre II a été défini par sa grande diversité lithologique. Il est constitué d'une alternance de marnes, de diatomites, de calcaires laminés et de niveaux cinéritiques. Il est caractérisé, dans ses parties diatomitiques, par des glissements synsédimentaires (slumps).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Un échantillonnage très serré a été effectué, en suivant au mieux les rythmes de sédimentation. Parmi les 154 prélevés, seuls 62 échantillons correspondant à des niveaux marneux se sont révélés assez riches en nanofossiles calcaires. Pour chaque échantillon, un frottis a été réalisé sur des lames qui ont été ensuite collées à des lamelles en utilisant une résine Eukitt. Ces lames de référence sont déposées dans la collection de micropaléontologie du laboratoire de

Paléontologie stratigraphique et Paléoenvironnement de l'université d'Oran sous l'enregistrement « coupe de Ben Dourda ».

L'observation des lames a été réalisée au microscope optique polarisant à un grossissement de $\times 1\,000$.

Dans le but d'obtenir une biostratigraphie détaillée, le balayage systématique des lames est réalisé. De même, la recherche d'espèces rares est indispensable.

Un nombre total de 300 individus de coccolithes a été comptabilisé dans chaque lame.

En paléocéologie, nous avons utilisés la méthode de Beaufort & Aubry (1990) qui permet d'enregistrer des variations dans les proportions entre *Coccolithus pelagicus* (espèce d'eau froide) et *Reticulofenestra pseudoumbilicus* (espèce abondante en moyenne latitude pendant le Néogène, d'après Haq 1980) dans la période messinienne, du site 552 de l'Atlantique Nord. Ces deux espèces ont été étudiées de façon quantitative parce que leurs coccolithes sont à peu près de la même taille (3 à 15 μm) et de la même forme (coccolithes elliptiques à large aire centrale). Ces placolithes représentent l'un des groupes morphologiques les plus résistants à la dissolution. Par conséquent, les abondances relatives entre les espèces ne doivent pas être faussées par des procédés physiques (comme le vannage) ou chimiques (dissolution différentielle).

Les auteurs des taxons déterminés au cours de cette étude sont indiqués en Annexe.

BIOSTRATIGRAPHIE

Les travaux de Raffi & Flores (1995) ont permis à Berggren *et al.* (1995) d'intégrer l'intervalle correspondant à la rangée totale d'*Amaurolithus amplificus* dans les échelles biostratigraphiques de référence de Martini (1971) et d'Okada & Bukry (1980). Berggren *et al.* (1995) ont proposé des « datum events » en correspondance avec des âges estimés réalisés dans les régions équatoriales du Pacifique à partir de plusieurs espèces appartenant notamment aux genres *Discoaster*, *Amaurolithus* et *Catinaster* (Fig. 4). La présence de ces taxa dans la série géologique du Djebel Ben Dourda revêt un intérêt particulier notamment (*Discoaster* et *Amaurolithus*) pour le découpage en biozones de la série étudiée (Fig. 5).

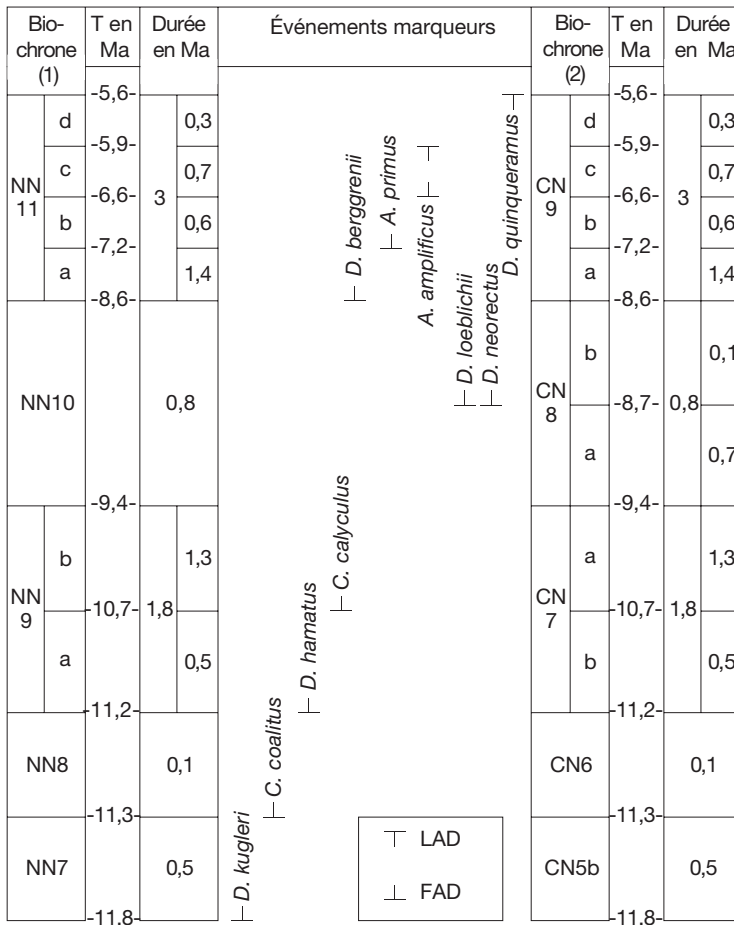


FIG. 4. — Biochronologie de quelques espèces de nanfossiles calcaires du Miocène moyen et supérieur dans les régions équatoriales du Pacifique (d'après Berggren et al. 1995, modifié). Abréviations : **A.**, *Amaurolithus* ; **C.**, *Castinaster* ; **D.**, *Discoaster*.

En effet, celles-ci ont permis de proposer une attribution biostratigraphique à la série du Djebel Ben Dourda.

ZONE À DISCOASTER CALCARIS NN10

Dans la coupe de Djebel Ben Dourda, les membres I et II (*p.p.*) de la formation marneuse ont livré : *Calcidiscus leptoporus*, *C. macintyreii*, *Coccolithus pelagicus*, *Discoaster brouweri*, *D. calcaris*, *D. challengerii*, *D. deflandrei*, *D. aff. exilis*, *D. intercalaris*, *D. loeblichii*, *D. neohamatus*, *D. nephados*, *D. panus*, *D. surculus*, *D. variabilis*, *Helicosphaera carteri*, *H. rhomba*, *H. sellii*, *Lithostromation perdurum*,

Pontosphaera japonica, *P. multipora*, *Reticulofenestra pseudoumbilicus*, *Rhabdosphaera clavigera*, *Scyphosphaera recta*, *S. pulcherrima*, *S. recurvata*, *Sphenolithus abies*, *S. aff. delphix*, *S. moriformis*, *S. neoabies* et *Umbilicosphaera cricota*.

Cette association est attribuée à la biozone NN10 sur la base de la présence de *D. loeblichii* (Fig. 6E), *D. surculus* (Fig. 6I), *D. brouweri* (Fig. 6G), *D. neohamatus* (Fig. 6H) et de l'absence de *D. hamatus* et de *D. quinqueramus*.

L'espèce *D. loeblichii* (Fig. 6E) a été trouvée dans la coupe étudiée à partir de l'échantillon 6, ce qui permet de subdiviser cet intervalle biostratigraphique

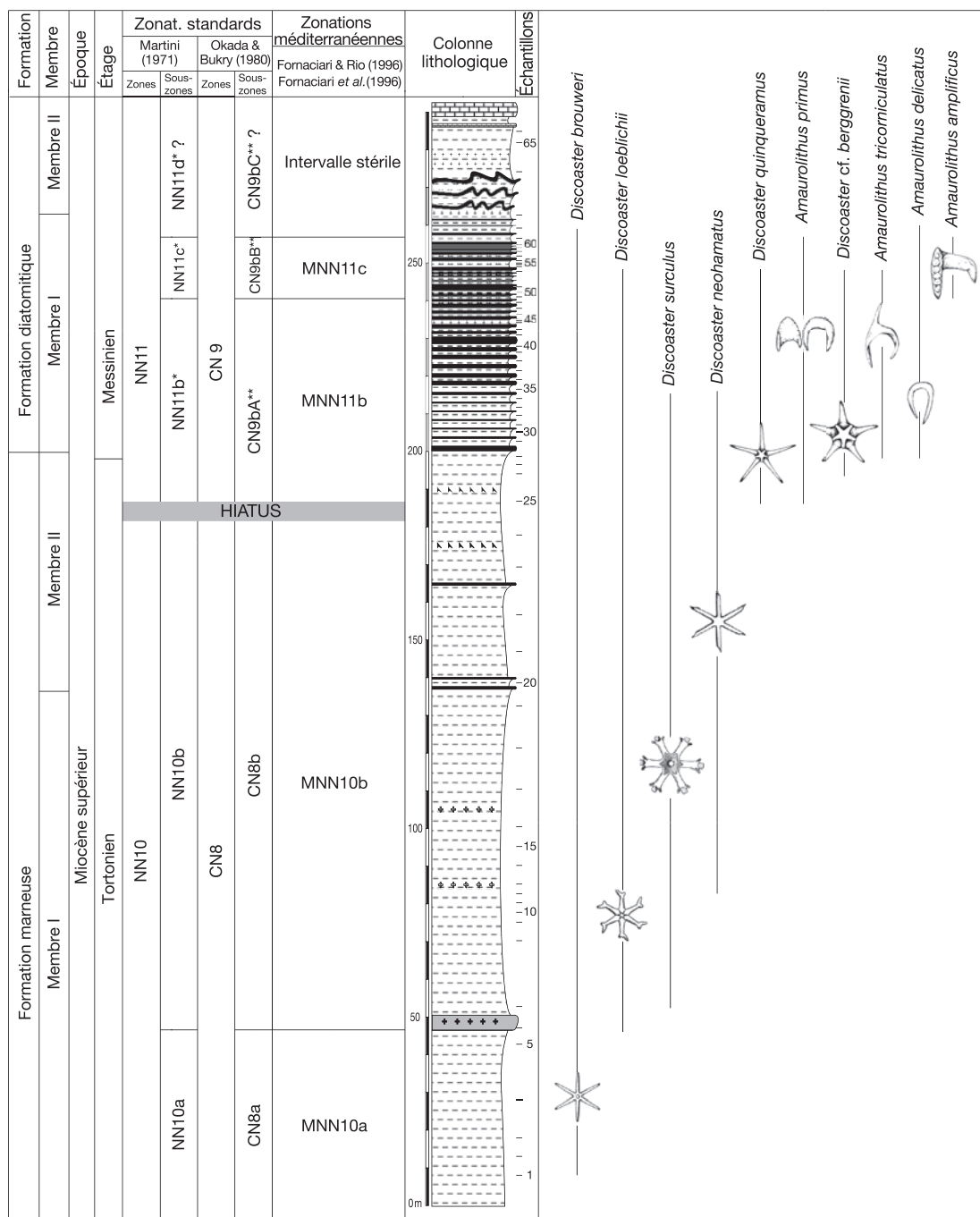


Fig. 5. — Distribution des principaux marqueurs de nanfossiles calcaires de la coupe de Djebel Ben Dourda, bassin du Bas Chélif (Algérie). Les astérisques indiquent des zones modifiées: * par Berggren *et al.* (1995); ** par Raffi & Flores (1995).

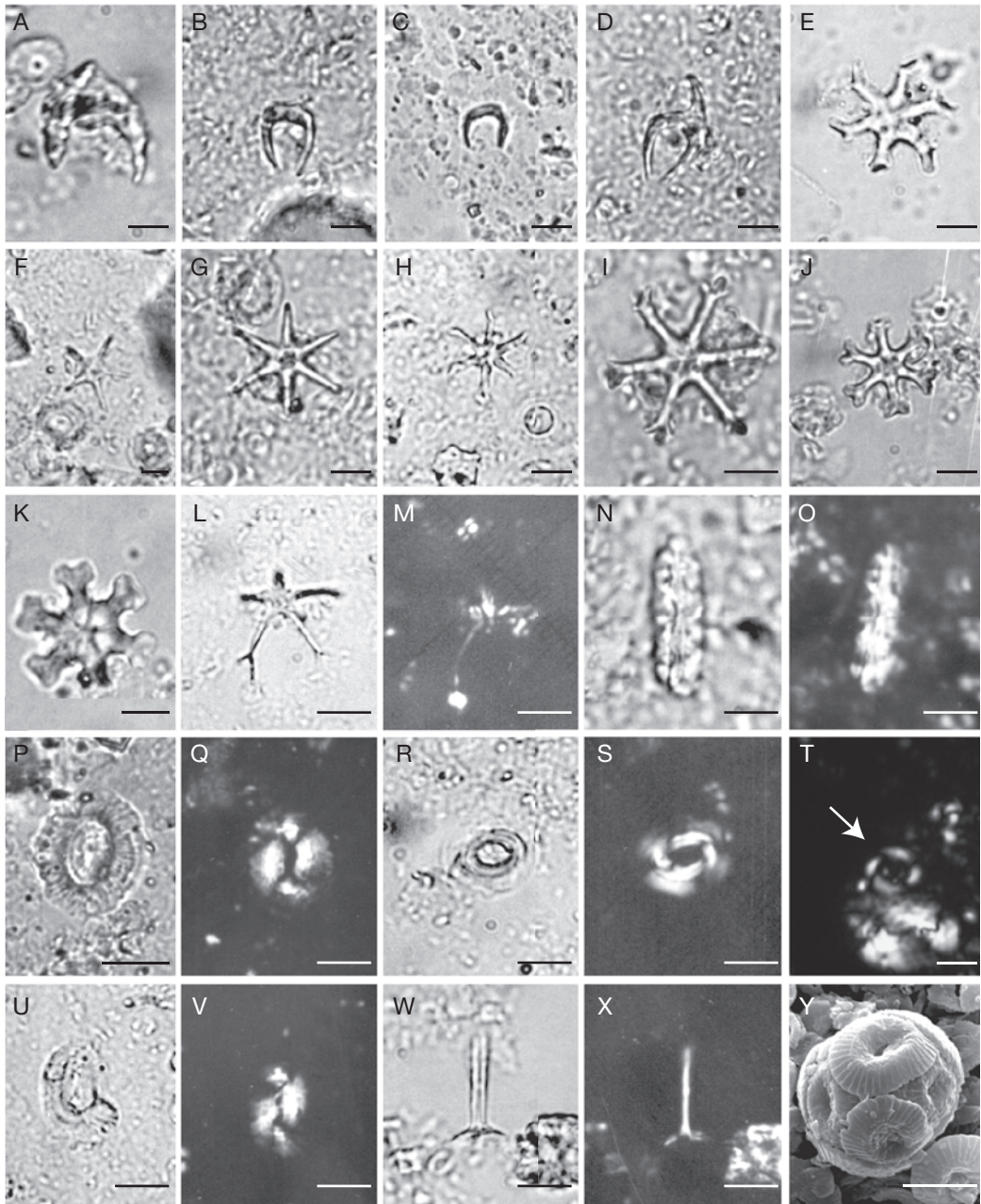


FIG. 6. — Nanfossiles calcaires du Dahra (Algérie) : **A**, *Amaurolithus amplificus* (éch. 52) ; **B**, *A. delicatus* (éch. 28) ; **C**, *A. primus* (éch. 28) ; **D**, *A. tricomiculatus* (éch. 28) ; **E**, *Discoaster loeblichii* (éch. 19) ; **F**, *D. quinqueramus* (éch. 28) ; **G**, *D. brouweri* (éch. 28) ; **H**, *D. neohamatus* (éch. 29) ; **I**, *D. surculus* (éch. 28) ; **J**, *D. variabilis* (éch. 50) ; **K**, *D. deflandrei* (éch. 28) ; **L**, **M**, *D. misconceptus* (éch. 29) ; **N**, **O**, *Triquetrorhabdulus rugosus* (éch. 28) ; **P**, **Q**, *Coccolithus pelagicus* (éch. 1) ; **R**, **S**, *Reticulofenestra pseudoumbilicus* (éch. 4) ; **T**, *R. rotaria* (flèche) (éch. 28) ; **U**, **V**, *Helicosphaera carteri* (éch. 20) ; **W**, **X**, *Rhabdosphaera procerca* (éch. 59) ; **Y**, coccosphère de *Coccolithus pelagicus* au MEB (éch. 19) ; **L**, **N**, **P**, **R**, **U**, **W**, lumière naturelle ; **M**, **O**, **Q**, **S**, **T**, **V**, **X**, lumière polarisée. Échelles : 5 µm.

en deux sous-zones NN10a (CN8a, MNN10a) et NN10b (CN8b, MNN10b).

En conséquence, la formation marneuse (membres I et II *p.p.*) appartiendrait totalement au Tortonien. Les bancs diatomitiques appartenant au membre II de la formation marneuse appartiennent toujours au Tortonien (NN10b), ce qui est en accord (*p.p.*) avec les résultats obtenus en Espagne dans le bassin du Guadalquivir (Bustillo & Lopez Garcia 1997). En revanche, ce résultat permet de réviser l'âge des premiers niveaux diatomitiques longtemps considérés comme indicateurs du début du Messinien dans le bassin du Chéelif (Rouchy 1982; Saint Martin 1990; Mansour 1991; Belkebir *et al.* 1996).

ZONE À *DISCOASTER QUINQUERAMUS* NN11

Cette zone (NN11) débute à partir de l'échantillon 25. Elle comporte la partie supérieure du membre II de la formation marneuse et la formation diatomitique. L'association récoltée dans cette biozone est presque identique à celle décrite dans la biozone NN10 avec en plus : *Amaurolithus amplificus*, *A. delicatus*, *A. primus*, *A. tricorniculatus*, *Discoaster* cf. *berggrenii*, *D. blackstockae*, *D. cf. bollii*, *D. misconceptus*, *D. quinquaramus*, *Reticulofenestra rotaria*, *Scapholithus fossilis*, *Scyphosphaera apsteinii*, *S. campanula*, *S. globulata*, *S. intermedia*, *S. lagena*, *S. piriformis*, *Sphenolithus verensis*, *Triquetrorhabdulus rugosus*.

Les premières formes d'*Amaurolithus primus* ont évolué rapidement, donnant naissance à *Amaurolithus delicatus* (Raffi & Flores, 1995), qui arrive brusquement après la première occurrence (FO) d'*Amaurolithus primus* (Fig. 6C) au niveau de l'échantillon 28 (Fig. 5).

À ce même niveau (28) apparaît la forme intermédiaire entre ces deux espèces, *Amaurolithus tricorniculatus* (Fig. 6D) qui est très rare dans le matériel étudié. Dans le bassin méditerranéen, cette espèce apparaît également comme rare et est présente juste en dessous de la formation de Tripoli en Sicile. Par ailleurs, il faut noter l'apparition de *R. rotaria*, *T. rugosus*, *S. apsteinii* et *D. cf. berggrenii*.

Sur la base de la FO d'*A. primus* et d'*A. amplificus* (Raffi & Flores 1995; Berggren *et al.* 1995) enregistrées, respectivement, au niveau de l'échantillon 25

et l'échantillon 49, on peut proposer la sous-zone NN11b (Fig. 5).

Dans la coupe étudiée, la première apparition (éch. 49) d'*A. amplificus* (Fig. 6A) et sa dernière apparition (éch. 61; Fig. 5) permettent d'individualiser la sous-zone NN11c (CN9bA, MNN11b) à l'exemple des travaux de Raffi & Flores (1995), Berggren *et al.* (1995) et Raffi *et al.* (2003).

En conclusion, il semble que les sous-zones NN11b et NN11c soient facilement identifiables, notamment par l'apparition des deux espèces *A. primus* et *A. amplificus* (respectivement). Il reste néanmoins le problème qu'est l'absence de la sous-zone NN11a (CN9a) correspondant à l'intervalle allant de la FO de *D. quinquaramus* et/ou *D. berggrenii* et la FO d'*A. primus* (Martini & Müller 1986; Okada & Bukry 1980).

Cette absence dans la coupe de Djebel Ben Dourda s'expliquerait notamment par une lacune sédimentaire, hiatus qui a été signalé dans la même période en Italie (Sprovieri *et al.* 1996), au Maroc (Benson & Rakic El Bied 1996) et dans l'océan Indien austral (Beaufort 1992) dont l'âge estimé, à la base de cette surface, est de 8,9 Ma.

Notons que les échantillons prélevés dans la partie supérieure de la coupe de Djebel Ben Dourda considérée comme messinienne par de nombreux auteurs (Anderson 1936; Perrodon 1957; Rouchy 1982; Saint Martin 1990; Saint Martin *et al.* 1992; Neurdin-Trescartes 1992; Mansour *et al.* 1994; Belkebir *et al.* 1996) n'ont livré aucun nannofossile calcaire. Cette absence est probablement due aux conditions paléoenvironnementales défavorables au développement de ces algues calcaires.

LIMITE TORTONIEN-MESSINIEN

La limite Tortonien-Messinien serait localisée au niveau de l'échantillon 28, marqué par la FO d'*A. delicatus* (Fig. 6B). La présence de cette espèce est considérée par ailleurs (Colalongo *et al.* 1979; Rakic el Bied & Benson 1996; Negri & Villa 2000; Raffi *et al.* 2003; Morigi *et al.* 2007) comme l'événement le plus représentatif, indicateur de la partie messinienne de la sous-zone NN11b (Martini & Müller 1986). Cette limite peut être aussi indiquée par la FO de *R. rotaria* (Fig. 6T) en Méditerranée (Theodoridis 1984;

Étages	Blow (1969)	A				B		
		Iaccarino (1985)	Thomas (1985) et Neurdin-Trescartes (1992)	Mazzola (1971)	Belkebir et al. (1996)	Foraminifères (Belkebir comm. pers.)	Nannofossiles calcaires	
MESSINIEN	N17	Non-distinctive Zone <i>Globorotalia conomiozea</i>	<i>Globorotalia mediterranea</i>	<i>Globorotalia tumida plesiolumida</i>	<i>Globorotalia mediterranea</i>	<i>Globorotalia mediterranea</i>	d?	
		<i>Globigerinoides obliquus extremus</i>					<i>Globorotalia humerosa</i> et <i>Globorotalia dutertrei</i>	<i>Neogloboquadrina dutertrei</i> et <i>Neogloboquadrina humerosa</i>
TORTONIEN	N16		<i>Globorotalia acostaensis</i>	<i>Globorotalia acostaensis</i>	<i>Globorotalia acostaensis acostaensis</i>	<i>Neogloboquadrina acostaensis</i>		
		N15					<i>Globorotalia menardii</i> s.l.	<i>Globorotalia menardii</i>

Fig. 7. — Corrélations des principales biozonations des foraminifères avec celles des nanfossiles calcaires de la coupe de Djebel Ben Dourda (bassin du Bas Chélif, Algérie): **A**, échelles biostratigraphiques établies dans le bassin du Chélif (Algérie) et en Méditerranée; **B**, résultats biostratigraphiques de la coupe étudiée.

Negri & Villa 2000). Ceci est conforté par la première présence à ce même niveau de *Globorotalia mediterranea*.

DISCUSSION

Dans cette partie biostratigraphiques (foraminifères, nanfossiles calcaires) nous tenterons quelques corrélations appuyées de quelques repères chronostratigraphiques à l'échelle mondiale et notamment en Méditerranée. De même, l'écologie de certains organismes permettra d'ébaucher un essai paléocologique.

CORRÉLATIONS ENTRE ÉCHELLES

Au cours des quinze dernières années, d'importants progrès ont été réalisés en biostratigraphie (foraminifères) des terrains tortoniens et messiniens à l'échelle de la Méditerranée. En effet, plusieurs échelles sont proposées (Hilgen et al. 1995; Hilgen & Krijgsman 1999; Sierro et al. 2001; Krijgsman et al. 2002; Blanc-Valleron et al. 2002) mettant en évidence un certains nombres de bioévénements synchrones à l'échelle régionale. De la même manière les nanfossiles calcaires ont permis d'établir des zonations basées sur des bioévénements facilement repérables (Flores et al. 1992; Negri et al. 1999; Negri & Villa 2000; Raffi et al. 2003). En Algérie,

les travaux biostratigraphiques traitent essentiellement des foraminifères planctoniques du bassin du Chélif (Mazzola 1971; Thomas 1985; Neurdin-Trescartes 1992; Belkebir 1986; Belkebir et al. 1996) dont les échelles sont bien calibrées avec la biozonation de Iaccarino (1985). L'introduction de la biostratigraphie des nanfossiles calcaires dans cette région est nouvelle et permet de calibrer les zonations foraminifères/nanfossiles calcaires sur le plan local et proposer des corrélations à l'échelle de la Méditerranée. En effet, la coupe de Djebel Ben Dourda, située dans la bordure sud-occidentale du Dahra a été soumise à une analyse paléontologique détaillée portant sur les foraminifères et les nanfossiles calcaires.

La première biozone à *Neogloboquadrina acostaensis* correspondant à la biozone N16 de Blow (1969) est identifiée dès la base de la coupe étudiée et jusqu'à l'échantillon 5 (inclus). La limite supérieure de cette biozone avec la biozone à *Neogloboquadrina dutertrei*/*N. humerosa* (N16/N17) coïncide parfaitement avec la limite NN10a/NN10b (Fig. 7) caractérisée par la FO de *Discoaster loeblichii* dont la FAD, datée de 8,7 Ma (Berggren et al. 1995), est située dans le Chron C4.An (Fig. 8). Cette datation est en accord avec la limite des pulsations eustatiques a et b enregistrées dans le Miocène supérieur du bassin du Chélif (Belkebir et al. 1996) repérée, suivant ces auteurs, vers 8,3 Ma; ils la corrèlent

avec la limite des cycles TB3.1/TB3.2 de Haq *et al.* (1987) (Fig. 2).

Dans la coupe de Djebel Ben Dourda, en dépit de la présence d'un hiatus, nous considérons qu'il s'agit approximativement de la première apparition d'*Amaurolithus primus* et ce pour les raisons suivantes :

- la limite Tortonien-Messinien est repérée stratigraphiquement nettement plus haut dans cette coupe ;

- l'âge de la limite Tortonien-Messinien et de la FAD de l'espèce *Amaurolithus primus* (Chron C3Br.2r) est estimé respectivement à 7,12 et 7,20 Ma (Berggren *et al.* 1995 ; Benson & Rakic El Bied 1996).

La première apparition de *Globorotalia mediterranea* (éch. 28) marque le début du Messinien. Ce même niveau a livré *Amaurolithus delicatus* et *Reticulofenestra rotaria* (Fig. 8). La FO d'*Amaurolithus delicatus* marque le début du Messinien (Martini & Müller 1986). Selon de nombreux auteurs, cette espèce représente la meilleure approximation de la limite Tortonien-Messinien (Mazzei 1977 ; Colalongo *et al.* 1979 ; Salvatorini & Cita 1979 ; Flores *et al.* 1992 ; Rakic El Bied & Benson 1996 ; Cosentino *et al.* 1997 ; Hilgen *et al.* 2000 ; Raffi *et al.* 2003 ; Morigi *et al.* 2007). Elle a été datée de 7,218 à 7,228 Ma (Negri *et al.* 1999).

La première apparition d'*Amaurolithus amplificus* correspond au Chron C3An.2r, datée de 6,6 Ma (Berggren *et al.* 1995). Dans la coupe de Djebel Ben Dourda, elle apparaît à l'échantillon 49 limitant ainsi les sous-zones NN11b/NN11c.

PALÉOÉCOLOGIE

L'étude des variations dans les proportions entre *Coccolithus pelagicus* (Cp) et *Reticulofenestra pseudoumbilicus* (Rp) dans la coupe du Djebel Ben Dourda a permis de subdiviser cette série en sept phases (Fig. 9).

Les phases correspondant à une augmentation du rapport Cp/Rp (b, d et f), indiqueraient une présence de masses d'eau froide. À l'inverse, les phases correspondant à une diminution du rapport Cp/Rp (a, c, e et g) indiqueraient des masses d'eau chaude.

Ces fluctuations dans les rapports Cp/Rp sont en accord avec la fréquence de nombreuses espèces de nannofossiles calcaires.

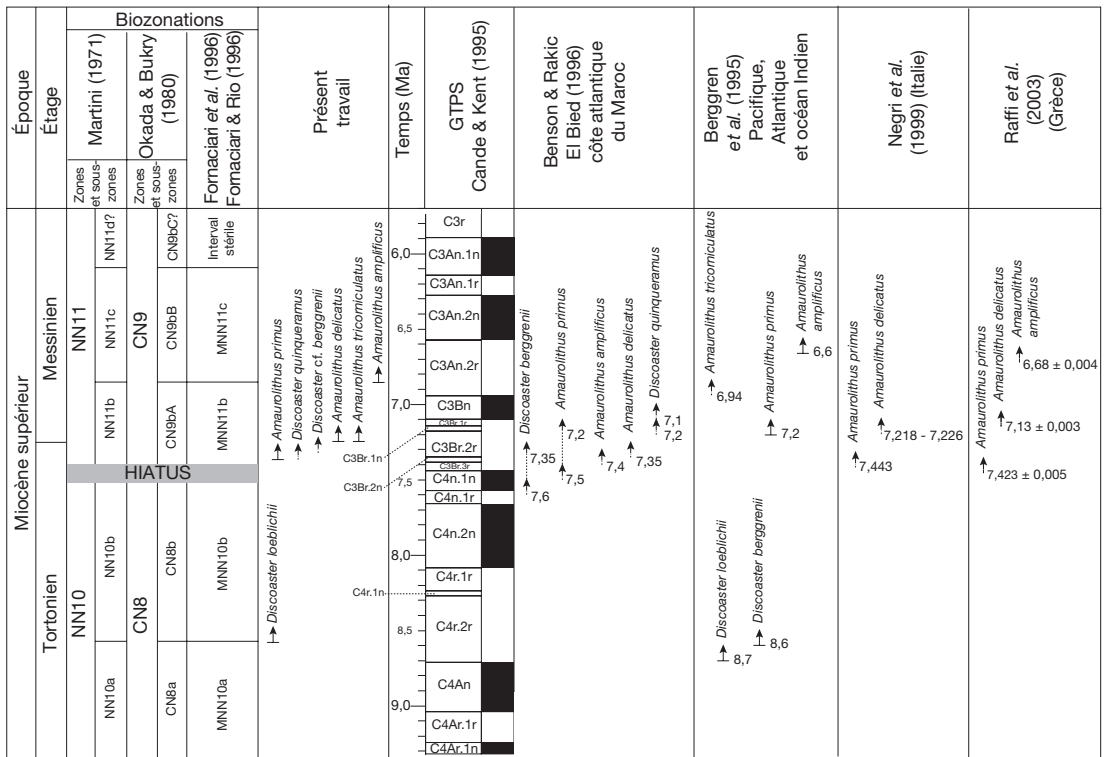
En effet, au niveau de l'échantillon 28 (limite Tortonien-Messinien), est notée une augmentation de la fréquence de l'espèce *Helicosphaera carteri* (Fig. 10). Dans les populations actuelles, la fréquence de cette espèce augmente dans des conditions de haute température et de forte intensité de la lumière et ce même quand les éléments nutritifs sont réduits (Negri & Villa 2000).

Au niveau de l'échantillon 49 (limite NN11b-NN11c), est enregistrée une variation dans les proportions de certaines espèces (Fig. 10) : l'augmentation d'*Helicosphaera carteri* et de *Rhabdosphaera clavigera*, et la diminution de *Coccolithus pelagicus*, de *Reticulofenestra pseudoumbilicus* et des petits reticulofenestridés. Ceci reflète des conditions de milieu de haute température, de forte intensité de lumière et de baisse dans les éléments nutritifs (Negri & Villa 2000). À l'exemple de leurs représentants actuels, les espèces de *Rhabdosphaera* devaient être capables de survivre dans des conditions nutritives basses « oligotrophiques » (Roth & Coulbourn 1982 ; Haidar & Thierstein 1997 ; Flores *et al.* 2005 ; Kouwenhoven *et al.* 2006) avec une dynamique d'upwelling moindre (faible fréquence des petits reticulofenestridés : Okada & Honjo 1973 ; Okada & Wells 1997) et une baisse de fertilité (Biekart 1989). Vers le sommet de la coupe, nous remarquons une augmentation des genres *Discoaster* et *Sphenolithus* (Fig. 10) qui sont indicateurs de milieu chaud et oligotrophique (Negri *et al.* 1999 ; Flores *et al.* 2005).

CONCLUSION GÉNÉRALE

Deux formations (marneuse et diatomitique) sont mises en évidence dans la coupe de Djebel Ben Dourda située dans le bassin du Bas Chéelif, attribuées respectivement aux biozones NN10 (CN8, MNN10) et NN11 (CN9, MNN11). Ces biozones sont attribuées au Miocène supérieur (Tortonien, Messinien).

La biozone NN10 a été subdivisée en deux sous-zones NN10a et NN10b basées sur la première occurrence de *Discoaster loeblichii* dont la FAD est datée de 8,7 Ma et située dans le Chron C4.An (Berggren *et al.* 1995). La limite de ces deux sous-zones correspond à la limite des biozones à *Neoglobobadrina acostaensis*



↑ première apparition (FAD) ↑ première présence (FOD)

Fig. 8. — Comparaison des événements biostratigraphiques du présent travail avec ceux enregistrés par les différents auteurs. Abréviation : **GPTS**, Geomagnetic Polarity Time Scale.

(N16)/*N. dutertrei* et *N. humerosa* (N17 de Blow), témoins d'une pulsation eustatique enregistrée au Miocène supérieur. Cette limite marque le passage des cycles TB3.1/TB3.2.

La biozone NN11 est marquée par l'apparition de *Discoaster quinqueramus* qui débute à partir de l'échantillon 25. La première occurrence de *Amaurolithus primus* à ce même niveau marque le début de la sous-zone NN11b. Ceci implique l'absence de la sous-zone NN11a (hiatus).

Le début du Messinien est marqué au niveau de l'échantillon 28 par la FO de *Globorotalia mediterranea*, d'*Amaurolithus delicatus* et de *Reticulofenestra rotaria*. Notons au passage que les trois premiers niveaux diatomitiques sont datés du Tortonien.

La première occurrence d'*Amaurolithus amplificus*, dont la FAD correspond au Chron C3An.2r et est datée de 6,6 Ma selon Berggren *et al.* (1995), a per-

mis de mettre en évidence la base de la sous-zone NN11c au niveau de l'échantillon 49.

L'analyse des associations des nannofossiles calcaires et les variations dans les abondances relatives entre *Coccolithus pelagicus* et *Reticulofenestra pseudumbilicus* le long de la coupe ont permis de mettre en évidence des variations dans la température des eaux, avec des masses d'eau froide enregistrées dans les phases b, d et f et des masses d'eau chaude dans les phases a, c, e et g.

À la limite Tortonien-Messinien, une forte augmentation de la température est signalée par la faible proportion du rapport Cp/Rp et l'augmentation de la fréquence de l'espèce *Helicosphaera carteri*.

Au niveau de la limite des sous-zones NN11b/NN11c, l'augmentation brutale de la fréquence de *Rhabdosphaera clavigera* marquerait des conditions nutritives basses et la forte diminution

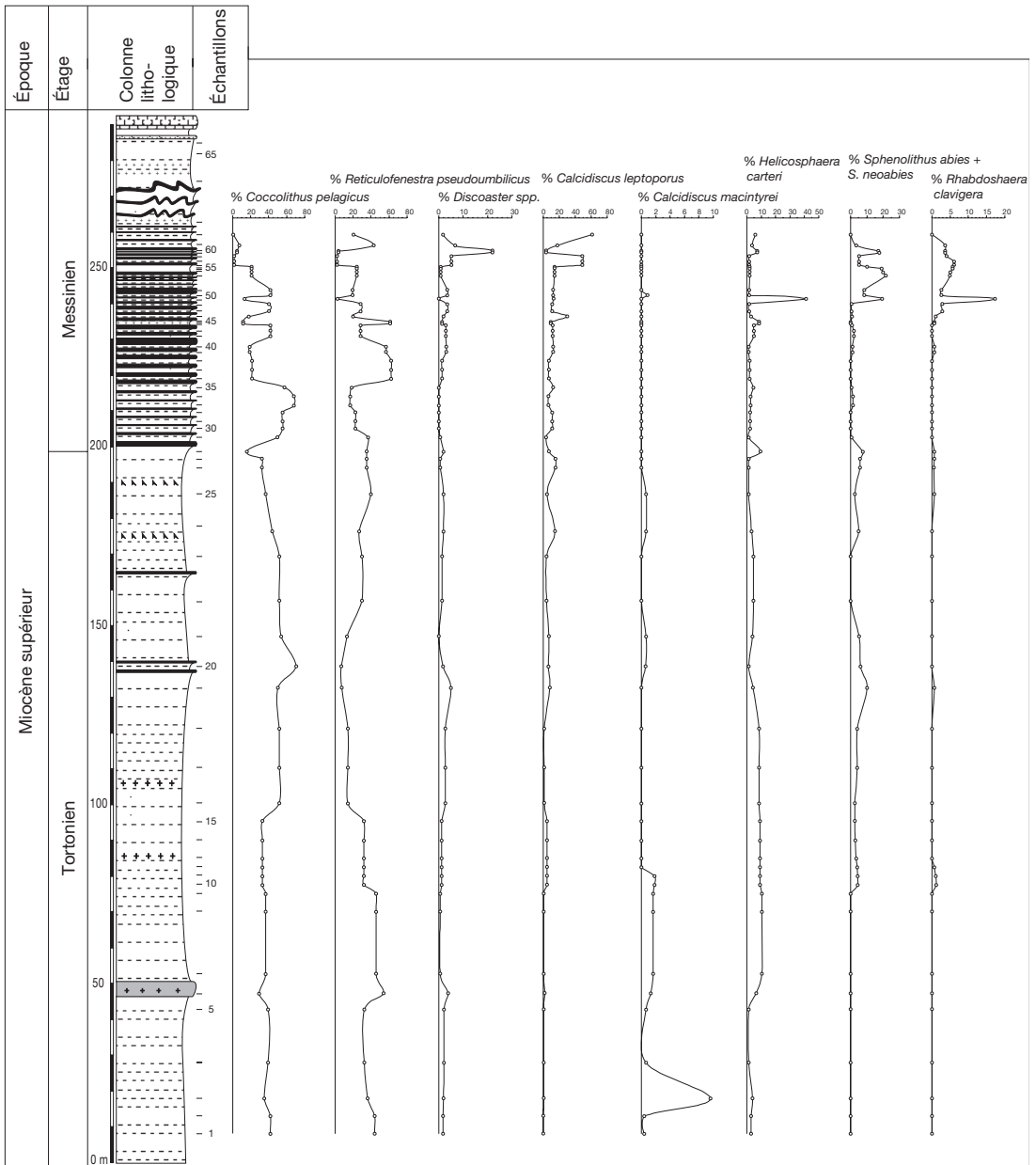


FIG. 10. — Variations verticales de l'abondance des principales espèces de nannofossiles calcaires dans la coupe de Djebel Ben Dourda, bassin du Bas Chélif (Algérie).

de *Coccolithus pelagicus*, de *Reticulofenestra pseudumbilicus* et des petits Reticulofenestridés, indiquerait une baisse d'upwelling et de fertilité.

Enfin, au sommet de la coupe, au Messinien

supérieur, l'augmentation des genres *Discoaster* et *Sphenolithus* nous indique un milieu chaud et oligotrophique, en accord avec les milieux préévaporitiques dans le Bassin méditerranéen.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier J.-P. Saint Martin (Muséum national d'Histoire naturelle, Paris) et M. Melinte (National Institute of Marine Geology and Geoecology, Bucarest) dont les suggestions éclairées ont permis d'améliorer le contenu du présent article. Ce travail a été mené dans le cadre de l'Accord-Programme franco-algérien CMEP 03MDU584, du Programme français Eclipse II « Vers une évaluation spatio-temporelle détaillée de l'impact de la Crise de Salinité messinienne et de ses facteurs de contrôle » et du projet CNEPRU G01820060049 « Relation entre l'évolution de la biodiversité et les événements pyroclastiques au cours du Néogène dans le bassin du Chélif et de la Tafna ».

RÉFÉRENCES

- ANDERSON R. V. 1936. — Geology in the coastal atlas of western Algeria. *Memoir of the Geological Society of America*, New York 4: 1-450.
- BEAUFORT L. 1992. — Dynamique du nannoplancton calcaire au cours du Néogène : implications climatiques et océanographiques. *Documents des Laboratoires de Géologie de Lyon* 121: 1-141.
- BEAUFORT L. & AUBRY M.-P. 1990. — Fluctuations in the composition of Late Miocene calcareous nanofossil assemblages as a response to orbital forcing. *Paleoceanography* 5: 845-865.
- BELKEBIR L. 1986. — *Le Néogène de la bordure nord-occidentale du massif du Dahra : biostratigraphie, paléoécologie et paléogéographie*. Thèse de Doctorat, université de Provence, Marseille, France, 289 p. (inédit).
- BELKEBIR L., BESSEDIK M., AMEUR-CHEHBEUR A. & ANGLADA R. 1996. — Le Miocène des bassins nord-occidentaux d'Algérie : biostratigraphie et eustatisme. in *Géologie de l'Afrique et de l'Atlantique Sud, actes du colloque d'Angers 1994*. Elf Aquitaine, Pau 16: 553-561.
- BENSON R. H. & RAKIC EL BIED K. 1996. — The Bou Regreg Section, Morocco: proposed global boundary stratotype section and point of the Pliocene. *Mémoire du Service géologique du Maroc* 383: 51-150.
- BERGGREN W. A., KENT D. W., SWISHER C. C. & AUBRY M.-P. 1995. — A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy, in BERGGREN W. A., KENT D. V. & HARDENBOL J. (eds) *Geochronology, time scales and global stratigraphic correlation, SEPM Special Publications*, Tulsa 54: 129-212.
- BIEKART J. W. 1989. — The distribution of calcareous nannoplankton in Late Quaternary sediments collected by the Snellius II Expedition in some south-east Indonesian basins. *Proceeding of the Koninklijke Nederlandse akademie van wetenschappen, série B* 92: 77-141.
- BLANC-VALLERON M.-M., PIERRE C., CAULET J.-P., CARUSO A., ROUCHY J.-M., CESPUGLIO G., SPROVIERI R., PESTREA S. & DI STEFANO E. 2002. — Sedimentary, stable isotope and micropaleontological records of paleoceanographic change in the Messinian Tripoli formation (Sicily, Italy). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 185: 255-286.
- BLOW H. M. 1969. — Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. *Proceeding International Conference of Planktic Foraminifera*, Genève 1: 199-422.
- BUSTILLO M. A. & LOPEZ GARCIA M. J. 1997. — Age, distribution and composition of Miocene diatom bearing sediments in the Guadalquivir Basin, Spain. *Geobios* 30 (3): 335-350.
- BUTLER R. W. H., MCCLELLAND E. & JONES R. E. 1999. — Calibrating the duration and timing of the Messinian salinity crisis in the Mediterranean: linked tectonoclimatic signals in thrust-top basins of Sicily. *Journal of the Geological Society*, Londres 156: 827-835.
- CANDE S. C. & KENT D. V. 1995. — Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the late Cretaceous and Cenozoic. *Journal of Geophysical Research* 100: 6093-6095.
- CLAUZON G., SUC J.-P., GAUTIER F., BERGER A. & LOUTRE M.-F. 1996. — Alternate interpretation of the Messinian salinity crisis: controversy resolved? *Geology* 24 (4): 363-366.
- CLOCCHIATTI M. 1971. — Contribution à l'étude du nannoplancton calcaire du Néogène d'Afrique du Nord. *Mémoire du Muséum national d'Histoire naturelle*, Paris, série C, Sciences de la Terre, 23: 1-135.
- COLALONGO M. L., DI GRANDE A., D'ONOFRIO S., GIANNELLI L., IACCARINO S., MAZZEI R., POPPI BRIGATTI M. F., ROMEO M., ROSSI A. & SALVATORINI G. 1979. — A proposal for the Tortonian/Messinian boundary. *Annales de Géologie des pays helléniques*, tome hors série, fascicule 1: 285-294.
- CORNÉE J. J., SAINT MARTIN J.-P., CONESA G. & MULLER J. 1994. — Geometry, paleoenvironments and relative sea-level (accommodation space) changes in the Messinian Murdjadjo carbonate platform (Oran, western Algeria); consequences. *Sedimentary Geology* 89: 143-158.
- CORNÉE J. J., FERRANDINI M., SAINT MARTIN J.-P., MÜNCH P., MOULLADE M., RIBAUD-LAURENTI A., ROGER S., SAINT MARTIN S. & FERRANDINI J. 2006. — The late Messinian erosional surface and the subsequent reflooding in the Mediterranean: new insights from the Melilla-Nador basin (Morocco). *Palaeogeography*,

- Palaeoclimatology, Palaeoecology* 230: 129-154.
- COSENTINO D., CARBONI M. G., CIPOLLARI P., DI BELLA L., FLORINDO F., LAURENZI M. A. & SAGNOTTI L. 1997. — Integrated stratigraphy of the Tortonian/Messinian boundary: the Pietrasecca composite section (central Apennines, Italy). *Eclogae Geologicae Helvetiae* 90: 229-244.
- DALLONI P. 1952. — L'Atlas tellien occidental. *Publication du XIX^e Congrès international de Géologie*, Alger, Monographie régionale, série 1, 24: 1-100.
- DEFLANDRE G. 1939. — Sur la présence de Coccolithophoridées et de Discoastéridées dans les marnes sahéliennes d'El Mehdi. *Bulletin de la Société zoologique de France* 64: 200-202.
- DEFLANDRE G. 1942a. — Coccolithophoridées fossiles d'Oranie. Genres *Scyphosphaera* Lohmann et *Thorsphaera* Ostenfeld. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle*, Toulouse 77: 125-137.
- DEFLANDRE G. 1942b. — Sur la conservation de microfossiles calcaires, notamment de Coccolithophoridées, dans les silex sahéliens d'Oranie. *Compte Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, série D, 214: 804-805.
- DEFLANDRE G. 1942c. — Possibilités morphogénétiques comparées du calcaire et de la silice, à propos d'un nouveau type de microfossile calcaire de structure complexe, *Lithostromation perdurum* n.g. n. sp., *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, série D, 214: 917-919.
- DEFLANDRE G. & FERT C. 1954. — Observations sur les Coccolithophorides actuels et fossiles en microscopie ordinaire et électronique. *Annales de Paléontologie* 40: 115-176.
- FLORES J. A., SIERRA F. J. & GLACON G. 1992. — Calcareous plankton analysis in the pre-evaporitic sediments of the ODP Site 654 (Tyrrhenian Sea-Western Mediterranean). *Micropaleontology* 38 (3): 279-288.
- GARDET M. 1955. — Contribution à l'étude des coccolithes des terrains néogènes de l'Algérie. *Publications du Service de la Carte géologique de l'Algérie*, Bulletin n° 5, Travaux des collaborateurs, 1954: 477-550.
- GOURINARD Y. 1958. — Recherches sur la géologie du littoral oranais. *Publications du Service de la Carte géologique de l'Algérie*, nouvelle série, 6: 111 p.
- HADAR A. T. & THIERSTEIN H. R. 1997. — Calcareous phytoplankton dynamics at Bermuda (N. Atlantic). European Union of Geosciences, Abstracts Supplement 1, *Terra Nova* 9: 602.
- HAQ B. U. L. 1980. — Biogeographic history of Miocene calcareous nannoplankton and paleoceanography of the Atlantic ocean. *Micropaleontology* 26: 414-443.
- HAQ B. U. L., HARDENBOL J. & VAIL P. R. 1987. — Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science* 233: 1157-1166.
- HILGEN F. J., KRIJGSMAN W., LANGEREIS C. G., LOURENS L. J., SANTARELLI A. & ZACHARIASSE W. J. 1995. — Extending the astronomical (polarity) time scale into the Miocene. *Earth and Planetary Science Letters* 136: 495-510.
- HILGEN F. J. & KRIJGSMAN W. 1999. — Cyclostratigraphy and astrochronology of the Tripoli diatomite formation (pre-evaporite Messinian, Sicily Italy). *Terra Nova* 11: 16-22.
- HILGEN F. J., BISSOLI L., IACCARINO S., KRIJGSMAN W., MEIJER R., NEGRI A. & VILLA G. 2000. — Integrated stratigraphy and astrochronology of the Messinian GSSP at Oued Akrech (Atlantic Morocco). *Earth and Planetary Science Letters* 182: 237-251.
- HSÜ K. J., CITA M. B. & RYAN W. B. F. 1973. — The origin of Mediterranean evaporites, in RYAN W. B. F. & HSÜ K. J. (eds), *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*. U. S. Government Printing Office, Washington 13: 1203-1231.
- IACCARINO S. 1985. — Mediterranean Miocene and Pliocene planktic foraminifera, in BOLLI H. M., SAUNDERS J. B. & PERCH-NIELSEN K. (eds), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge: 283-314.
- KOUWENHOVEN T. J., MORIGI C., NEGRI A., GIUNTA S., KRIJGSMAN W. & ROUCHY J.-M. 2006. — Paleoenvironmental evolution of the eastern Mediterranean during the Messinian: Constraints from integrated microfossil data of the Pissouri Basin (Cyprus). *Marine Micropaleontology* 60: 17-14.
- KRIJGSMAN W., HILGEN F. J., RAFFI I., SIERRA F. J. & WILSON D. S. 1999. — Chronology, causes and progression of the Messinian salinity crisis. *Nature* 400: 652-655.
- KRIJGSMAN W., BLANC-VALLERON M.-M., FLECKER R., HILGEN F. J., KOUWENHOVEN T. J., MERLE D., ORSZAG-SPERBER F. & ROUCHY J.-M. 2002. — The onset of the Messinian salinity crisis in the Eastern Mediterranean (Pissouri Basin, Cyprus). *Earth and Planetary Science Letters* 194: 299-310.
- MAILLARD A. & MAUFFRET A. 2006. — Relationship between erosion surfaces and Late Miocene Salinity Crisis deposits in the Valencia Basin (northwestern Mediterranean): evidence for an early sea-level fall. *Terra Nova* 18: 321-329.
- MANSOUR B. 1991. — *La série diatomitique messinienne de Sig: étude systématique des diatomées et implications paléocéologiques*. Thèse de Magister, université d'Oran, Algérie, 148 p. (inédit).
- MANSOUR B., MOISSETTE P., NOËL D. & ROUCHY J. M. 1994. — L'enregistrement par les associations de diatomées des environnements messiniens: l'exemple de la coupe de Sig (bassin du Chélif-Algérie). *Geobios* 28 (3): 261-279.
- MARTINI E. 1971. — Standard tertiary and quaternary calcareous nannoplankton zonation. *Proceeding on the Second International Conference on the Planktonic Microfossils*, Roma: 739-785.
- MARTINI E. & MÜLLER C. 1986. — Current Tertiary

- and Quaternary Calcareous nannoplankton stratigraphy and correlations. *Newsletters on Stratigraphy* 16 (2): 99-112.
- MAZZEI R. 1977. — Biostratigraphy of the Rio Mazzapedi-Castellania Section (type section of the Tortonian) based on calcareous nannoplankton. *Atti della Società Toscana di Scienze Naturali Memorie* 84: 15-25.
- MAZZOLA G. 1971. — Les foraminifères planctoniques du Mio-Pliocène de l'Algérie nord-occidentale. *Proceeding on the Second International Conference on the Planktonic Microfossils*, Roma: 787-805.
- MORIGI C., NEGRI A., GIUNTA S., KOUWENHOVEN T., KRIJGSMAN W., BLANC-VALLERON M.-M., ORSZAG-SPERBER F. & ROUCHY J.-M. 2007. — Integrated quantitative biostratigraphy of the latest Tortonian-early Messinian Pissouri section (Cyprus): an evaluation of calcareous plankton bioevents. *Geobios* 40: 267-279.
- NEGRI A. & VILLA G. 2000. — Calcareous nannofossil biostratigraphy, biochronology and paleoecology at the Tortonian/Messinian boundary of the Faneromeni section (Crete). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 156: 195-209.
- NEGRI A., GIUNTA S., HILGEN F., KRIJGSMAN W. & VAI G. B. 1999. — Calcareous nannofossil biostratigraphy of the Monte del Casino section (northern Apennines, Italy) and paleoceanographic conditions at times of Late Miocene sapropel formation. *Marine Micropaleontology* 36 (1): 13-30.
- NEURDIN-TRESCARTES J. 1992. — *Le remplissage sédimentaire du bassin néogène du Chélif, modèle de référence de bassin intra-montagneux*. Thèse de Doctorat d'État, université de Pau et des Pays de l'Adour, France, 2 tomes, 605 p.
- OKADA H. & BUKRY D. 1980. — Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975). *Marine Micropaleontology* 5 (3): 321-325.
- OKADA H. & HONJO S. 1973. — The distribution of oceanic coccolithophorids in the Pacific. *Deep Sea Research* 20 (4): 355-374.
- OKADA H. & WELLS P. 1997. — Late Quaternary nannofossil indicators of climate change in two deep sea cores associated with the Leeuwin Current of western Australia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 131: 413-432.
- PERRODON A. 1957. — Étude géologique des bassins néogènes sublittoraux de l'Algérie occidentale. *Bulletin du Service de la Carte géologique d'Algérie* 12: 1-328.
- RAFFI I. & FLORES J. A. 1995. — Pleistocene through Miocene calcareous nannofossils from eastern equatorial Pacific Ocean (Leg 138). *Ocean Drilling Program, Scientific Results* 138: 233-286.
- RAFFI I., MOZZATO C., FORNACIARI E., HILGEN F. J. & RIO D. 2003. — Late Miocene calcareous nannofossil biostratigraphy and astrochronology for the Mediterranean region. *Micropaleontology* 49: 1-26.
- RAKIC EL BIED K. & BENSON R. H. 1996. — La stratigraphie à haute résolution: théorie et application au Néogène supérieur du Maroc. *Notes et Mémoires du Service géologique du Maroc* 383: 5-50.
- ROGER S., MÜNCH P., CORNÉE J. J., SAINT MARTIN J.-P., FERAUD G., PESTREA S., CONESA G. & BEN MOUSSA A. 2000. — $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of the pre- evaporitic Messinian marine sequences of the Melilla basin (Morocco): a proposal for some biosedimentary events as isochrons around the Alboran Sea. *Earth and Planetary Science Letters* 179: 101-113.
- ROTH P. H. & COULBOURN W. T. 1982. — Floral and solution patterns of coccoliths in surface sediments of the North Pacific. *Marine Micropaleontology*, Amsterdam 7: 1-52.
- ROUCHY J. M. 1982. — La crise évaporitique messinienne de Méditerranée: nouvelles propositions pour une interprétation génétique. *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, Paris, série C, 3-4: 107-136.
- ROUCHY J. M. & CARUSO A. 2006. — The Messinian salinity crisis in the Mediterranean Basin: a reassessment of the data and an integrated scenario, in ROUCHY J. M., SUC J.-P. & FERRANDINI J. (eds), *The Messinian salinity crisis re-visited*, *Sedimentary Geology*, 188-189, 35-67.
- SAINT MARTIN J.-P. 1990. — Les formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc. *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*, série C, 56: 1-366.
- SAINT MARTIN J.-P., CORNÉE J. J., CONESA G., BESSEDIK M., BELKEBIR L., MANSOUR B., MOISSETTE P. & ANGLADA R. 1992. — Un dispositif particulier de plate-forme carbonatée messinienne: la bordure méridionale du bassin du Chélif (Algérie). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris 315 (2): 1365-1372.
- SALVATORINI G. & CITA M. B. 1979. — Miocene foraminiferal stratigraphy, DSDP Site 397 (Cape Bojador-North Atlantic). *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* 47 (1): 317-373.
- SIERRO F. J., HILGEN F. J., KRIJGSMAN W. & FLORES J. C. 2001. — The Abad composite (SE Spain): a Messinian reference section for the Mediterranean and the APTS. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 168: 141-169.
- S.N. REPAL 1952. — *Le bassin néogène du Chélif*. Publication du XIX^e Congrès géologique international, Alger, Monographie Régionale, série 1, n°16: 1-56.
- SPROVIERI R., DI STEFANO E. & SPROVIERI M. 1996. — High resolution chronology for late Miocene Mediterranean stratigraphic events. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 102 (1): 77-104.
- THEODORIDIS S. 1984. — Calcareous nannofossil biozonation of the Miocene and revision of the helicoliths

and discoasters. *Utrecht Micropaleontological Bulletin* 32: 1-271.

THOMAS G. 1985. — *Géodynamique du bassin intramonta-*

gneux: le bassin du bas Chélif occidental (Algérie), durant le Mio-Plio-Quaternaire. Thèse de Doctorat d'État en Science, université de Pau, France, 594 p.

Soumis le 27 mars 2007;
accepté le 20 décembre 2007.

ANNEXE

Liste des nannofossiles calcaires cités dans le texte suivis de leurs auteurs.

- Amaurolithus amplificus* (Bukry & Percival, 1971) – Gartner & Bukry (1975)
Amaurolithus delicatus Gartner & Bukry, 1975
Amaurolithus primus (Bukry & Percival, 1971) – Gartner & Bukry (1975)
Amaurolithus tricorniculatus (Gartner, 1967) – Gartner & Bukry (1975)
Calcidiscus leptoporus (Murray & Blackman, 1898) – Loeblich & Tappan (1978)
Calcidiscus macintyreii (Bukry & Bramlette, 1969) – Loeblich & Tappan (1978)
Coccolithus pelagicus (Wallich, 1877) – Schiller (1930)
Discoaster aff. *exilis* Martini & Bramlette, 1963
Discoaster blackstockae Bukry, 1973
Discoaster brouweri Tan, 1927 emend. Bramlette & Riedel, 1954
Discoaster calcaris Gartner, 1967
Discoaster cf. *berggrenii* Bukry, 1971
Discoaster cf. *bollii* Martini & Bramlette, 1963
Discoaster challengerii Bramlette & Riedel, 1954
Discoaster deflandrei Bramlette & Riedel, 1954
Discoaster intercalaris Bukry, 1971
Discoaster loeblichii Bukry, 1971
Discoaster misconceptus Theodoridis, 1984
Discoaster neohamatus Bukry & Bramlette, 1969
Discoaster nephadoe Hay, 1967
Discoaster pansus (Bukry & Percival, 1971) – Bukry (1973)
Discoaster quinqueramus Gartner, 1969
Discoaster surculus Martini & Bramlette, 1963
Discoaster variabilis Martini & Bramlette, 1963
Helicosphaera carteri (Wallich, 1877) – Kamptner (1954)
Helicosphaera rhomba Bukry, 1971
Helicosphaera sellii Bukry & Bramlette, 1969
Lithostromation perdurum Deflandre, 1942
Pontosphaera japonica (Takayama, 1967) – Nishida (1971)
Pontosphaera multipora (Kamptner, 1948) – Roth (1970)
Reticulofenestra pseudoumbilicus (Gartner, 1967) – Gartner (1969)
Reticulofenestra rotaria Theodoridis, 1984
Rhabdosphaera clavigera Murray & Blackman, 1898
Scapholithus fossilis Deflandre in Deflandre & Fert, 1954
Scyphosphaera apsteinii Lohmann, 1902
Scyphosphaera campanula Deflandre, 1942
Scyphosphaera globulata Bukry & Percival, 1971
Scyphosphaera intermedia Deflandre, 1942
Scyphosphaera lagenae Kamptner, 1955
Scyphosphaera piriformis Kamptner, 1955
Scyphosphaera pulcherrima Deflandre, 1942
Scyphosphaera recta (Deflandre, 1942) – Kamptner (1955)
Scyphosphaera recurvata Deflandre (1942)
Sphenolithus abies Deflandre in Deflandre & Fert, 1954
Sphenolithus aff. *delphix* Bukry (1973)
Sphenolithus moriformis (Brönnimann & Stradner, 1960) – Bramlette & Wilcoxon (1967)
Sphenolithus neoabies Bukry & Bramlette, 1969
Sphenolithus verensis Backman, 1978
Triquetrorhabdulus rugosus Bramlette & Wilcoxon, 1967
Umbilicosphaera cricota (Gartner, 1967) – Cohen & Reinhardt (1968)