

Signification paléocéologique des assemblages de diatomées du Messinien du Dahra sud-occidental (bassin du Chélif, Algérie nord-occidentale)

Bouhameur MANSOUR
Mostefa BESSEDIK

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

Jean-Paul SAINT MARTIN

Muséum national d'Histoire naturelle,
Département Histoire de la Terre, UMR 5143,
case postale 38, 57 rue Cuvier, F-75231 Paris cedex 05 (France)
jpsmart@mnhn.fr

Lahcene BELKEBIR

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

Mansour B., Bessedik M., Saint Martin J.-P. & Belkebir L. 2008. — Signification paléocéologique des assemblages de diatomées du Messinien du Dahra sud-occidental (bassin du Chélif, Algérie nord-occidentale). *Geodiversitas* 30 (1): 117-139 (annexes disponibles sur www.geodiversitas.com).

RÉSUMÉ

Constituant l'une des composantes sédimentaires majeures du Messinien du bassin du Chélif au même titre que la formation gypseuse, les diatomites ont fait l'objet d'une étude détaillée reposant sur quatre coupes réparties sur le versant sud-occidental du massif du Dahra. Les coupes étudiées montrent d'importants changements verticaux et latéraux de faciès, permettant ainsi de distinguer deux unités sédimentaires (membre inférieur et membre supérieur). Le membre inférieur est caractérisé par un assemblage diatomique néritico-océanique et océanique (*Coscinodiscus marginatus*, *C. oculus-iridis*, *C. radiatus*, *Nitzschia reinholdii*, *N. fossilis*, *Thalassiosira eccentrica*, *T. miocenica*, *Thalassiothrix longissima*, etc.) tandis que les formes planctoniques littorales (*Actinopterychus senarius*, *Thalassionema nitzschioides*, *Actinocyclus octonarius*, *A. tenellus*, *Paralia sulcata*, etc.) et accessoirement benthiques marquent surtout le membre supérieur, traduisant ainsi une évolution bathydécroissante du milieu de dépôt. Les variations

MOTS CLÉS

Diatomites,
Messinien,
gypses,
assemblage diatomique,
paléoenvironnement,
Dahra,
Chélif,
Algérie.

horizontales de ces assemblages dans les quatre secteurs accusent d'ouest en est un approfondissement du milieu tout en évoluant en un milieu de sédimentation en contexte de bassin. L'abondance des diatomées « froides », *Coscinodiscus marginatus* dans le membre inférieur et *Actinocyclus curvatulus* dans le membre supérieur, semble conforter la subdivision lithologique et permet de considérer ce découpage comme source des repères stratigraphiques à l'échelle locale (bassin du Chélif) voire régionale (Bassin méditerranéen). Cette sédimentation diatomitique est caractérisée jusqu'aux derniers niveaux qui précèdent les dépôts de gypses, par des espèces marines à affinités néritico-océaniques et océaniques témoignant ainsi, avec les silicoflagellés et les radiolaires, d'un milieu marin franc, en connexion avec le domaine océanique. Par ailleurs l'abondance de *Thalassionema nitzschioides*, espèce constamment présente et souvent dominante associée à *Thalassiothrix longissima*, suggère un milieu à forte productivité caractéristique des zones à upwellings responsable du développement de la flore diatomique.

ABSTRACT

Paleoecological significance of Messinian diatom assemblages of the south western Dahra (Chelif basin, NW Algeria).

As one of the main sedimentary Messinian components of the Chelif basin with the gypsum deposits, the diatomites were studied in detail along four sections from the southwestern border of the Dahra. The studied sections show significant vertical and lateral lithological changes, allowing to distinguish two units (the lower member and the upper member). The lower member is dominated by the neritic-oceanic and oceanic planktonic assemblage (*Coscinodiscus marginatus*, *C. oculus-irridis*, *C. radiatus*, *Nitzschia reinholdii*, *N. fossilis*, *Thalassiosira eccentrica*, *T. miocenica*, *Thalassiothrix longissima*, etc.). Whereas, the littoral planktonic species (*Actinocyclus senarius*, *Thalassionema nitzschioides*, *Actinocyclus octonarius*, *A. tenellus*, *Paralia sulcata*, etc.) and benthic forms characterized the upper member, indicating a general decrease in bathymetry over the Messinian diatoms. This assemblage is also dominated by cold water diatoms characteristic of boreal area (*Coscinodiscus marginatus*) in the lower member and *Actinocyclus curvatulus* in the upper member), which correspond to the defined lithological units. The paleoecological data from diatoms, silicoflagellates and radiolarians indicate that the diatomites were deposited in open marine environment submitted to the inputs of Atlantic cold water, until last levels before gypsum deposits. Moreover, the abundance of *Thalassionema nitzschioides*, constantly present from the base to the top of the section and often associated with *Thalassiothrix longissima*, is indicative of a high productivity, which can be characteristic of an upwelling regime, responsible of the development of the diatom microflora.

KEY WORDS

Diatomites,
Messinian,
gypsum,
diatom assemblage,
paleoenvironment,
Dahra,
Chelif,
Algeria.

INTRODUCTION

La formation diatomitique messinienne, également connue sous le nom de « Tripoli », représente l'un des événements sédimentaires les plus marquants, par son extension géographique à l'échelle

de la Méditerranée en général et dans le bassin du Chélif, en Algérie, en particulier.

Par ailleurs, les diatomées, composantes essentielles des diatomites, sont d'excellents indicateurs paléocologiques (paléosalinité, paléotempérature et paléobathymétrie) et paléo-océanographiques.

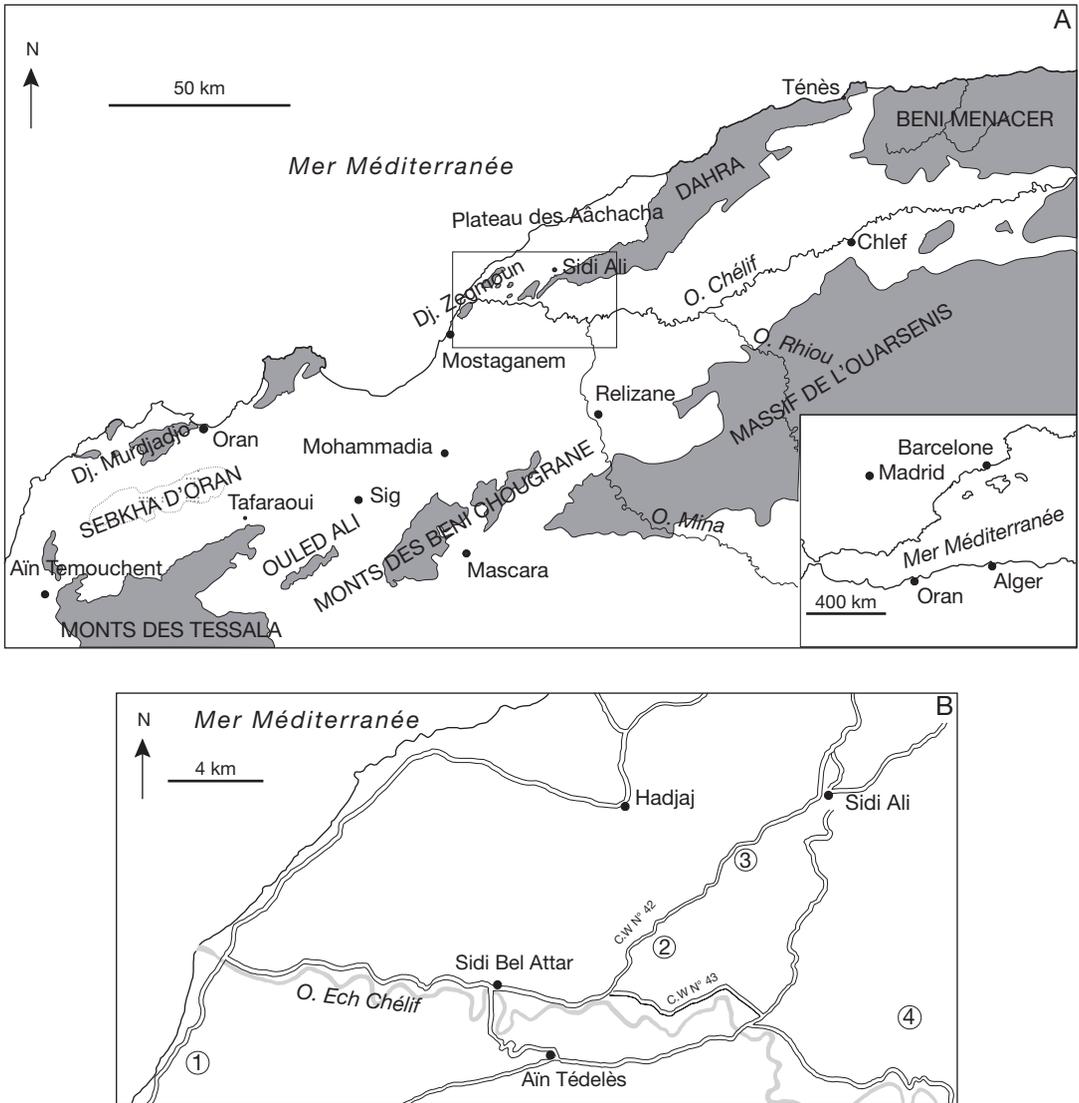


FIG. 1. — A, Carte simplifiée du bassin du Bas Chélif (Algérie); B, carte de localisation des coupes étudiées: 1, Bois Sacré; 2, Douar Ouled Bettahar; 3, Djebel Ben Dourda; 4, Djebel Bent Zououda. Abréviations: Dj., Djebel; O., oued.

Reposant sur l'analyse des diatomées effectuée à partir de quatre coupes sur la bordure sud-occidentale du massif du Dahra (bassin du Bas Chélif), l'objectif de cette étude est d'apporter une meilleure connaissance des paléoenvironnements d'une partie de ce bassin lors de la sédimentation des diatomites.

CADRE GÉOLOGIQUE

Les quatre coupes (Bois Sacré, Douar Ouled Bettahar, Djebel Ben Dourda et Djebel Bent Zououda) étudiées sont situées sur la bordure sud-occidentale du massif du Dahra qui constitue la marge nord du bassin du Bas Chélif (Fig. 1). Ce dernier fait

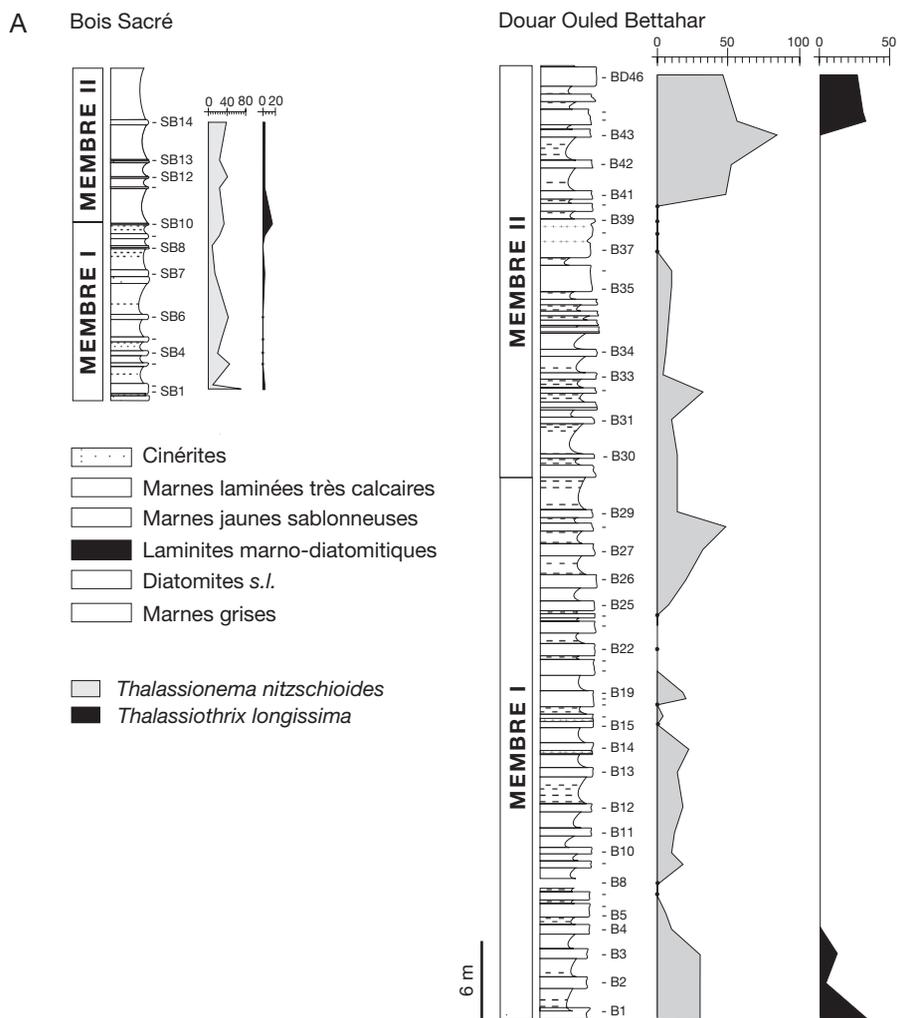


FIG. 2. — Succession lithologique et indice de productivité ($\leq 4\%$): **A**, coupes de Bois Sacré et du Douar Ouled Bettahar, Dahra sud-occidentale (Algérie).

partie intégrante des bassins néogènes sublittoraux d'Algérie (Perrodon 1957; Delfaud *et al.* 1973). Il se présente sous la forme d'une vaste dépression orientée ENE-OSO. Il est limité au nord par les massifs littoraux (Djebel Murdjadjo, massifs d'Arzew et du Dahra). Les massifs telliens méridionaux (Tessala, Beni Chougrane et Ouarsenis) constituent l'ossature de sa bordure méridionale.

La série d'âge miocène supérieur de ce secteur repose, soit en discordance sur le substratum créacé

(Perrodon 1957), soit sur des argiles conglomératiques rouges d'âge serravallien, soit sur des marnes conglomératiques fossilifères constituant le terme inférieur des marnes bleues tortoniennes (Belkebir *et al.* 1996, 2002; Bessedik *et al.* 2002). En général, la série se résume, de bas en haut, par : des marnes bleues, des diatomites d'âge messinien correspondant au « Beida stage » d'Anderson (1936) et une sédimentation évaporitique (Rouchy 1982) correspondant au « Mellah stage » d'Anderson (1936).

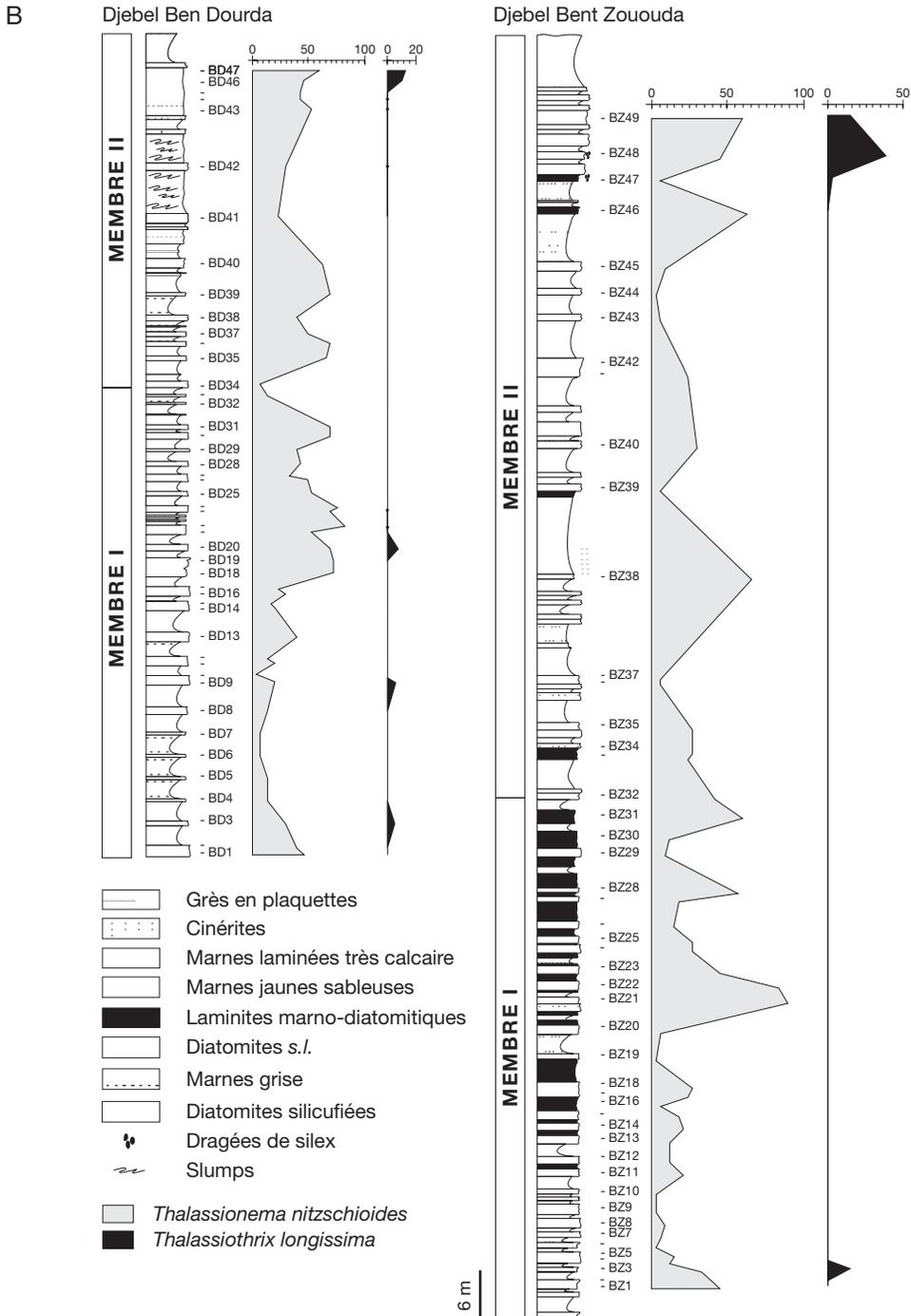


Fig. 2. — Suite **B**, coupes du Djebel Ben Dourda et du Djebel Bent Zououda, Dahra sud-occidental (Algérie).

Ces formations à gypse constitueraient l'équivalent local ou partiel de la crise messinienne souvent évoquée par les auteurs.

Le passage des marnes bleues aux diatomites se fait directement par des marnes de couleur grisâtre à bleuâtre où l'on note la présence de *Globorotalia mediterranea* Takanayagi & Saito, 1962 à une dizaine de mètres (en moyenne) sous le premier banc diatomitique ou sous des calcaires argileux à aspect diatomitique riches en débris de frustules de diatomées (Rouchy 1982; Mansour *et al.* 1995; Belkebir *et al.* 2002; Mansour 2004). Dans la coupe de Ben Dourda, l'âge messinien des diatomites et des marnes grises sous-jacentes est corroboré par l'apparition de l'espèce de nanno-fossile calcaire *Amaurolithus delicatus* Gartner & Bukry, 1975 et *Reticulofenestra rotaria* Theodoridis, 1984 (Mansouri 2001) qui indiquerait la partie messinienne de la sous-zone NN11b (Müller 1979). L'âge messinien de la formation diatomitique est également confirmé par la présence des marqueurs biostratigraphiques : *Asterolampyra acutiloba* Forti, 1913, *Thalassiosira miocenica* Schrader, 1974, *Thalassiosira praeconvexa* Muchina, 1965 dans plusieurs niveaux diatomitiques tout au long des coupes étudiées.

La formation diatomitique elle-même, dont l'épaisseur varie de 20 à 190 m, consiste en une alternance rythmique décimétrique à métrique de diatomites *s.l.*, marnes, marnes laminées, laminites marno-diatomitiques, calcaires argileux et de grès ou marnes sableuses. Cette rythmicité se traduit par la répétition de plusieurs cycles élémentaires, variables d'une coupe à l'autre, allant de 13 cycles (coupe de Bois Sacré) à 55 cycles (coupe du Djebel Bent Zououda). Ces cycles pourrait répondre à un forçage astronomique, comme en Sicile (bassin de Caltanissetta) ayant permis l'établissement d'un cadre chronologique très précis (Krijgsman *et al.* 1995; Sprovieri *et al.* 1996a, b; Bellanca *et al.* 2001).

La diversité faciologique (Fig. 2) et la stratonomie des bancs permettent de subdiviser cette formation en deux unités lithologiques (membre I et membre II). La succession sédimentaire du membre II se différencie de celle du premier membre par l'intercalation de sédiments terrigènes et calcaires.

Le faciès diatomitique se présente sous plusieurs aspects :

- une diatomite pure, légère, pulvérulente, d'une blancheur éclatante et finement laminée, renfermant parfois des restes de poissons. La lamination infra-millimétrique résulte de la répétition d'un doublet inframillimétrique composé de lamines de diatomite franche de même nature, constituant ainsi l'unité de base de la sédimentation diatomitique;
- une diatomite pure à aspect massif et de couleur blanche, ne présentant aucune lamination;
- une diatomite plus ou moins blanchâtre très bioturbée (bioturbations d'ordre millimétrique à centimétrique);
- une laminite marno-diatomitique, de teinte plus ou moins grisâtre, marneuse. Elle est constituée d'une alternance de lamines claires (diatomites) et sombres (marnes). Les lamines claires sont parfois discontinues et se présentent sous forme de lentilles elliptiques et/ou arrondies, aplaties et alignées dans le plan de stratification. Elles ont l'aspect de taches blanches plus ou moins denses que l'on peut sans doute assimiler à des pelotes de déjection (Mansour 1991; Mansour *et al.* 1995; Saint Martin *et al.* 2004). Ces amas sont le plus souvent oligospécifiques, à *Thalassionema nitzschioides* Grunow *in* Van Heurck, 1881, à *Rhizosolenia* Ehrenberg *emend.* Brightwell, 1858 ou bien à *Chaetoceros* Ehrenberg, 1844. Ce type de faciès apparaît surtout vers la partie supérieure de la sédimentation diatomitique;
- une marne de couleur grise ou beige, très bioturbée, renfermant une riche microflore diatomique;
- des marnes beiges laminées à rares débris de diatomées;
- une diatomite silicifiée de couleur grisâtre. Ce type de faciès apparaît surtout dans la partie inférieure de la sédimentation diatomitique.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les résultats présentés dans ce travail reposent sur le traitement et l'observation de 156 échantillons prélevés sur les quatre coupes étudiées. L'échantillonnage a été effectué d'une manière très serrée (deux à trois échantillons par banc), en suivant au

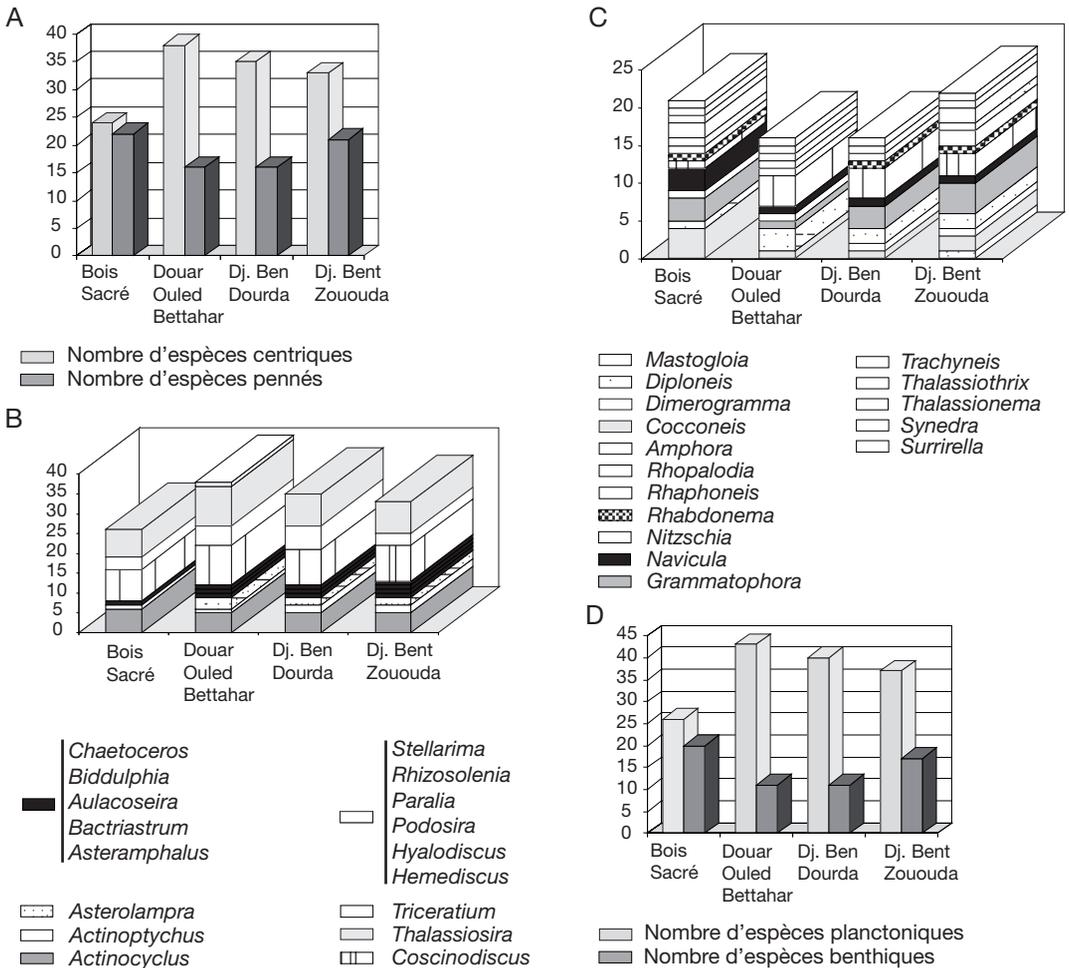


FIG. 3. — Biodiversité des populations de diatomées dans les coupes étudiées, Dabra sud-occidental (Algérie) : **A**, nombre d'espèces centriques et pennés ; **B**, nombre d'espèces centriques par genre ; **C**, nombre d'espèces pennés par genre ; **D**, nombre d'espèces planctoniques et benthiques. Abréviation : **Dj.**, Djebel.

mieux les « rythmes » de sédimentation. À l'issue du traitement physico-chimique, certains échantillons se sont révélés stériles, notamment certains calcaires argileux situés à la base des coupes.

Les techniques utilisées sont celles adoptées par Schrader & Gersonde (1978), Gardette (1979) et Mansour (1991). Une quantité d'environ 5 g de sédiment de chaque échantillon est attaquée à chaud avec 20 ml d'acide chlorhydrique et 20 ml de peroxyde d'hydrogène à 110 volumes afin d'éliminer la fraction carbonatée et la matière organique.

L'acide est ensuite éliminé par décantation (20 à 25 mn) après plusieurs rinçages successifs à l'eau déminéralisée.

Les éléments détritiques fins sont éliminés par défloculation dans une solution d'hexamétophosphate de sodium à 1 % soumise à des décantations successives. Quant aux éléments détritiques grossiers, ils sont éliminés après homogénéisation de la solution et décantation après plusieurs rinçages successifs.

Après homogénéisation de la solution, quelques gouttes sont prélevées puis étalées sur une lamelle

(24 × 32 mm). La préparation est ensuite collée à une lame de verre en utilisant une résine (Naphrax). 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 DIATOMSDAHRA.

L'abondance relative (en pourcentage) des taxons de diatomées rencontrés est établie à partir d'un comptage sur lames observées au microscope optique, à un grossissement de 1 000. Pour chaque échantillon, 400 individus sont comptés en balayant la lame selon la méthode décrite par Schrader & Gersonde (1978). Au terme de ces comptages, la fréquence de chaque taxon par rapport à l'ensemble des individus contenus dans un échantillon est calculée (Annexes 1-3, disponibles sur www.geodiversitas.com).

Les déterminations et les principales données paléoécologiques et écologiques (Annexe 4, disponible sur www.geodiversitas.com) sont établies à partir de différents travaux : Peragallo & Peragallo (1897-1908), Hustedt (1930, 1959, 1966), Cupp (1943), Hendey (1951, 1964), Jousé (1957), Jousé *et al.* (1971), Baudrimont & Degiovanni (1974), Andrews (1976, 1980), Ricard (1977), Gardette (1979), Sancetta (1979, 1982), Gersonde (1980), Navarro (1981), Noël (1982, 1984), Andrews & Abbott (1985), Williams & Round (1986), Navarro *et al.* (1989), Novarino (1990), Round *et al.* (1990), Sancetta *et al.* (1992), Rince (1993).

RÉSULTATS DE L'ANALYSE

COMPOSITION DE LA MICROFLORE

La microflore de diatomées analysée dans les quatre coupes du Dahra a fourni 83 espèces réunies en 33 genres, dont 50 espèces centriques (17 genres) et 33 pennées (16 genres).

Les centriques dominent les pennées dans les quatre coupes avec une valeur variable de 24 à 38 espèces (Fig. 3A). Toutefois, les coupes du Bois Sacré et du Djebel Bent Zououda enregistrent un nombre d'espèces de pennées plus élevé que dans le Douar de Ouled Bettahar et le Djebel Ben Dourda, mais toujours inférieur aux centriques.

Chez les centriques (Fig. 3B), les genres les plus représentés au point de vue spécifique sont par ordre d'importance *Coscinodiscus*, *Thalassiosira*, *Actinocyclus* et *Asterolampra*. Il faut remarquer l'absence de ce dernier genre dans la coupe du Bois Sacré.

Dans la classe des pennées (Fig. 3C), les genres *Grammatophora*, *Nitzschia*, *Cocconeis* et *Diploneis* sont plus diversifiés. D'autre part, la diversification des pennées est plus marquée dans les coupes de Bois Sacré et du Djebel Bent Zououda.

Les diatomées planctoniques répertoriées, dominent largement la microflore avec un nombre variable d'une coupe à l'autre, pouvant atteindre 43 espèces (Fig. 3D). Faible (11 espèces) dans les coupes du Douar Ouled Bettahar et du Djebel Ben Dourda, la diversité spécifique des benthiques est plus importante (17 et 20 espèces respectivement) dans celles du Bois Sacré et du Djebel Bent Zououda.

Par ailleurs, la diversité diatomique augmente progressivement du bas vers le haut de la série diatomitique. Cette tendance est marquée par l'accroissement des formes benthiques dans la moitié supérieure (membre II) des coupes étudiées et aussi l'apparition d'autres espèces benthiques non présentes dans la partie inférieure (membre I).

ASSEMBLAGES

La composition microfloristique est caractérisée par la présence de *Thalassionema nitzschioides* dans la majorité des coupes étudiées et qui domine la plupart des assemblages, avec toutefois quelques variations d'un niveau à l'autre (Fig. 2A, B). Sa forte participation dans les assemblages diatomiques indique un milieu à forte productivité. L'abondance de cette espèce est le plus souvent accompagnée par *Thalassiothrix longissima*.

Par ailleurs, plusieurs variations dans la composition de la microflore de diatomées ont été remarquées tant au niveau des espèces dominantes que des espèces sous-dominantes. Les espèces dominantes et sous-dominantes varient sensiblement le long de chaque coupe et d'une coupe à l'autre, constituant des niveaux soit à abondance ou fréquence significative de l'espèce *Coscinodiscus marginatus* (assemblage à *C. marginatus*) soit à *Actinocyclus curvatulus* (assemblage à *A. curvatulus*).

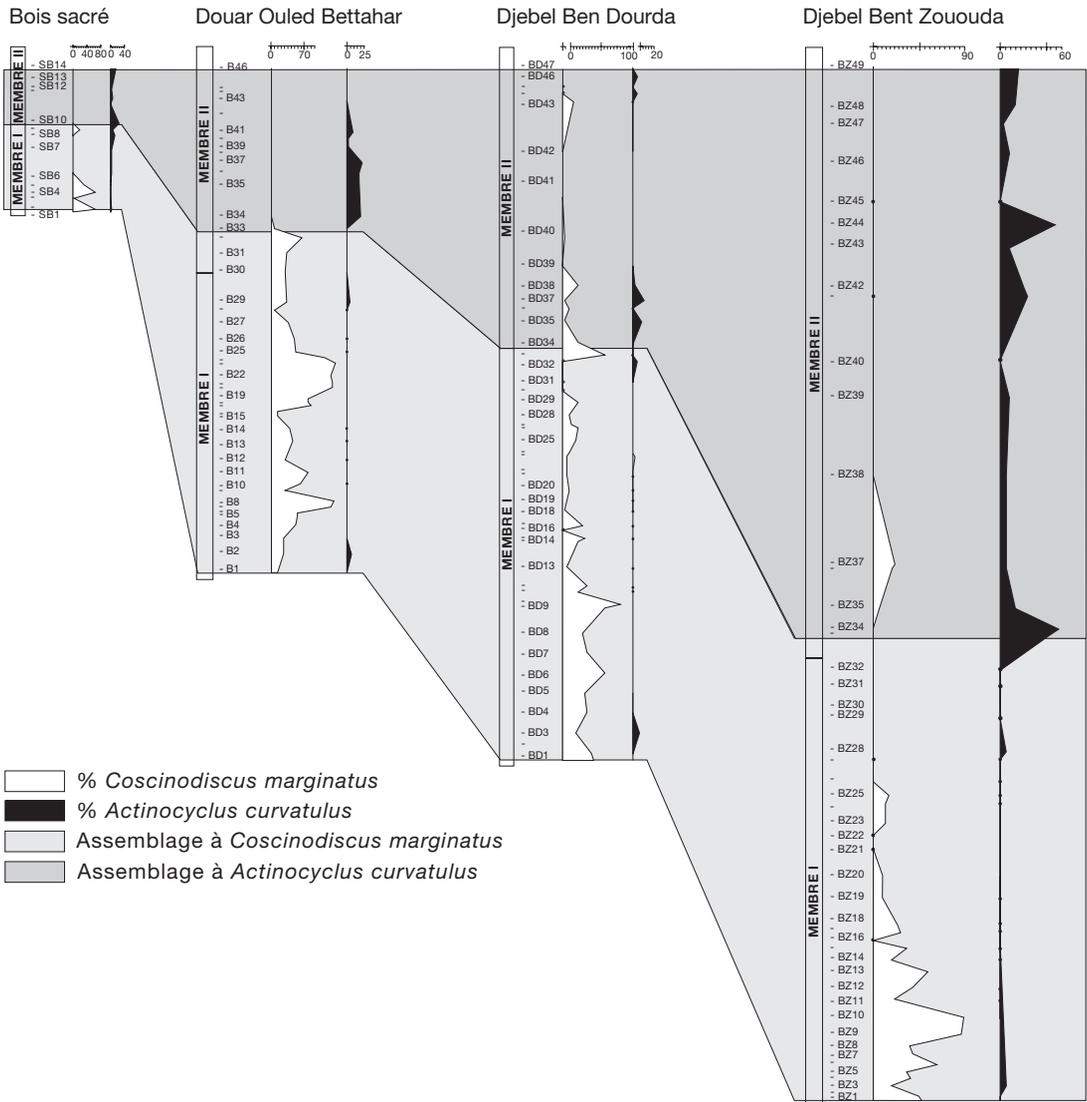


Fig. 4. — Variation des assemblages diatomiques ($\bullet \leq 4\%$) dans les coupes étudiées, Dahra sud-occidental (Algérie).

Ces deux assemblages permettent ainsi de scinder la formation diatomitique en deux parties qui correspondent aisément aux subdivisions lithologiques (membre I et membre II) des quatre coupes étudiées. Le membre I correspond donc à l'assemblage à *Coscinodiscus marginatus* et le membre II correspond, quant à lui, à l'assemblage à *Actinocyclus curvatulus* (Fig. 4).

INDICATIONS PALÉOÉCOLOGIQUES

Outre les espèces cosmopolites, plusieurs espèces ont été regroupées en plusieurs assemblages écologiques :

- planctonique littoral (*Actinocyclus octonarius* Ehrenberg, 1838, *A. tenellus* (Brébisson) Andrews, 1976, *Actinoptychus senarius* (Ehrenberg) Ehrenberg, 1843,

Hyalodiscus radiatus (O'Meara) Grunow in Cleve & Grunow, 1880, *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Kützing, 1844, etc.);

– planctonique néritico-océanique et océanique (*Actinocyclus curvatulus* Janish in A. Schmidt, 1878, *Asterolampra acutiloba* Forti, 1913, *Asterolampra grevillei* (Wallich) Greville, 1860, *Coscinodiscus marginatus* Ehrenberg, 1843, *C. oculus-iridis* Ehrenberg, 1841, *C. radiatus* Ehrenberg, 1841, *Nitzschia fossilis* (Frenguelli) Kanaya, 1970, *N. reinholdii* Kanaya & Koizumi, 1970, *Stellarima stellaris* Roper, 1858, *Thalassiosira miocenica* Schrader, 1974, *T. eccentrica* (Ehrenberg) Cleve 1904, *T. praeconvexa* Muchina, 1965, *Thalassiothrix longissima* Cleve & Grunow, 1880, etc.);

– benthique (*Biddulphia tuomeyi* (Bailey) Roper, 1859, *Grammatophora angulosa* Ehrenberg, 1841, *G. marina* (Lyngbye) Kützing, 1844, *Rhabdonema adriaticum* Kützing, 1844, etc.);

– « froid » à affinité boréale (*Actinocyclus curvatulus*, *Coscinodiscus marginatus*, *C. oculus-iridis*, *Thalassiothrix longissima*);

– « chaud » appartenant au complexe subtropical à tropical (*Coscinodiscus radiatus*, *Biddulphia tuomeyi*, *Grammatophora marina*, *G. angulosa*, *Hemidiscus cuneiformis* Wallich, 1860, *Rhabdonema adriaticum*, *Thalassiosira eccentrica*, *T. leptopus*, *Stellarima stellaris*);

– marin (*Actinocyclus curvatulus*, *Coscinodiscus marginatus*, *C. oculus-iridis*, *C. radiatus*, *Thalassiosira eccentrica*, *T. leptopus*, *Stellarima stellaris*, *Thalassionema nitzchioides*, *Thalassiothrix longissima*, *Biddulphia tuomeyi*, *Grammatophora marina*, *G. angulosa*, *Rhabdonema adriaticum*, etc.);

– marin-saumâtre (*Actinocyclus tenellus*, *Hyalodiscus radiatus* (O'Meara) Grunow in Cleve & Grunow, 1880, *Paralia sulcata*, *Cocconeis scutellum* Ehrenberg, 1838, *Rhaphoneis amphicerus* Ehrenberg, 1844, etc.);

– saumâtre-eau douce (*Cocconeis placentula* Ehrenberg, 1838, *Mastogloia smithii* Thwaites ex Wm. Smith, 1856, *Rhopalodia musculus* (Kützing) O. Müller);

– eau douce (*Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, 1979).

Les renseignements concernant la paléosalinité, la paléobathymétrie et la paléotempérature sont exprimés à partir des pourcentages des espèces

marines, des espèces tolérant une salinité moindre (marines-saumâtres et saumâtres), des espèces planctoniques océaniques, planctoniques néritico-océaniques, littorales (méroplanctoniques), benthiques, des espèces caractérisant des milieux subtropicaux à tropicaux et de taxons d'influences boréales.

PALÉOSALINITÉ

La microflore de diatomées dans les quatre coupes est principalement constituée d'espèces marines (polyhalines), représentant une fréquence entre 95 et 100 % (Fig. 5). Les formes euryhalines pouvant supporter une salinité inférieure à celle de l'eau de mer (formes marines-saumâtres) sont présentes en pourcentage négligeable le long des coupes et ne dépassent pas les 4 % (fréquence variable de 0,25 à 4 %). Ces formes (*Actinocyclus tenellus*, *Hyalodiscus* aff. *radiatus*, *Paralia sulcata*, *Cocconeis pseudo-marginata*, *C. scutellum*, *Rhaphoneis amphicerus* et *R. nitida*) semblent s'accroître mais toujours en faible fréquence tout au long du deuxième membre (membre II). Cependant, les espèces, *Mastogloia* sp. et *Synedra ulna*, n'apparaissent qu'au sommet. Par ailleurs, cette partie des coupes est caractérisée par l'apparition à leurs sommets de l'espèce d'eau douce *Aulacoseira granulata* avec un pourcentage très négligeable ne dépassant pas les 1,5 % (Fig. 5A). Par rapport aux autres coupes, celle de Bois Sacré paraît relativement plus riche en formes marines-saumâtres et saumâtres-eaux douces.

PALÉOBATHYMÉTRIE

Tout au long des coupes, les formes planctoniques prédominent les tychoplanctoniques et les benthiques. Elles représentent une fréquence qui varie entre 63 et 100 % du total de la microflore diatomique (Figs 6-9). Toutefois, dans la coupe du Bois Sacré, elles ne dépassent guère les 91 % (Fig. 6) mais celle-ci est plus riche en formes planctoniques littorales. Ces dernières, d'une fréquence variable allant de 5 à 32 % et pouvant atteindre même 42,5 % dans certaines coupes, notamment celles du Douar Ouled Bettahar et du Djebel Ben Dourda (Figs 7; 8), ne sont représentées que par l'espèce *Actinopterychus senarius*, forme néritico-littorale (Hustedt 1930; Gardette 1979; Pestrea & Saint Martin 2002;

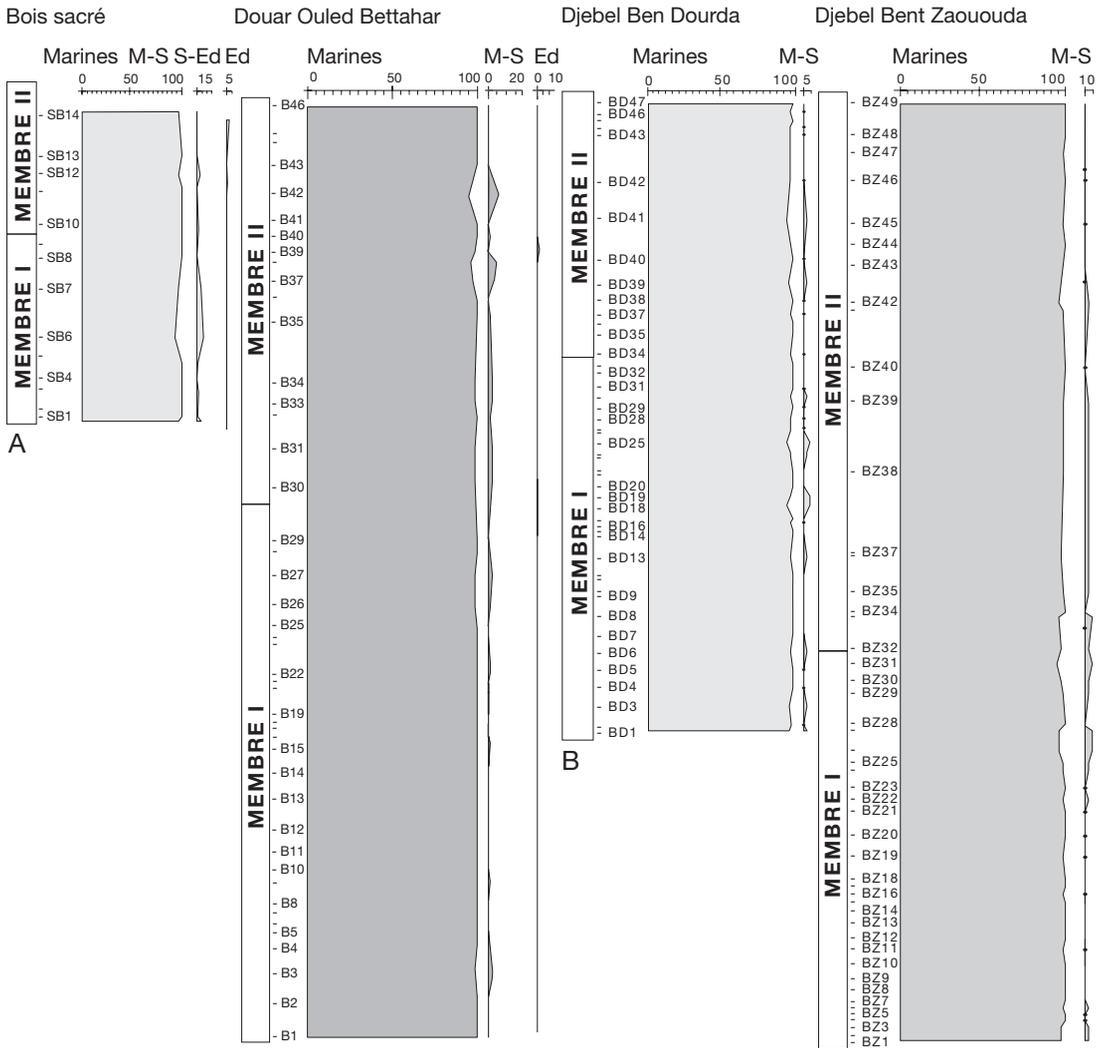


Fig. 5. — Abondance relative des diatomées en fonction de la salinité dans les coupes étudiées, Dabra sud-occidental (Algérie) : **A**, coupes du Bois Sacré et du Douar Ouled Bettahar ; **B**, coupes du Djebel Ben Dourda et du Djebel Bent Zououda. Abréviations : **Ed**, eau douce ; **M**, marines ; **S**, saumâtres.

Saint Martin *et al.* 2004). En général, les formes planctoniques plus abondantes dans la première partie de la coupe (membre I), diminuent relativement dans la partie supérieure (membre II) au profit des formes tychoplanctoniques.

Les formes benthiques (*Grammatophora oceanica* et accessoirement *G. angulosa*, *Biddulphia tuomeyi*, *Cocconeis scutellum*, *Dimmerogramma fulvum*, *Grammatophora angulosa*, *G. oceanica*, *Navicula*

hennedei, *Rhabdonema adriaticum* et *Rhaphoneis amphiceros*) n'accusent qu'un pourcentage négligeable ne dépassant pas les 4,75 % en moyenne dans les coupes du Douar Ouled Bettahar, du Djebel Ben Dourda et du Djebel Bent Zououda (Figs 7-9). En revanche, elles sont relativement mieux représentées tout au long de la coupe du Bois Sacré (Fig. 6) et dans le deuxième membre de la majorité des coupes (membre II).

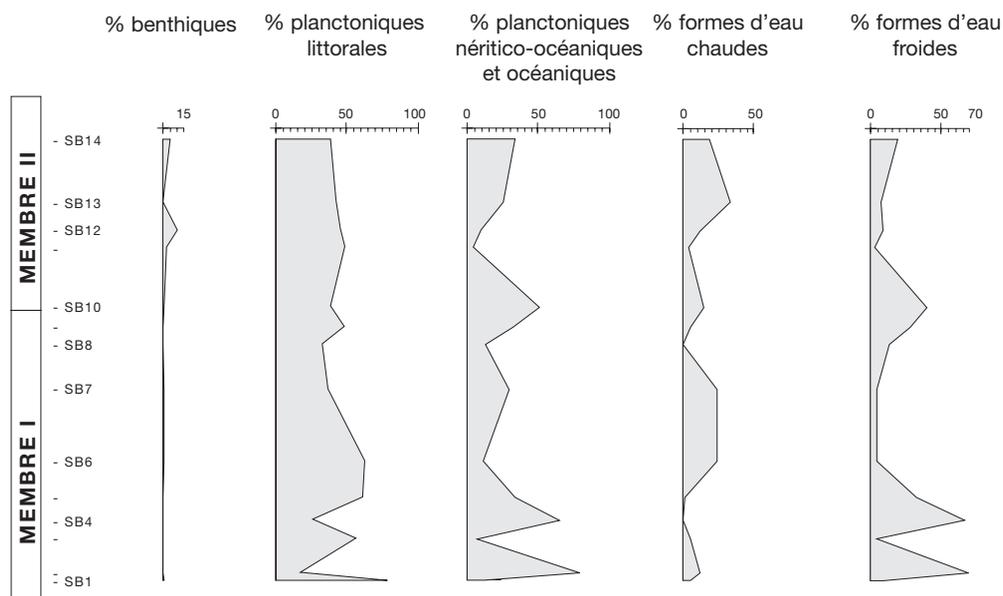


FIG. 6. — Abondance relative des diatomées en fonction de leur mode de vie et de la température des eaux dans la coupe de Bois sacré, Dahra sud occidental (Algérie).

L'assemblage planctonique est constitué d'un mélange de formes planctoniques littorales et néritico-océaniques. Leur fréquence varie d'une coupe à l'autre, le long de chaque coupe et d'un échantillon (niveau) à l'autre.

Tout au long des coupes, l'assemblage diatomique est largement dominé par des espèces planctoniques néritico-océaniques (avec une fréquence de 30 à 93 %) et des espèces planctoniques littorales de 4 à 73 %. En général, les formes néritico-océaniques sont plus abondantes que les formes littorales suggérant ainsi un milieu en communication aisée avec la mer ouverte et un milieu sans doute relativement profond au moment de la sédimentation.

Hormis les espèces cosmopolites, les diatomées néritico-océaniques et océaniques dominent dans la majorité des niveaux de la première moitié des coupes (membre I) avec 21 à 96 % (Figs 6-9). Elles sont représentées surtout par *Coscinodiscus marginatus*, *C. oculus-iridis*, *C. adiatius*, *Hemidiscus cuneiformis*, *Thalassiosira eccentrica*, *T. leptopus*, *T. oestrupii*, *Nitzschia fossilis* et *Thalassiothrix longissima*, *Asterolampra acutiloba*, *Thalassiosira*

symbolophora (Fig. 10). Certains niveaux révèlent un assemblage monospécifique de *C. marginatus*.

Les espèces planctoniques littorales (*Actinocyclus cubitus*, *A. octonarius* et *Actinoptychus senarius*) représentent une fréquence variable d'un niveau à l'autre allant de 3 à 69 %. Ces formes sont caractérisées par l'espèce *Actinoptychus senarius* associée à *Thalassionema nitzschioides* qui dominent l'assemblage planctonique littorale dans plusieurs niveaux.

Dans le membre II, la fréquence des formes néritico-océaniques (de 19 à 78 %) diminue légèrement au profit des formes néritico-littorales. Ces dernières, relativement faibles par rapport aux formes néritico-océaniques dans la première partie des coupes, deviennent plus abondantes avec des fréquences variables pouvant atteindre les 96 % dans certains niveaux (Figs 6-9) et des fréquences plus faibles dans d'autres (de 3 à 9 %). L'assemblage néritico-océanique, accuse une légère diminution dans la deuxième moitié des coupes (membre II) avec des fréquences de l'ordre de 40 % dans certains niveaux. Par conséquent,

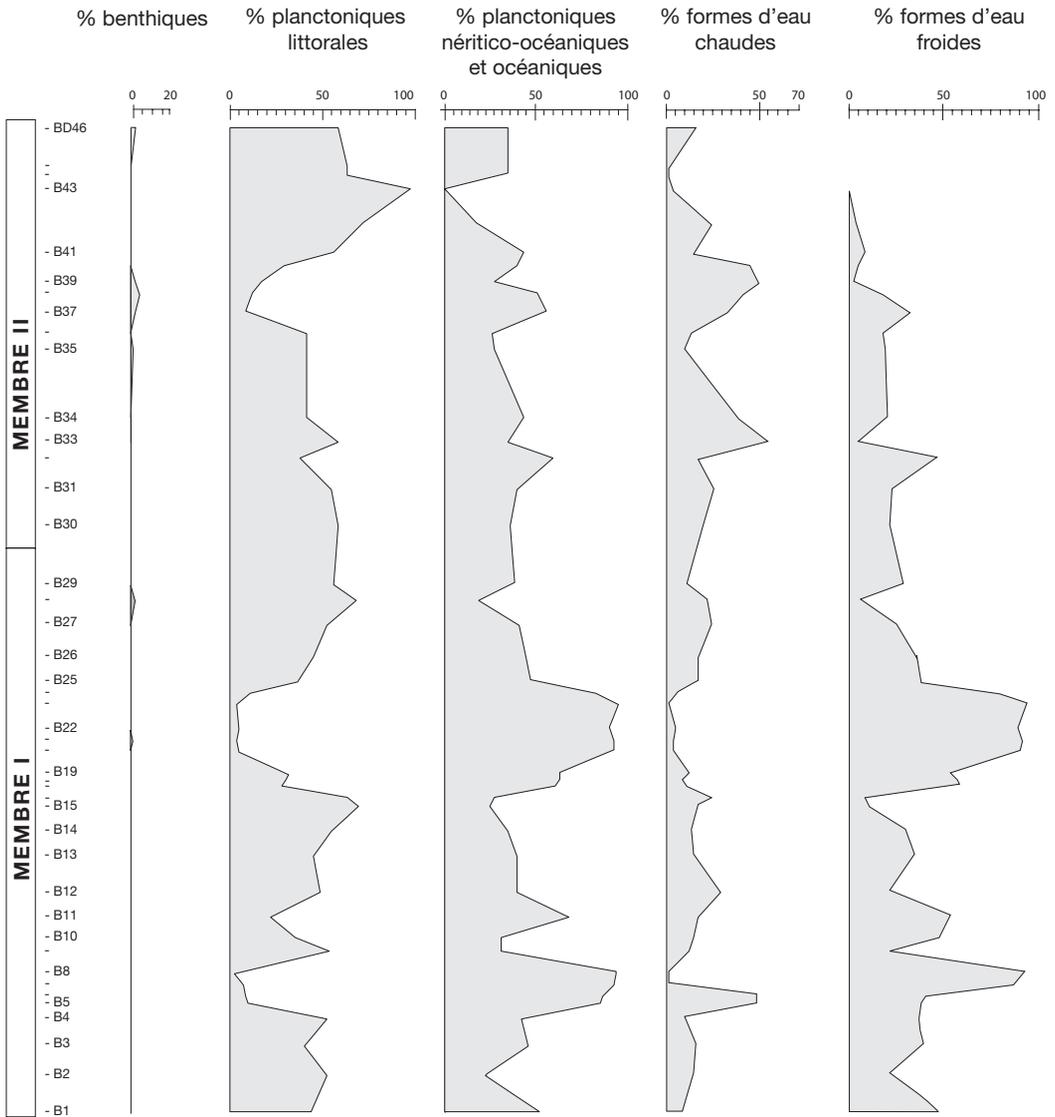


FIG. 7. — Abondance relative des diatomées en fonction de leur mode de vie et de la température des eaux dans la coupe de Ouled Bettahar, Dahra sud-occidental (Algérie).

l'influence océanique est exprimée par l'abondance de plusieurs espèces et assemblages : assemblage à *Actinocyclus curvatulus*, assemblage à *Hemidiscus cuneiformis* et *Nitzschia reinholdii*, assemblage à *Coscinodiscus radiatus*, *Nitzschia reinholdii* et *Asterolampra acutiloba*, assemblage à *Asterolampra grevillei*, *Coscinodiscus radiatus* et *Nitzschia*

reinholdii. La partie sommitale est marquée par l'abondance de *Thalassiothrix longissima* associée à l'espèce *Thalassionema nitzschioides*.

Par ailleurs, il est intéressant de signaler que les deux niveaux sommitaux des coupes du Douar Ouled Bettahar et du Djebel Ben Dourda se sont révélés très riches en microfaunes siliceuses (radiolaires),

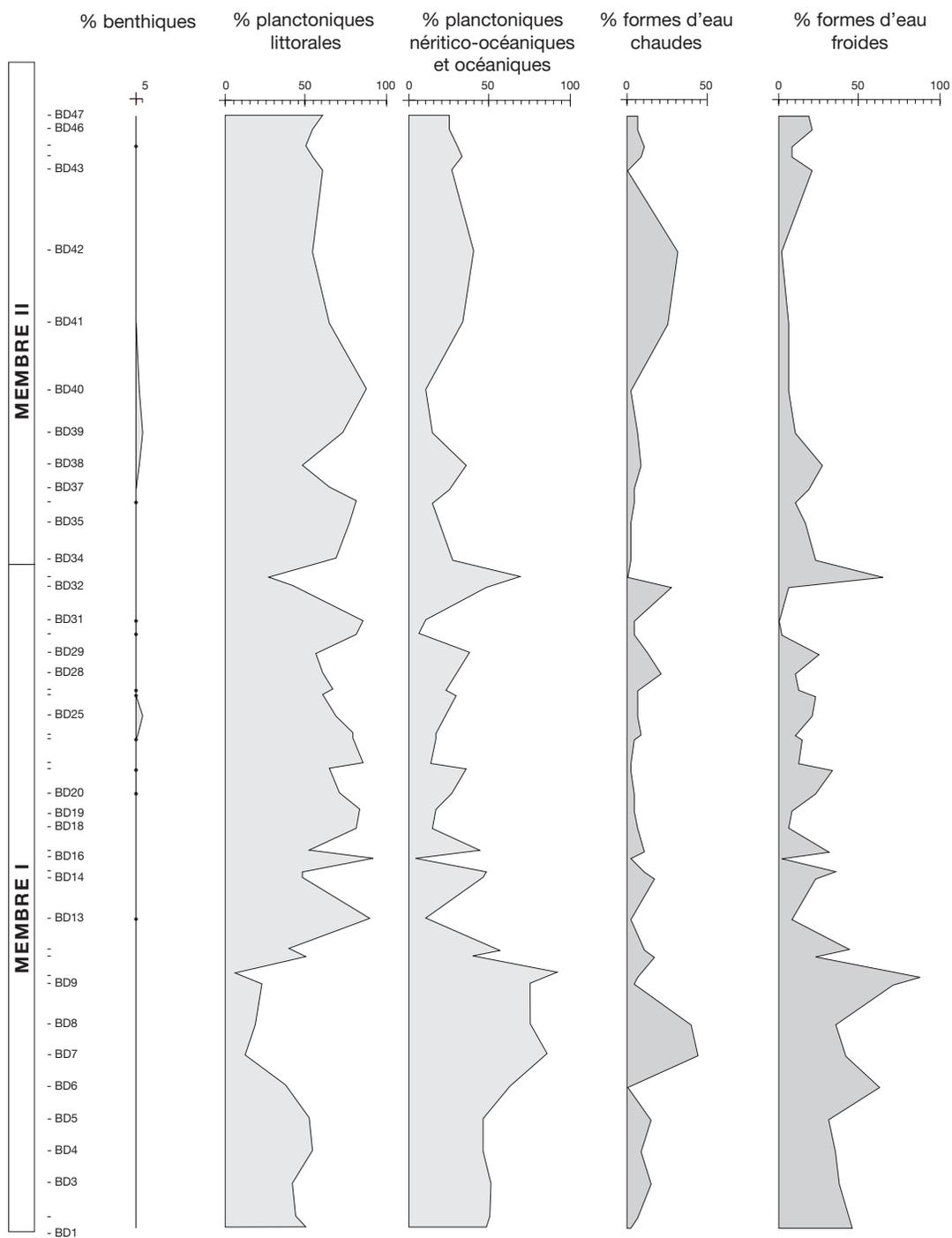


FIG. 8. — Abondance relative des diatomées en fonction de leur mode de vie et de la température des eaux dans la coupe du Djebel Ben Bourda ($\bullet \leq 4\%$), Dahra sud-occidental (Algérie).

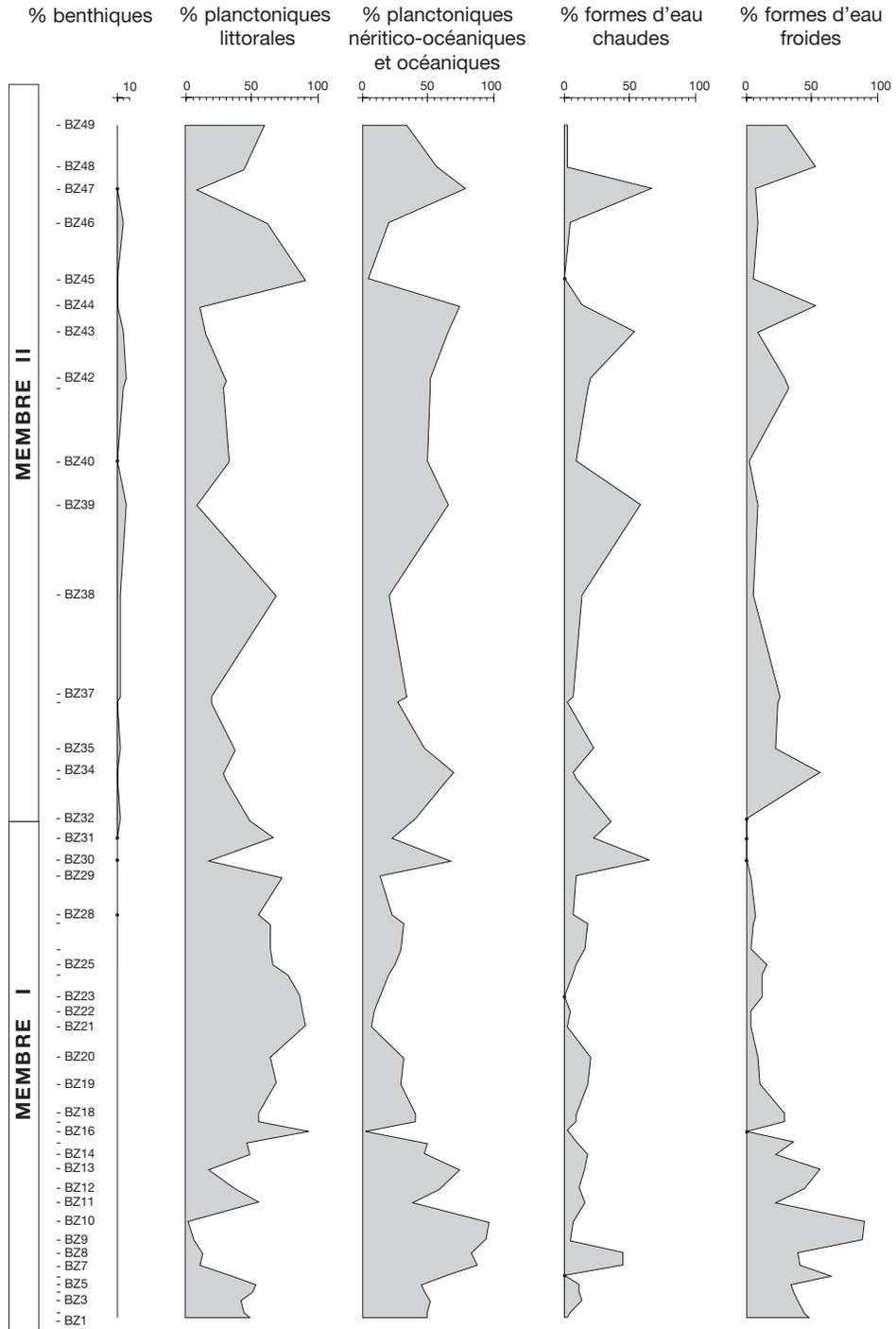


FIG. 9. — Abondance relative des diatomées en fonction de leur mode de vie et de la température des eaux dans la coupe du Jebel Bent Zououda ($\bullet \leq 4\%$), Dahra sud-occidental (Algérie).

représentée par plusieurs familles : Porodiscidae, Pyloriidae, Theoperidae, Spongodiscidae, Actinomyxidae, Artostrobiidae et par les genres *Colosphaera* et *Lithosphaera*. Ces radiolaires associées aux diatomées néritico-océaniques et océaniques témoignent de l'existence d'un milieu marin franc, encore en connexion avec le domaine océanique jusqu'aux derniers niveaux de la sédimentation diatomitique.

PALÉOTEMPÉRATURE

Hormis les formes eurythermes, les assemblages de diatomées reflètent un mélange de formes planctoniques « froides » appartenant au complexe nordique-boréal et des formes « chaudes » appartenant aux complexes subtropical et tropical. Les différences de fréquence des diatomées d'eau chaude et d'eau froide s'expriment tout au long de chaque coupe et d'un niveau à un autre (Figs. 6-9).

Les formes d'eaux froides (*Coscinodiscus marginatus*, *Thalassiothrix longissima* et accessoirement *Actinocyclus curvatulus*, *Coscinodiscus oculus-iridis*, *C. obscurus*) prédominent largement dans le membre I de l'ensemble des coupes étudiées. L'espèce *Coscinodiscus marginatus* domine largement les assemblages où certains niveaux révèlent même un assemblage monospécifique de *C. marginatus*.

Le rapport tend à s'inverser dans le membre II où les formes d'eaux chaudes (*Coscinodiscus radiatus*, *Thalassiosira eccentrica*, *T. leptopus*, *Stellarima stellaris*, *Asterolampra acutiloba*, *A. grevillei*, *A. marylandica*, *Nitzschia reinholdii*) dominent certains niveaux en dépassant les 20 %. Les formes appartenant au complexe boréal représentent des fréquences variables allant de 2 à 46 % (Figs 6-9).

Les espèces d'eaux froides sont également bien représentées mais avec des fréquences plus faibles que dans le membre I (de 15 à 26 %), surtout par *Actinocyclus curvatulus* dans certains niveaux et accessoirement par *Coscinodiscus marginatus* dans

d'autres ainsi que par l'espèce *Thalassiothrix longissima* dans les niveaux sommitaux (Figs 2 ; 4).

Malgré la fréquence réduite des formes benthiques « chaudes » (Fig. 11) (*Biddulphia tuomeyi*, *Grammatophora oceanica*, *Rhabdonema adriaticum*, *Triceratium favus* et *Synedra undulata*) tout au long de la coupe, il est intéressant de noter qu'elles enregistrent des fréquences supérieures de 0,25 % à 1,75 % à celles du membre I, marquant ainsi une légère augmentation.

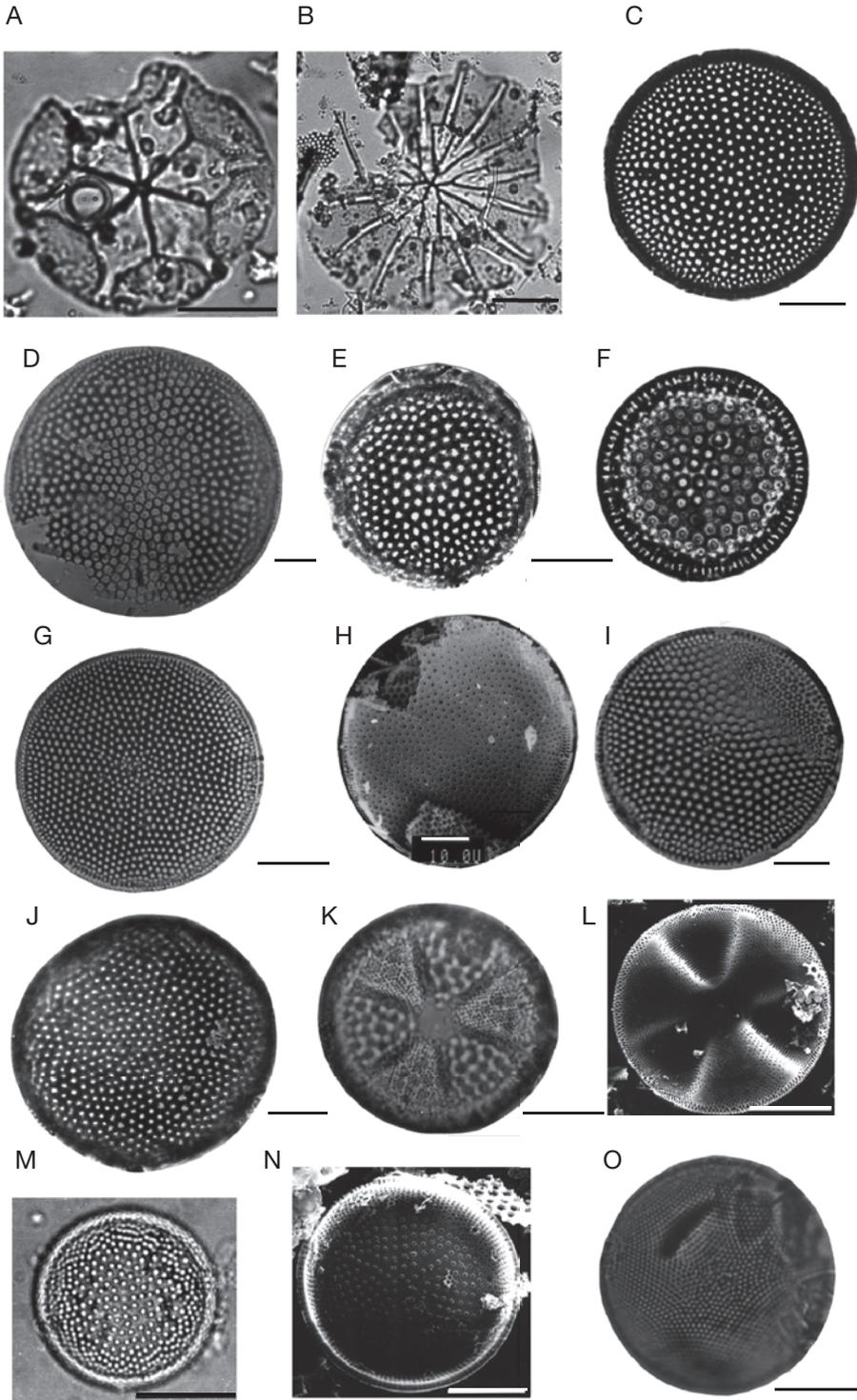
DISCUSSION

Dans la région du Dahra, la microflore des diatomées appartenant aux quatre coupes analysées est dominée par des espèces marines, y compris dans les niveaux sommitaux, situés sous les gypses. Cependant, il faut noter qu'un nombre réduit de formes (planctoniques ou benthiques) pouvant supporter des salinités inférieures à celle de l'eau de mer (formes marines-saumâtres et saumâtres-eaux douces) sont en pourcentage négligeable mais relativement mieux représentées dans les parties supérieures des coupes (membre II). Ainsi, la présence de ces formes dans le membre II, suggère d'une part un milieu marin soumis à de relatives dessalures et, d'autre part, à des influences littorales affectant la deuxième moitié de la sédimentation diatomitique.

Le pourcentage élevé des formes néritico-océaniques relativement supérieur aux formes littorales et la rareté des formes benthiques dans la partie inférieure des coupes, suggèrent un milieu de sédimentation dans une tranche d'eau relativement importante en communication avec la mer ouverte.

La fréquence assez importante des espèces planctoniques littorales dans la deuxième partie des coupes (membre II) et la légère augmentation sur le plan générique et spécifique des taxons benthiques (par rapport au premier membre) pourraient

FIG. 10. — **A**, *Asterolampra acutiloba* Forti, 1913 (éch. B39) ; **B**, *Asterolampra grevillei* (Wallich) Greville, 1860 (éch. B40) ; **C**, *Coscinodiscus radiatus* Ehrenberg, 1841 (éch. BD37) ; **D**, *C. oculus-iridis* Ehrenberg, 1841 (éch. BZ12) ; **E**, *C. marginatus* Ehrenberg, 1843 (éch. BZ09) ; **F**, *C. marginatus* Ehrenberg, 1843 (éch. BZ09) ; **G**, *Actinocyclus curvatulus* Janish in A. Schmidt, 1878 (éch. B37) ; **H**, *Actinocyclus curvatulus* (éch. BD37) ; **I**, *Thalassiosira* sp. 1 (in Gardette, 1978) (éch. BZ18) ; **J**, *Coscinodiscus* sp. 2 (in Gardette, 1978) (éch. SB03) ; **K**, *Actinopterychus senarius* (Ehrenberg) Ehrenberg, 1843 (éch. BD13) ; **L**, *A. senarius* (Ehrenberg) (MEB) (éch. SB11) ; **M**, *Actinocyclus tenellus* (Brébisson) Andrews, 1976 (éch. SB6) ; **N**, *A. tenellus* (Brébisson) Andrews, 1976 (MEB) (éch. SB1) ; **O**, *Stellarima stellaris* Roper, 1858 (éch. B33). Échelles : A-H, J-O, 25 µm ; I, 4 µm.



ainsi traduire une réduction bathymétrique, relativement inférieure par rapport à celle évoquée dans le membre I. Ceci reflète une tendance à la bathydécroissance suggérée par l'augmentation des espèces planctoniques littorales. Toutefois, la présence des espèces planctoniques néritico-océaniques dans plusieurs niveaux du membre II pourrait traduire la persistance des influences océaniques et par conséquent des pénétrations plus ou moins continues de masses d'eau d'origine atlantique. Ce phénomène est beaucoup plus marqué à l'est de la région d'étude (coupe du Djebel Bent Zououda), comme le confirme l'assemblage néritico-océanique et la rareté des formes benthiques.

Les variations des assemblages diatomiques accusent d'ouest en est un approfondissement du milieu, évoluant toujours en un milieu de dépôt en contexte de bassin, avec toutefois une influence littorale plus marquée à l'ouest au niveau de la coupe du Bois sacré. Il est à noter que la subsidence a été très forte dans le Dahra et surtout à l'est (Perrodon 1957; Neurdin-Trescartes 1992).

Les alternances d'abondances de formes « chaudes » et « froides » tout au long des quatre coupes étudiées, indiquent de fortes variations de température des eaux et témoignent d'un bassin encore largement ouvert sur l'océan au moment du dépôt et soumis à de fortes influences nord-boréales. En général, les assemblages diatomiques d'eau froide à affinité nordique boréale caractérisent la partie inférieure (membre I) des coupes tandis que les formes d'eau chaude appartenant au complexe subtropical à tropical dominant au-dessus (membre II), et ce malgré la persistance des récurrences de conditions plus froides.

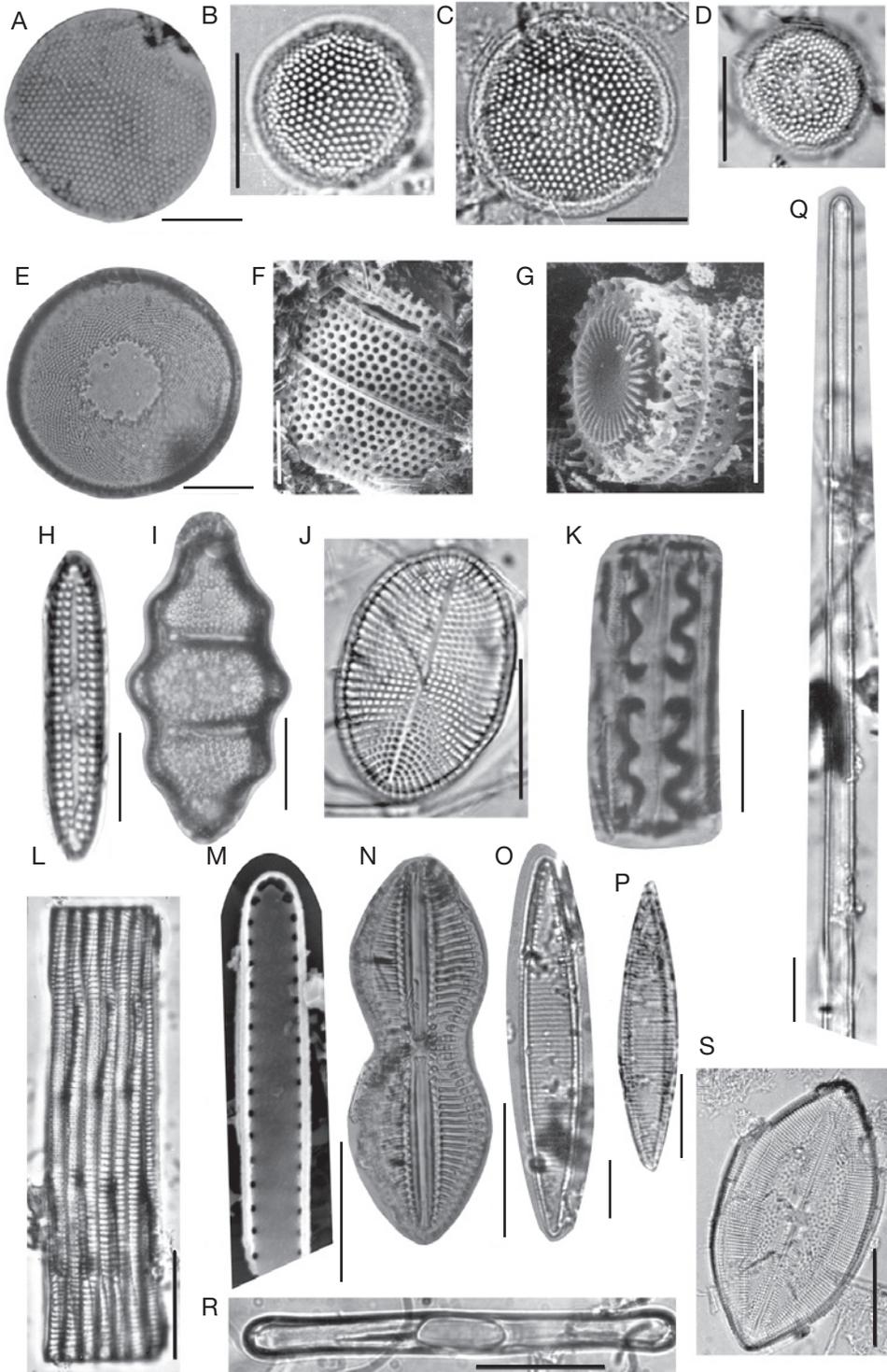
L'évolution qualitative et quantitative des différents assemblages, le long des coupes étudiées, a permis de mettre en évidence deux principaux assemblages

(un assemblage à *Coscinodiscus marginatus* et un assemblage à *Actinocyclus curvatulus*), permettant de scinder la formation diatomitique en deux parties, confortant ainsi la subdivision lithologique décrite ci-dessus. Ces résultats permettent de considérer les deux assemblages comme étant des repères stratigraphiques valables à l'échelle locale (bassin du Chéelif) voire régionale.

Notons que la prédominance de l'espèce *Coscinodiscus marginatus* a été déjà constatée dans la partie inférieure de la série diatomitique de Sig (bordure sud-occidentale du bassin du Chéelif) suivie par un assemblage à dominance d'*Actinocyclus curvatulus* dans la partie supérieure de la série (Mansour 1991; Mansour *et al.* 1995). Ainsi ces caractéristiques sont très similaires à celles observées dans d'autres bassins périphériques méditerranéens (Gersonde 1980; Pestrea *et al.* 2002), dans le bassin de Caltanissetta à titre d'exemple, et dans les bassins d'Afrique du Nord, notamment le bassin de Mellilia-Nador (Saint Martin *et al.* 2004) et le bassin de Boudinar (El Ouahabi *et al.* 2007).

La dominance des taxons *Thalassionema nitzschioides* et/ou *Thalassiothrix longissima* dans la microflore des diatomées étudiées dans les quatre coupes indiquerait des périodes de forte productivité pouvant être reliée au fonctionnement d'upwellings. Notons que l'association *Thalassionema nitzschioides*-*Thalassiothrix longissima* est souvent évoquée comme un indicateur de milieu à forte productivité (Schuette & Schrader 1981a) caractérisant des zones à upwellings côtiers (Gersonde 1980; Schuette & Schrader 1981b; Sancetta 1982; Barron & Keller 1983; Abrantes 1988; Schrader & Sorkness 1990; Fourtanier *et al.* 1991; Schrader 1992; Bustillo & López García 1997). D'autres travaux ont également souligné le rôle éventuel du phénomène d'upwelling

FIG. 11. — **A**, *Thalassiosira eccentrica* (Ehrenberg) Cleve, 1904 (éch. SB13); **B**, *Thalassiosira* sp. 1 (éch. BD3); **C**, *Thalassiosira* sp. 2 (éch. BZ30); **D**, *Actinocyclus cubitus* Hanna & Grant, 1926 (éch. SB7); **E**, *Hyalodiscus radiatus* (O'Meara) Grunow in Cleve & Grunow, 1880 (éch. BD31); **F**, *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, 1979, vue connective (MEB) (éch. BD27); **G**, *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Kützing, 1844 (MEB) (éch. B37); **H**, *Dimerogramma marinum* (Gregory) Ralfs in Pritchard, 1861 (éch. BD36); **I**, *Biddulphia tuomeyi* (Bailey) Roper, 1859, vue valvaire (éch. BZ39); **J**, *Cocconeis scutellum* Ehrenberg, 1838 s.l. (éch. BD38); **K**, *Grammatophora marina* (Lyngbye) Kützing, 1844, vue connective (éch. BZ32); **L**, *Rhabdonema adriaticum* Kützing, 1844, vue connective (éch. SB10); **M**, *Thalassionema nitzschioides* Grunow in Van Heurck, 1881 s.l., vue interne (MEB) (éch. B43); **N**, *Diploneis crabro* (Ehrenberg) Ehrenberg, 1844 (éch. B38); **O**, *Nitzschia* aff. *marina* Grunow, 1880 (éch. BZ39); **P**, *Nitzschia reinholdii* Kanaya & Koizumi, 1970 (éch. B25); **Q**, *Thalassiothrix longissima* Cleve & Grunow, 1880 (éch. BZ48); **R**, *Grammatophora oceanica* (Lyngbye) Kützing, 1844, vue valvaire (éch. SB12); **S**, *Navicula hennedyi* var. *granulata* Gregory, 1857 (éch. SB11). Échelles: 25 µm.



dans la sédimentation diatomitique du Messinien (Gardette 1979; Gersonde 1980; Rouchy 1982; Saint Martin 1990; Mansour *et al.* 1995; Gaudant *et al.* 1996; Pestrea & Saint Martin 2002; Pestrea *et al.* 2002; Saint Martin *et al.* 2004).

Cette généralisation des influences paléo-océanographiques, marquée par la même succession des événements biologiques, indique, dans le domaine méditerranéen, des bonnes circulations et des communications permanentes avec l'Atlantique au cours du Messinien, au moins jusqu'à la formation des gypses.

CONCLUSION

Les assemblages de diatomées du Dahra sont caractérisés jusqu'aux derniers niveaux sous la formation des gypses, par des formes marines surtout néritico-océaniques qui témoignent, avec les silicoflagellés et les radiolaires, d'un milieu marin franc, en connexion avec le domaine océanique.

Les variations horizontales des assemblages diatomiques accusent d'ouest en est un approfondissement du milieu, évoluant en un milieu de dépôt en contexte de bassin où les influences nord-boréales sont très prononcées, avec toutefois une influence littorale plus marquée à l'ouest.

Les variations verticales de la microflore montrent une prédominance des diatomées néritico-océaniques dans la partie inférieure (membre I) qui cèdent la place à des formes néritico-littorales dans plusieurs niveaux du sommet des coupes (membre II), traduisant ainsi une tendance générale à la bathydécroissance du milieu de dépôt, comme dans la plupart des séries diatomitiques messiniennes du bassin méditerranéen (Gersonde 1980; Suc *et al.* 1995; Pestrea & Saint Martin 2002; Pestrea *et al.* 2002; Saint Martin *et al.* 2004; El Ouahabi *et al.* 2007).

Les indications en termes de paléotempérature indiquent de nettes influences nord-boréales dans le membre I des coupes étudiées, suivies par des influences tropicales et subtropicales dans le membre II avec cependant encore, ponctuellement, plusieurs influences froides jusqu'aux niveaux sommitaux de la sédimentation diatomitique. La présence des formes froides et océaniques au sein des diatomites

pourrait exprimer la pénétration d'eaux de surface d'origine atlantique.

La composition microfloristique est caractérisée par la présence, dans la majorité des coupes étudiées, de *Thalassionema nitzschioides* associée à *Thalassiothrix longissima* dominant la plupart des assemblages, ce qui permet d'envisager, lors des influx océaniques, l'hypothèse du fonctionnement d'upwellings durant le Messinien. Elle est également marquée par un assemblage à *Coscinodiscus marginatus* caractérisant la partie inférieure et un assemblage à *Actinocyclus curvatulus* dans la partie supérieure.

De manière générale, la flore de diatomées du bassin du Bas Chélif présente une similitude avec celle décrite dans les sédiments d'âge messinien de la plupart des bassins périphériques méditerranéens (Baudrimont & Degiovanni 1974; Gardette 1979; Gersonde 1980; Fourtanier *et al.* 1991; Mansour *et al.* 1995; Mansour & Saint Martin 1999; Pestrea & Saint Martin 2002; Pestrea *et al.* 2002; Saint Martin *et al.* 2004; El Ouahabi *et al.* 2007).

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre de l'Accord-Programme franco-algérien 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 algérien G/3101/02/O6/2004. Les deux rapporteurs anonymes sont remerciés pour leur contribution à l'amélioration du manuscrit.

RÉFÉRENCES

- ABRANTES F. 1988. — Diatom assemblages as upwellings indicators in surface sediments of Portugal. *Marine Geology* 85: 15-39.
- ANDERSON R. V. V. 1936. — Geology in the coastal Atlas of Western Algeria. *Geological Society of America Memory* 4: 1-450.
- ANDREWS G. W. 1976. — Miocene marine diatoms from the Choptank Formation, Calvert County, Maryland. *United States Geological Survey Professional Paper* 910: 1-26.
- ANDREWS G. W. 1980. — Neogene diatoms from Petersburg, Virginia. *Micropaleontology* 26 (1): 17-48.

- ANDREWS G. W. & ABBOTT W. H. 1985. — Miocene diatoms from the Hawthorn Formation, Thomas County, Georgia. *Bulletins of American Paleontology* 87 (321): 57-109.
- BARRON J. A. & KELLER G. 1983. — Paleotemperature oscillations in the middle and late Miocene of the northeastern Pacific. *Micropaleontology* 29 (2): 150-181.
- BAUDRIMONT R. & DEGIOVANNI C. 1974. — Les diatomées marines du Miocène supérieur de l'Oranais (Algérie) et leur contexte géologique. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle d'Afrique du Nord* 65: 35-66.
- 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 Colloques Angers 1994. Elf Aquitaine Éditions, Pau, 16: 553-561.
- BELKEBIR L., BESSEDIK M. & MANSOUR B. 2002. — Le Miocène supérieur du bassin du Bas Chélif: attribution biostratigraphique à partir des foraminifères planctoniques. *Mémoires du Service géologique d'Algérie* 11: 187-194.
- BELLANCA A., CARUSO A., FERRUZZA G., NERI R., ROUCHY J. M., SPROVIERI M. & BLANC-VALLERON M. M. 2001. — Transition from marine to hypersaline conditions in the Messinian Tripoli Formation from the marginal areas of the central Sicilian Basin. *Sedimentary Geology* 140: 87-105.
- BESSEDIK M., BELKEBIR L. & MANSOUR B. 2002. — Révision de l'âge miocène inférieur (au sens des anciens auteurs) des dépôts du bassin du Bas Chélif (Oran, Algérie): conséquences biostratigraphiques et géodynamiques. *Mémoire du Service géologique d'Algérie* 11: 167-186.
- BUSTILO A. & LÓPEZ-GARCÍA J. 1997. — Age, distribution and composition of Miocene diatom bearing sediments in the Guadalquivir Basin, Spain. *Geobios* 30 (3): 335-350.
- CUPP E. E. 1943. — Marine planktonic diatoms of the west coast of North America. *Bulletin of the Scripps Institution of Oceanography* 5 (1): 1-237.
- DELFAUD J., MICHAUX J., NEURDIN J. & REVET J. 1973. — Un modèle paléogéographique de la bordure méditerranéenne. Evolution de la région oranaise (Algérie) au Miocène supérieur. Conséquences stratigraphiques. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle d'Afrique du Nord* 64: 219-241.
- EL OUAHABI F. Z., SAINT MARTIN S., SAINT MARTIN J.-P., BEN MOUSSA A., CONESA G. 2007. — Les assemblages des diatomées du bassin de Boudinar (Maroc nord-oriental). *Revue de Micropaléontologie* 50: 149-167.
- FOURTANIER E., GAUDANT J., CAVALLO O. 1991. — La diatomite de Castignato (Piémont): une nouvelle preuve de l'existence d'oscillations modérées du niveau marin pendant le messinien évaporitique. *Bolletino della Società Paleontologica Italiana* 30 (1): 79-95.
- GARDETTE D. 1979. — *Apport de l'étude des diatomées et des silicoflagellés à la biostratigraphie. Reconstitution du Messinien de Méditerranée: analyse de quelques tripolis du passage Mio-Pliocène à Chypre, en Crète et au Maroc*. Thèse de Doctorat 3^e cycle, université de Paris-sud, France, 274 p.
- GAUDANT J., CAULET J. P., DI GERONIMO I., DI STEPHANO A., FOURTANIER E., ROMEO M. & VÉNEC-PEYRÉ M.-T. 1996. — Analyse séquentielle d'un nouveau gisement de poissons fossiles du Messinien marin diatomitique: Masseria il Salto près de Caltagirone (province de Catane, Sicile). *Géologie méditerranéenne* 23 (2): 117-153.
- GERSONDE R. 1980. — *Paläoökologische und biostratigraphische Auswertung von ditomeena assoziationen aus dem Mesinium des Caltaniseta-Beckens (Sizilien) und einiger vergleich profile in SO Spanien, NW Algerien und auf Kreta*. Thèse, université de Kiel, Allemagne, 393 p.
- HENDEY N. I. 1951. — Littoral diatoms of Chichester Harbour with special reference to fouling. *Journal of the Royal Microscopical Society* 71: 1-85.
- HENDEY N. I. 1964. — Pary V - *Bacillariophyceae (Diatoms)*, in An introductory account of the smaller algae of the British coastal waters. *Fishery Investigations* 4: 1-317.
- HUSTEDT F. 1930. — Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz, in RABENHORST L. (ed.), *Kryptogamen-flora* 7, *Die Kieselalgen* 1: 1-920.
- HUSTEDT F. 1959. — Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz, in RABENHORST L. (ed.), *Kryptogamen-flora* 7, *Die Kieselalgen* 2: 1-845.
- HUSTEDT F. 1961-1966. — Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz, in RABENHORST L. (ed.), *Kryptogamen-flora* 7, *Die Kieselalgen* 3: 1-816.
- JOUSE A. P. 1957. — Diatoms in the surface layer of the sediments in the Sea of Okhotsk. *Trudy Instituta Okeanologii Akademia Nauk SSSR* 22: 1-164 (in Russian).
- JOUSE A. P., KOSLOVA O. G. & MUKHINA V. V. 1971. — Distribution of diatoms in the surface layer of sediment from Pacific Ocean, in FUNNELL B. M. & RIEDEL W. R. (eds), *Micropaleontology of Oceans*, Cambridge University Press, Cambridge: 263-269.
- KRUGSMAN W., HILGEN F. J., LANGEREIS C. G., SANTARELLI A. & ZACHARIASSE W. J. 1995. — Late Miocene magnetostratigraphy, biostratigraphy and cyclostratigraphy in the Mediterranean. *Earth and Planetary Science Letters* 136: 475-494.
- MANSOUR B. 1991. — *La série diatomitique messinienne de Sig: étude systématique des diatomées et implications paléocéologiques*. Thèse de Magister, université d'Oran, Algérie, 147 p.
- MANSOUR B., MOISSETTE P., NOËL D. & ROUCHY J. M. 1995. — 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.

- MANSOUR B., SAINT MARTIN J.-P. 1999. — Conditions de dépôt des diatomites messiniennes en contexte de plate-forme carbonatée d'après l'étude des assemblages de diatomées : exemple du Djebel Murdjadjo (Algérie). *Geobios* 32 (3): 395-408.
- MANSOUR B. 2004. — *Diatomées messiniennes du bassin du bas Chélif (Algérie nord-occidentale)*. Thèse de Doctorat d'État, université d'Oran, Algérie, 285 p.
- MANSOURI M. E. H. 2001. — *Les nannofossiles calcaires du Miocène supérieur du bassin du Chélif (ex. : la coupe de Djebel Ben Dourda) : intérêt biostratigraphique et corrélations*. Thèse de Magister, université d'Oran, Algérie, 129 p.
- MÜLLER C. 1979. — Les nannofossiles calcaires (mer pélagienne). *Géologie méditerranéenne* 6 (1): 210-220.
- NAVARRO J. N. 1981. — A survey of the marine diatoms of Puerto Rico. II. Suborder Biddulphiineae. *Botanica marina* XXIV: 615-630.
- NAVARRO J. N., PEREZ C., ARCE N. & ARROYO B. 1989. — Benthic marine diatoms of Caja de Muertos Island, Puerto Rico. *Nova Hedwigia* 49 (3/4): 333-367
- NEURDIN-TRESCARTES J. 1992. — *Le remplissage sédimentaire du bassin Néogène du Chélif, modèle de référence de bassins intramontagneux*. Thèse de Doctorat es Science, université de Pau, France, 230 p.
- NOËL D. 1982. — Les diatomées des saumures des marais salants de Salin-de-Giraud (Sud de la France). *Géologie méditerranéenne* IX (4): 413-446.
- NOËL D. 1984. — Les diatomées des saumures et des sédiments de surface du Salin de Bras del Port (Santa Pola, province d'Alicante, Espagne). *Revista de Investigaciones Geológicas* 38-39: 79-107.
- NOVARINO G. 1990. — Observations on the frustule architecture of *Mastogloia smithii*, with particular reference to the valvocopula and its integration with the valve. *Diatom Research* 5 (2): 373-385.
- PERAGALLO H. & PERAGALLO M. 1897-1908 — *Diatomées marines de France et des districts maritimes voisins*. M. J Tempère éditeur, Grez-sur-Loing, 491 p., 137 pls.
- 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.
- PESTREA S. & SAINT MARTIN J.-P. 2002. — La microflore de diatomées du Messinien de Gibellina (Sicile occidentale, Italie). *Geodiversitas* 24 (3): 585-610.
- PESTREA S., BLANC-VALERON M. M. & ROUCHY J. M. 2002. — Les assemblages de diatomées des niveaux infra-gypseux du Messinien de Méditerranée (Espagne, Sicile, Chypre). *Geodiversitas* 24 (3): 543-583.
- RICARD M. 1977. — Les peuplements de diatomées des lagons de l'Archipel de la Société (Polynésie française) : floristique, écologie, structure des peuplements et contribution à la production primaire. *Revue algologique* XII (3-4): 1-336.
- RINCE Y. 1993. — *Les diatomées marines de la région de Basse-Loire : inventaire, distribution spatio-temporelle et devenir expérimental des peuplements naturels d'écosystème ostréicoles*. Thèse de Doctorat d'état, université de Nantes, France, 489 p.
- ROUCHY J. M. 1982. — La genèse des évaporites messiniennes de Méditerranée. *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*, Paris, série C (50): 1-267.
- ROUND F. E., CRAWFORD R. M. & MANN D. G. 1990. — *The Diatoms. Biology and Morphology of the Genera*. Cambridge University Press, Cambridge, 747 p.
- SAINT MARTIN J.-P. 1990. — Les formations récifales coralliennes du Miocène supérieur d'Algérie et du Maroc. *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*, Paris, série C (56): 366 p.
- SAINT MARTIN J.-P., CONESA G. & SAINT MARTIN J.-P. 2004. — Signification paléocologique des assemblages de diatomées du messinien dans le bassin de Melilla-Nador (Rif Nord-Oriental, Maroc). *Revue de Micropaléontologie* 46: 161-190.
- SANCETTA C. 1979. — Oceanography of the North Pacific during the last 18,000 years; evidence from fossil diatoms. *Marine Micropaleontology* 4: 103-123.
- SANCETTA C. 1982. — Distribution of the diatom species in surface sediments of the Bering and Ohotsk seas. *Micropalaeontology* 28 (3): 221-257.
- SANCETTA C., HEUSSER L. & HALL M. A. 1992. — Late Pliocene climate in the Southeast Atlantic: preliminary results from a multi-disciplinary study of D.S.D.P. site 532. *Marine Micropaleontology* 20: 59-75.
- SCHRADER H. J. 1992. — Peruvian coastal primary palaeo-productivity during the last 200,000 years, in SUMMERHAYES C. P., PRELL W. L. & EMEIS K. C. (eds), Upwelling systems: evolution since the early Miocene. *Geological Society Special Publication* 64: 391-409.
- SCHRADER H. J. & GERSONDE R. 1978. — Diatoms and silicoflagellates, in ZACHARIASSE W. J., RIEDEL W. R., SANFILIPPO A., SCHMIDT R. R., BROLSMA M. J., SCHRADER H. J., GERSONDE R., DROOGER M. M. & BROEKMAN J. A. (eds), Micropaleontological counting methods and techniques – an exercise on an eight metres section of the lower Pliocene of Capo Rossello, Sicily. *Utrecht Micropaleontological Bulletin* 17: 129-176.
- SCHRADER H. J. & SORKNESS R. 1990. — Spatial and temporal variation of Peruvian coastal upwelling during the latest Quaternary, in SUESS E., VON HUENE R. & EMEIS K. (eds), *Proceeding of the Ocean Drilling Project, Scientific Results* 112: 391-406.
- SCHUETTE G. & SCHRADER H. J. 1981a. — Diatom taphocoenose in the coastal upwelling area of south-west Africa. *Marine Micropaleontology* 6: 131-155.
- SCHUETTE G. & SCHRADER H. 1981b. — Diatoms in surface sediments: a reflection of coastal upwelling, in RICHARDS F. A. (ed.), *Coastal and Estuarine Sciences I. Coastal Upwelling*. American Geophysical Union, Washington, DC: 372-380.

- SPROVIERI R., DI STEFANO E. & SPROVIERI M. 1996a. — High resolution chronology for Late Miocene Mediterranean stratigraphic events. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 102: 77-104.
- SPROVIERI R., DI STEFANO E., CARUSO A. & BONONMO S. 1996b. — High resolution stratigraphy in the Messinian Tipoli Formation in Sicily. *Paleopelagos* 6: 415-435.
- SUC J.-P., VIOLANTI D., LONDEIX L., POU MOT C., ROBERT C., CLAUZON G., GAUTIER F., TURON J.-L., FERRIER J., CHIKHI H. & CAMBON G. 1995. — Evolution of the Messinian Mediterranean environments: the Tripoli Formation at Capodarso (Sicily, Italy). *Review of Palaeobotany and Palynology* 87: 51-79.
- WILLIAMS D.M. & ROUND F.E. 1986. — Revision of the genus *Synedra* Ehrenberg. *Diatoms Research* 1: 313-339.

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

Annexe 4. — Exigences écologiques des différents taxons de diatomées et de silicoflagellés dans le Dahra sud-occidental (Algérie).

	marines	saumâtres	d'eau douce	planctoniques	tychoplanc toniques	benthiques	océaniques	méditerranéennes	atlantiques	arctiques	boréales	tempérées froides	tempérées	tempérées chaudes	subtropicales	tropicales	
Centriques	<i>Actinocyclus cubitus</i> Hanna & Grant, 1926	*															
	<i>Actinocyclus curvatus</i> Janish in A. Schmidt, 1878	*		*				*	*			*	*				
	<i>Actinocyclus ellipticus</i> Grunow, 1883	*															
	<i>Actinocyclus octonarius</i> Ehrenberg, 1838	*															
	<i>Actinocyclus tenellus</i> (Brébisson) Andrews, 1976	*	*	*													
	<i>Actinoptychus senarius</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1843	*			*												
	<i>Actinoptychus splendens</i> (Shadbolot) Ralfs in Pritchard, 1861	*															
	<i>Actinoptychus</i> sp.	*			*												
	<i>Arachnoides ornatus</i> Schmidt, 1882	*		*													
	<i>Asterolampra acutifolia</i> Forti, 1913	*		*					*	*							
	<i>Asterolampra grevillei</i> (Wallich) Greville, 1860	*		*													
	<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg, 1844	*		*					*	*							
	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen, 1979	*		*	*				*	*			*	*	*	*	*
	<i>Auliscus sculptus</i> (Smith) Ralfs in Pritchard, 1861	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Azpeitia nodulifer</i> (Schmidt) Fryxell & Sims, 1986	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Bacteriastrium hyalinum</i> Lauder, 1864	*					*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Biddulphia tuomeyi</i> (Bailey) Roper, 1859	*					*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Chaetoceros</i> sp.	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Coscinodiscus apiculatus</i> Ehrenberg, 1844	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg, 1844	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Coscinodiscus curvatus</i> var. <i>minor</i> (Ehrenberg) Grunow, 1839	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Coscinodiscus divinus</i> Grunow, 1878	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Coscinodiscus marginatus</i> Ehrenberg, 1843	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Coscinodiscus obscurus</i> A. Schmidt, 1878	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> Ehrenberg, 1841	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Coscinodiscus perforatus</i> Ehrenberg, 1844	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Coscinodiscus plicatus</i> Grunow in Schmidt, 1878	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg, 1841	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Coscinodiscus</i> sp. 1 (in Gardette, 1978)	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Coscinodiscus</i> sp. 2 (in Gardette, 1978)	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Coscinodiscus</i> sp. 3 (in Gardette, 1978)	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Hemidiscus cuneiformis</i> s.l. Wallich, 1860	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Hyalodiscus</i> aff. <i>radiatus</i> (O'Meara) Grunow in Cleve & Grunow, 1880	*	*	*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Kützting, 1844	*	*	*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Pseudodiscus nitidus</i> (Gregory) Round & Mann, 1980	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Rhizosolenia hebetata</i> s.l. Bailey, 1856	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Rhizosolenia</i> sp.	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Spatangidium arachnes</i> Brébisson, 1857	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Stellarima stellaris</i> Roper, 1858	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Thalassiosira convexa</i> var. <i>aspinosa</i> Schrader, 1974	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehrenberg) Cleve, 1904	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Thalassiosira leptopus</i> (Grunow) Hasle & Fryxell, 1970	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Thalassiosira miocenica</i> Schrader, 1974	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Thalassiosira nativa</i> Muchina, 1965	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Thalassiosira oestrupii</i> (Ostenfeld) Hasle, 1972	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Thalassiosira praeconvexa</i> Burckle, 1972	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Thalassiosira symbolophora</i> Schrader, 1974	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Thalassiosira</i> sp. 1	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Thalassiosira</i> sp. 2	*		*			*		*	*			*	*	*	*	*
	<i>Triceratium antediluvianum</i> (Ehrenberg) Grunow, 1870	*	*	*			*		*	*			*	*	*	*	*
<i>Triceratium favius</i> Ehrenberg, 1839	*	*	*			*		*	*			*	*	*	*	*	
Pennées	<i>Amphora</i> sp.	*				*		*	*			*	*	*	*	*	
	<i>Cocconeis</i> aff. <i>debesi</i> Hustedt, 1933	*				*		*	*			*	*	*	*	*	
	<i>Cocconeis disrupta</i> Gregory, 1857	*					*		*	*		*	*	*	*	*	
	<i>Cocconeis ornata</i> Gregory, 1857	*	*	*			*		*	*		*	*	*	*	*	
	<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg, 1838	*	*	*			*		*	*		*	*	*	*	*	
	<i>Cocconeis pseudomarginata</i> Gregory, 1857	*	*	*			*		*	*		*	*	*	*	*	
	<i>Cocconeis scutellum</i> s.l. Ehrenberg, 1838	*	*	*			*		*	*		*	*	*	*	*	
	<i>Dimerogramma fulvum</i> (Gregory) Ralfs in Pritchard, 1861	*					*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Dimerogramma marinum</i> (Gregory) Ralfs in Pritchard, 1861	*					*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Diploneis bombus</i> (Ehrenberg) Cleve, 1894	*					*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Diploneis crabro</i> (Ehrenberg) Ehrenberg, 1844	*					*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Diploneis smithi</i> s.l. (de Brébisson) Cleve, 1894	*	*	*			*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Grammatophora angulosa</i> Ehrenberg, 1841	*					*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kützting, 1844	*					*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Grammatophora oceanica</i> (Lyngbye) Kützting, 1844	*					*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Grammatophora undulata</i> Ehrenberg, 1840	*					*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Mastogloia smithi</i> s.l. Thwaites ex Wm. Smith, 1856	*	*	*			*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Navicula hennedyi</i> Wm. Smith, 1856	*					*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Navicula hennedyi</i> var. <i>granulata</i> Gregory, 1857	*					*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Navicula lyra</i> Ehrenberg, 1843	*					*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Nitzschia fossilis</i> (Frenguelli) Kanaya, 1970	*		*			*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Nitzschia marina</i> Grunow, 1880	*		*			*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Nitzschia reinholdii</i> Kanaya & Kolzumi, 1970	*		*			*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Nitzschia</i> sp.	*		*			*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Rhabdonema adriaticum</i> Kützting, 1844	*		*			*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Rhaphoneis amphiceros</i> Ehrenberg, 1844	*	*	*			*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Rhaphoneis nitida</i> (Gregory) Grunow, 1867	*	*	*			*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Rhopalodia</i> sp.	*	*	*			*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Surirella fastuosa</i> Ehrenberg, 1840	*	*	*			*		*	*			*	*	*	*	
	<i>Surirella</i> sp.	*	*	*			*		*	*			*	*	*	*	
<i>Synedra fulgens</i> (Greville) Wm. Smith, 1856	*	*	*			*		*	*			*	*	*	*		
<i>Synedra ulna</i> Ehrenberg 1830	*		*			*		*	*			*	*	*	*		
<i>Synedra undulata</i> (Bailey) Gregory, 1857	*		*			*		*	*			*	*	*	*		
<i>Thalassionema nitzschoides</i> s.l. Grunow in Van Heurck, 1881	*		*			*		*	*			*	*	*	*		
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow, 1880	*		*			*		*	*			*	*	*	*		
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve, 1894	*		*			*		*	*			*	*	*	*		
<i>Trachyneis aspera</i> var. <i>elliptica</i> (Ehrenberg) Cleve, 1894	*		*			*		*	*			*	*	*	*		
Silico-fla-gelles	<i>Dictyochea fibula</i> s.l. Ehrenberg, 1854	*		*		*		*	*			*	*	*	*		
	<i>Distaphanus speculum</i> s.l. Ehrenberg, 1854	*		*		*		*	*			*	*	*	*		
	<i>Mesocena elliptica</i>	*		*		*		*	*			*	*	*	*		