

# La microflore de diatomées du Messinien de Gibellina (Sicile occidentale, Italie)

**Simona PESTREA**

Université de Bucarest, Faculté de Géologie et Géophysique,  
1 bd N. Balcescu, Bucarest (Roumanie)

Université de Provence, Centre de Sédimentologie-Paléontologie,  
3 place Victor-Hugo, F-13331 Marseille cedex 03 (France)  
simsaintmartin@yahoo.fr

**Jean-Paul SAINT MARTIN**

Université de Provence, UMR 6019, Centre de Sédimentologie-Paléontologie,  
case 67, 3 place Victor-Hugo, F-13331 Marseille cedex 03 (France)  
jpsmart@newsup.univ-mrs.fr

---

Pestrea S. & Saint Martin J.-P. 2002. — La microflore de diatomées du Messinien de Gibellina (Sicile occidentale, Italie), *in* Néraudeau D. & Goubert E. (eds), l'Événement messinien : approches paléobiologiques et paléocéologiques. *Geodiversitas* 24 (3) : 585-610.

## RÉSUMÉ

Dans la partie occidentale de la Sicile, seuls quelques affleurements dans le secteur de Gibellina, au Sud-Est de la ville de Salemi, permettent d'observer des sédiments à caractère diatomitique d'âge messinien, juste sous la formation des gypses massifs. Il s'agit le plus souvent de laminites diatomitiques au sein d'une série marno-carbonatée renfermant des niveaux de gypses. Parmi ces laminites il est à retenir, vers la base visible de la série, des niveaux à très grands frustules de diatomées et, plus haut dans la succession, des niveaux bitumineux. La microflore de diatomées analysée se compose, pour la majeure partie des niveaux échantillonnés, essentiellement de diatomées planctoniques, sauf un niveau où dominent des diatomées pennées benthiques. Les associations de diatomées caractérisent un milieu marin ouvert sur le large, mais soumis à des influences littorales et parfois même à des apports probables d'eaux douces. La succession des associations de diatomées dominantes suggère l'alternance de périodes d'eaux stratifiées et de périodes de blooms accompagnant d'éventuels upwellings.

## MOTS CLÉS

Diatomées,  
Messinien,  
Gibellina,  
Sicile,  
paléocéologie.

**ABSTRACT**

*Messinian diatom microflora of Gibellina (western Sicily, Italy).*

In the western part of Sicily, only a few outcrops in the sector of Gibellina, southeast of the city of Salemi, allow the observation of Messinian bearing-diatom sediments, just under the massive gypsum formation. Here we observe diatomitic laminites within a marly-carbonate series containing gypsum levels. Among these laminites, towards the visible base of the series, are levels rich in very big diatom frustules and, higher in the succession, bituminous laminites. The majority of the analyzed samples consists essentially of planktonic diatoms, except one level where benthic pennate diatoms dominate. The diatom assemblages characterize a marine opened environment, but are subject to littoral influences and sometimes even to freshwater contributions. The succession of the dominant diatom assemblages suggests an alternation between stratified water periods and blooms periods linked to possible upwellings.

**KEY WORDS**

Diatoms,  
Messinian,  
Gibellina,  
Sicily,  
palaeoecology.

**INTRODUCTION**

Les accumulations diatomitiques représentent un des termes habituels de la sédimentation messinienne en Sicile. C'est le cas notamment en Sicile centrale où le contenu diatomique a été l'objet de plusieurs études de détail (Burckle 1978 ; Gersonde 1980 ; Gersonde & Schrader 1984 ; Gaudant *et al.* 1996). Par contre aucun travail n'a été consacré à la microflore diatomique du Messinien dans la partie occidentale de la Sicile, sans doute parce que les dépôts diatomitiques y sont moins représentés. En effet, seuls quelques affleurements ont été signalés, dans le bassin de Castelvetro, près de Gibellina, montrant des diatomites, blanches en affleurement et sombres en profondeur par imprégnation bitumineuse (carte géologique au 1/50 000 de Castelvetro). L'étude de la microflore diatomique de Gibellina permet donc de combler ce manque d'informations, notamment en déterminant certains paramètres paléocéanographiques dans ce bassin juste avant la formation des gypses massifs.

**CADRE GÉOLOGIQUE**

Le bassin de Castelvetro est situé dans la partie occidentale de la Sicile (Fig. 1). Il est limité au Nord par les monts de Trapani et ouvert vers le

Sud. La série messinienne y comporte des sédiments variés, avec des faciès carbonatés à caractère récifal surtout représentés dans le secteur de Salemi-Calatafimi (Saint Martin *et al.* 1996), et des gypses massifs stratifiés considérés comme correspondant à l'unité supérieure des évaporites messiniennes (Abate *et al.* 1988). Ces gypses sont bien représentés sur le pourtour du synclinal de Salemi-Calatafimi, entre Salemi et Castelvetro et dans la région de Santa Ninfa-Gibellina (Fig. 1B).

Dans le secteur de Santa Ninfa-Gibellina la formation des gypses massifs, surmontée au Sud par les faciès blanchâtres pliocènes de faciès Trubi, constitue une grande part des reliefs au Nord d'une ligne reliant Santa Ninfa aux ruines de Gibellina. Sous les masses gypseuses, on peut observer, à l'occasion de rares affleurements, des sédiments marno-laminitiques (Fig. 1B). Une coupe effectuée au Nord, à l'Ouest des ruines de Gibellina (secteur de Martorina), en montre les principaux termes sur une trentaine de mètres de puissance (Fig. 2). La sédimentation est caractérisée, d'une part, par la présence de niveaux laminés localement à caractère diatomitique et, d'autre part, par des niveaux gypseux de faciès et d'épaisseur variable. La partie inférieure visible se compose d'une alternance de marnes et de calcaires fins souvent laminés à petits cristaux de gypses, très denses selon les niveaux. Au-dessus, des marnes et laminites (niveaux G1 et G2) renferment des diatomées de très grande taille

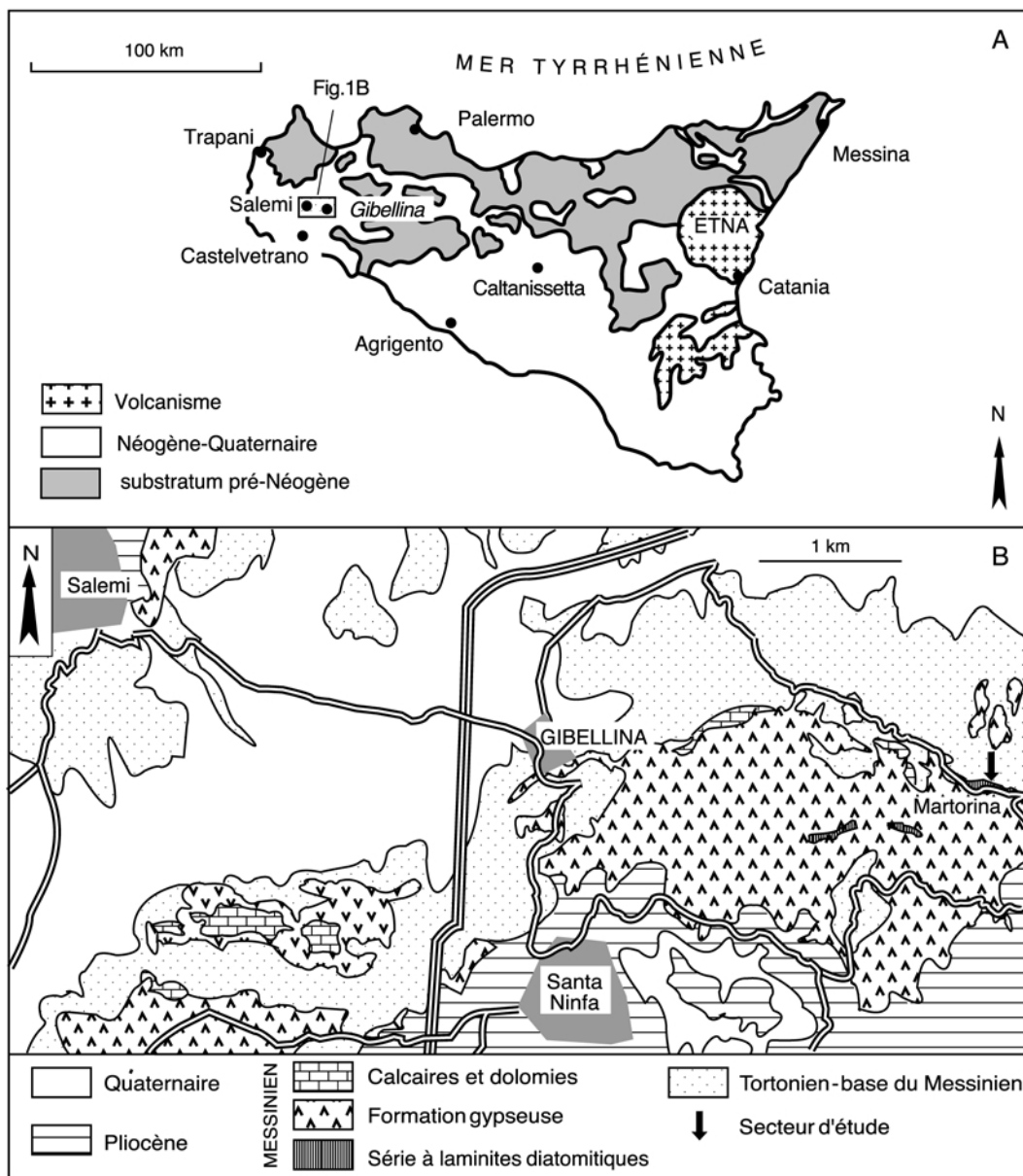


Fig. 1. — Carte de situation du site étudié en Sicile (A) et cadre géologique simplifié (B).

visibles à l'œil nu. Un niveau repère est constitué de gypse massif surmonté de gypse lité de faciès Balatino. Au-dessus se développent des alternances de marnes, de laminites, de sables au sein desquelles se remarque un niveau sombre feuilleté bitumineux (niveau G9). Certains niveaux (Fig. 2)

se révèlent plus particulièrement riches en spicules de spongiaires.

Il est remarquable de noter l'absence de macrofaune et de bioturbations tout au long de la coupe. Des structures sédimentaires de type HCS sont relevées dans plusieurs niveaux.

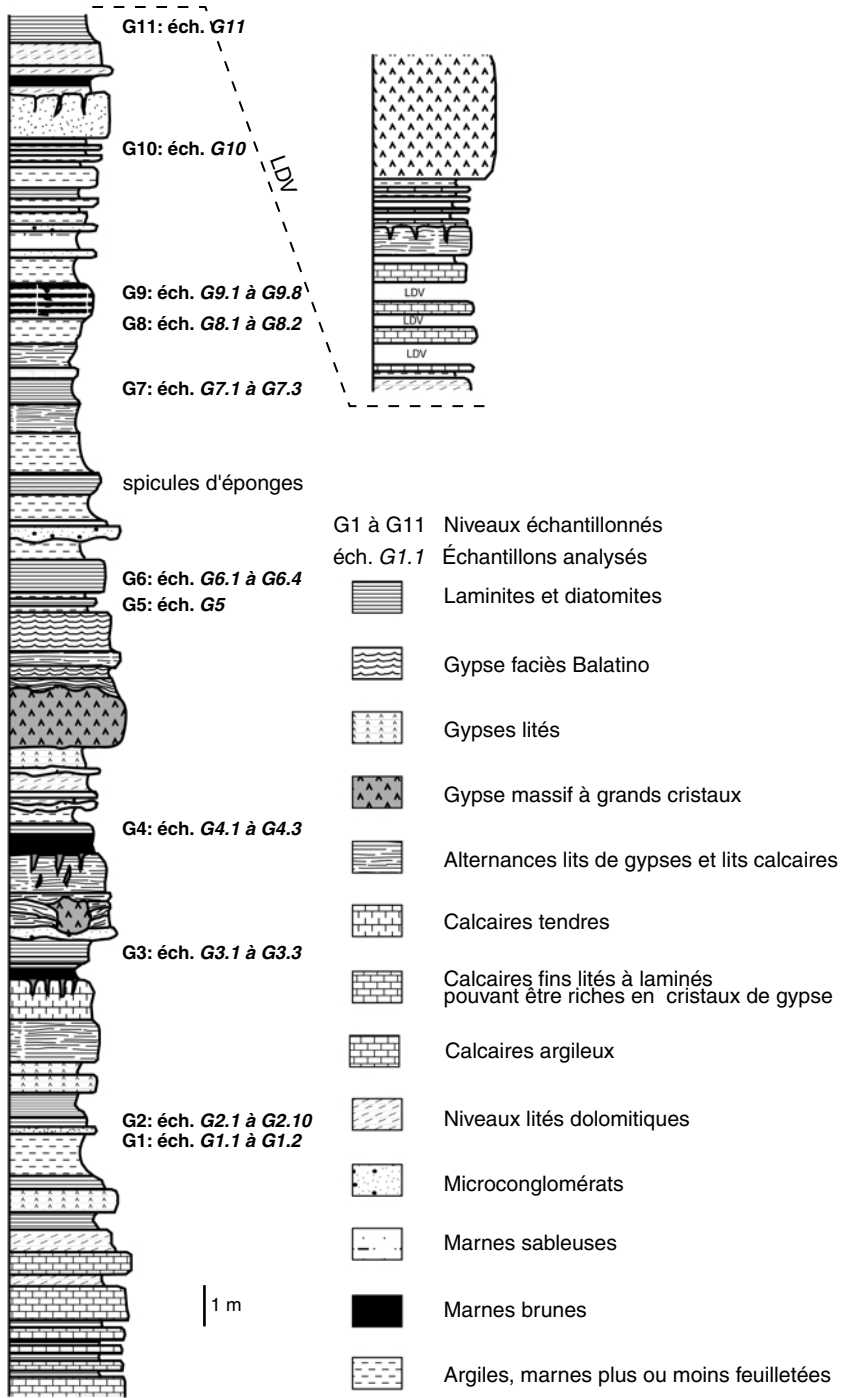


Fig. 2. — Succession lithostratigraphique et position des échantillons. LDV, lacune de visibilité.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

Des échantillons, au nombre de 44, ont été initialement prélevés tout au long de la coupe. L'échantillonnage a été effectué d'une manière très serrée, en suivant au mieux les « rythmes » de sédimentation. En effet, les niveaux riches en microflore diatomique se présentent de diverses manières : laminites à feuillettes diatomitiques plus ou moins épais, laminites bitumineuses, marnes feuilletées à films diatomitiques isolés. Pour chacun de ces niveaux (G1 à G11), les échantillons, en nombre variable, ont été numérotés de bas en haut (par exemple, G1.1 et G1.2). Dans certains cas, un échantillonnage plus fin a pu être réalisé et la numérotation par lettre (b, bas ; m, milieu ; h, haut) suit l'ordre de la succession (par exemple, G2.6b et G2.6h).

Une quantité d'environ 10 g de sédiment de chaque échantillon est attaquée à chaud avec de l'acide chlorhydrique et du peroxyde d'hydrogène. La fraction argileuse en suspension est éliminée par décantations successives. Une goutte de suspension bien homogénéisée est étalée sur une lame et recouverte par une lamelle collée à la résine NAFRAX. Ces lames de référence sont déposées dans la collection de micropaléontologie de l'Université de Provence, centre Saint Charles, sous l'enregistrement DIATMES2. À l'issue du traitement, six échantillons (G2.10h, G3.1, G3.2, G3.3, G4.1, G9.1) se sont révélés stériles. L'observation des lames est ensuite réalisée au microscope optique à un grossissement de  $\times 1000$ .

L'abondance relative (en pourcentage) des espèces dans un échantillon est calculée pour chaque échantillon (Annexe 1) à partir du comptage sur lames de plus de 300 individus, selon la méthode de Schrader & Gersonde (1978). Les déterminations et les principales données paléocologiques et écologiques (Annexes 2 ; 3) sont établies à partir de différents travaux : Peragallo & Peragallo (1897-1908), Karsten (1907), Hustedt (1930-1966), Deacan (1933), Hendey (1937, 1951, 1964), Cupp (1943), Jousé (1957), Jousé *et al.* (1971), Barron (1973), Baudrimont & Degiovanni (1974), Maynard (1976), Ricard

(1977), Gardette (1979), Sancetta (1979, 1982), Gersonde (1980), Sancetta & Silvestri (1986), Mansour (1991), Navarro (1982), Baldauf (1984), Noël (1982, 1984), Barron (1985), Round *et al.* (1990), Sancetta *et al.* (1992), Rincé (1993), Gaudant *et al.* (1996). Les auteurs des taxons déterminés au cours de cette étude sont indiqués dans l'Annexe 1. Certains individus qui ne sont représentés que par des fragments de frustules difficilement identifiables au niveau spécifique ont été laissés en nomenclature ouverte. Certains niveaux renferment des frustules de diatomées en nombre trop insuffisant (G2.10b, 22 individus ; et G10, 8 individus) pour être considérés comme caractéristiques. Ce sont d'ailleurs des échantillons ne comportant que la seule espèce *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen, 1979 avec des frustules en mauvais état. Ces échantillons n'ont pas été pris en compte dans le tableau des données issue des comptages, mais leur signification sera cependant discutée.

On considère que les variations de composition des assemblages de diatomées reflètent fidèlement des variations des paramètres paléocologiques (paléotempérature, paléosalinité et paléobathymétrie). La plupart des taxons étant représentés dans l'Actuel et leur écologie connue, il est possible de déterminer la signification paléocologique des espèces ou des groupes d'espèces. On obtient alors des indications paléocologiques précieuses à partir des données fournies par les abondances relatives. Cette approche est illustrée par des schémas montrant les variations au long de la coupe de Gibellina.

## RÉSULTATS DE L'ANALYSE

### BIOSTRATIGRAPHIE

Gersonde & Schrader (1984) ont utilisé comme marqueurs biostratigraphiques pour la Formation des Tripolis les espèces suivantes : *Asterolampra acutiloba* Forti, 1913, *Thalassiosira convexa* var. *aspinosa* Schrader, 1974, *Thalassiosira miocenica* Schrader, 1974 et *Thalassiosira praeconvexa* Burckle, 1972. Dans la coupe de Gibellina, les marqueurs stratigraphiques sont absents. La

présence de *Asterolampra acutiloba*, dès la base et tout au long de la coupe (Annexe 1), ne contredit pas l'âge messinien des dépôts.

#### BIODIVERSITÉ

Les diatomées sont généralement abondantes, diversifiées et bien préservées, à l'exception des niveaux évoqués ci-dessus où seuls quelques frustules sont observables ou préservés. Environ 105 espèces de diatomées ont ainsi été répertoriées dans la coupe de Gibellina. Certaines parmi les plus représentatives sont illustrées dans les Figures 4, 5 et 6.

On remarque que les deux classes de diatomées Centriques et Pennées sont bien représentées, les Pennées étant un peu plus diversifiées en nombre de genres et espèces (Fig. 3A). Ainsi, 46 espèces de Centriques réunies en 19 genres et 59 espèces de Pennées représentant 24 genres ont été déterminées. Cependant, au point de vue du nombre des individus, les Centriques sont généralement dominantes (Fig. 3B), à l'exception de l'échantillon G2.9h caractérisé par la dominance de Pennées avec les genres *Cocconeis* Ehrenberg, 1838 et *Navicula* Kützing, 1844.

Pour les Centriques, le genre *Coscinodiscus* Ehrenberg, 1838, suivi par *Actinocyclus* Ehrenberg, 1837, est le mieux représenté au point de vue spécifique (Fig. 3C).

Dans la classe des Pennées, les genres *Diploneis* Ehrenberg, 1844 et *Nitzschia* Hassall, 1845 ont le plus grand nombre d'espèces, suivis par les genres *Cocconeis*, *Grammatophora* Ehrenberg, 1840, *Navicula* et *Mastogloia* Thwaites in Wm. Smith, 1856 (Fig. 3D).

Les assemblages de diatomées de Gibellina montrent une grande diversité qui peut être comparée avec celle observée dans d'autres coupes de Sicile. Dans la coupe de Masseria il Salto (Gaudant *et al.* 1996), 30 espèces de Centriques et 20 espèces de Pennées sont recensées. Dans la coupe de Falconara-Giblissemi (Pestrea *et al.* 2002), 43 espèces de Centriques et 22 espèces de Pennées ont été identifiées. À l'examen de ces données, on peut formuler les constatations suivantes :

– le nombre d'espèces de Centriques à Gibellina est comparable avec celui de Falconara-

Giblissemi où l'on remarque une plus grande diversité des espèces appartenant au genre *Thalassiosira* Cleve, 1873 ;

– la diversité des espèces de Pennées est beaucoup plus importante à Gibellina qu'à Masseria il Salto et Falconara-Giblissemi.

La diversité en espèces de diatomées constatée à Gibellina permet ainsi d'apporter une meilleure connaissance des peuplements de diatomées qui ont caractérisé les bassins messiniens de Méditerranée. Par ailleurs, une telle biodiversité pourrait refléter la complexité des interactions des divers paramètres océanographiques.

#### ASSEMBLAGES

Les assemblages de diatomées montrent des variations le long de la coupe autant en ce qui concerne les espèces dominantes, que les espèces sous-dominantes (Annexe 4).

On observe que la base de la coupe (G1.1 à G2.4) est dominée par les taxons centriques de grande taille *Coscinodiscus asteromphalus* Ehrenberg, 1844, *C. gigas* Ehrenberg, 1841, *C. oculus-iridis* Ehrenberg, 1839, certains individus étant nettement visibles à l'œil nu sur les lamines.

À partir de l'échantillon G.2.5 les espèces dominantes sont *Thalassionema nitzschioides* Grunow in Van Heurck, 1896 et *Thalassiothrix longissima* Cleve & Grunow, 1880 en alternance avec *Rhizosolenia hebetata* Bailey, 1856.

Les échantillons G2.10b et G10 ne renferment quant à eux que des frustules de la diatomée centrique *Aulacoseira granulata*, mais en nombre réduit, comme cela a été indiqué plus haut.

En ce qui concerne les espèces sous-dominantes, la composition des assemblages varie assez souvent d'un échantillon à l'autre.

Il faut noter également la présence constante le long de la coupe des silicoflagellés et des spicules d'éponges, à l'exception des échantillons sans diatomées ou dominés par les benthiques ou par l'espèce *Aulacoseira granulata*.

Le traitement effectué sur les échantillons (utilisation de l'acide chlorhydrique) ne permet pas de conserver le nanoplankton calcaire. Cependant l'observation directe des échantillons au

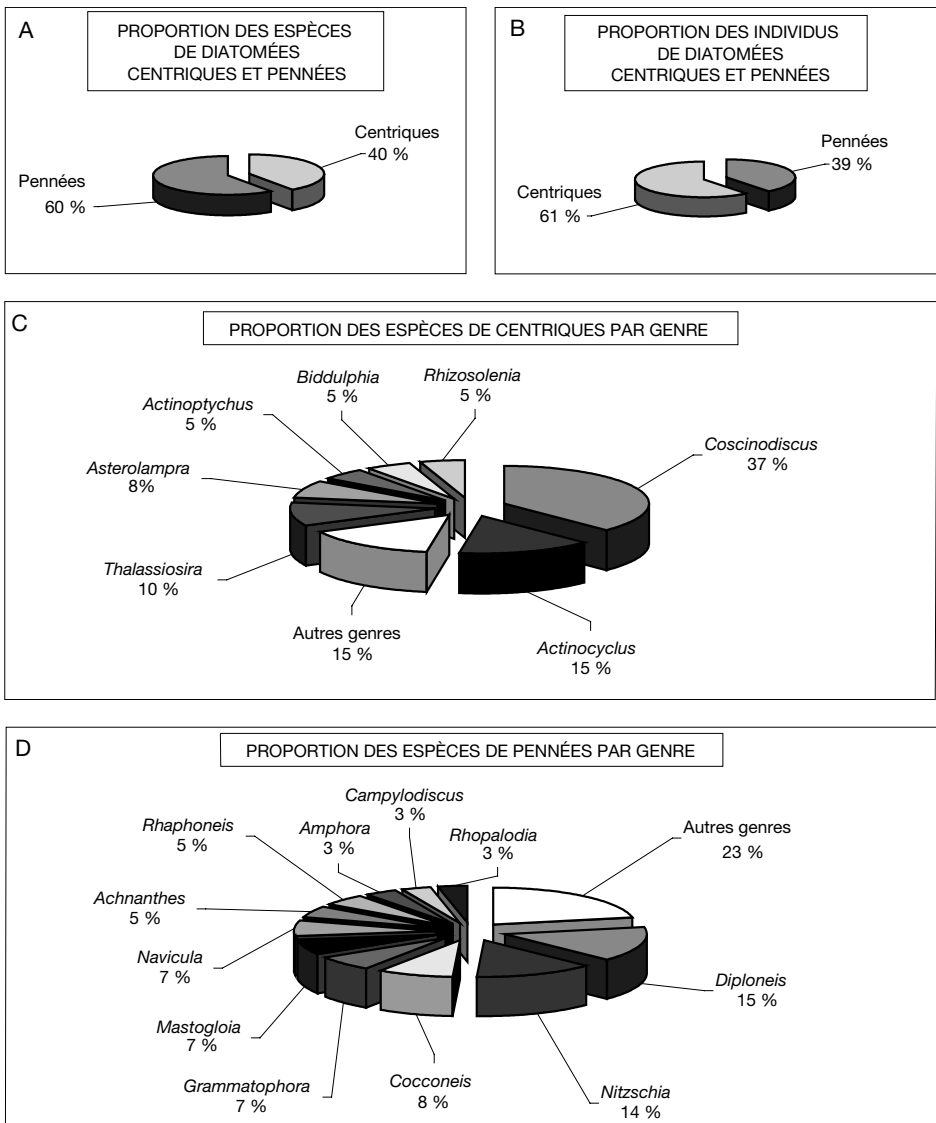


FIG. 3. — Biodiversité des populations de diatomées.

Microscope Électronique à Balayage a permis de mettre en évidence la présence quasi constante de nannoplancton (Fig. 6G) avec les formes suivantes : *Giminolithella* sp., *Heilicosphaera* sp., *Reticulofenestra* sp., *Rhabdosphaera* sp. (détermination M. Maruntau).

## INDICATIONS PALÉOÉCOLOGIQUES

### PALÉOBATHYMÉTRIE

Les renseignements concernant la paléobathymétrie sont exprimés à partir des pourcentages des espèces planctoniques océaniques, planctoniques

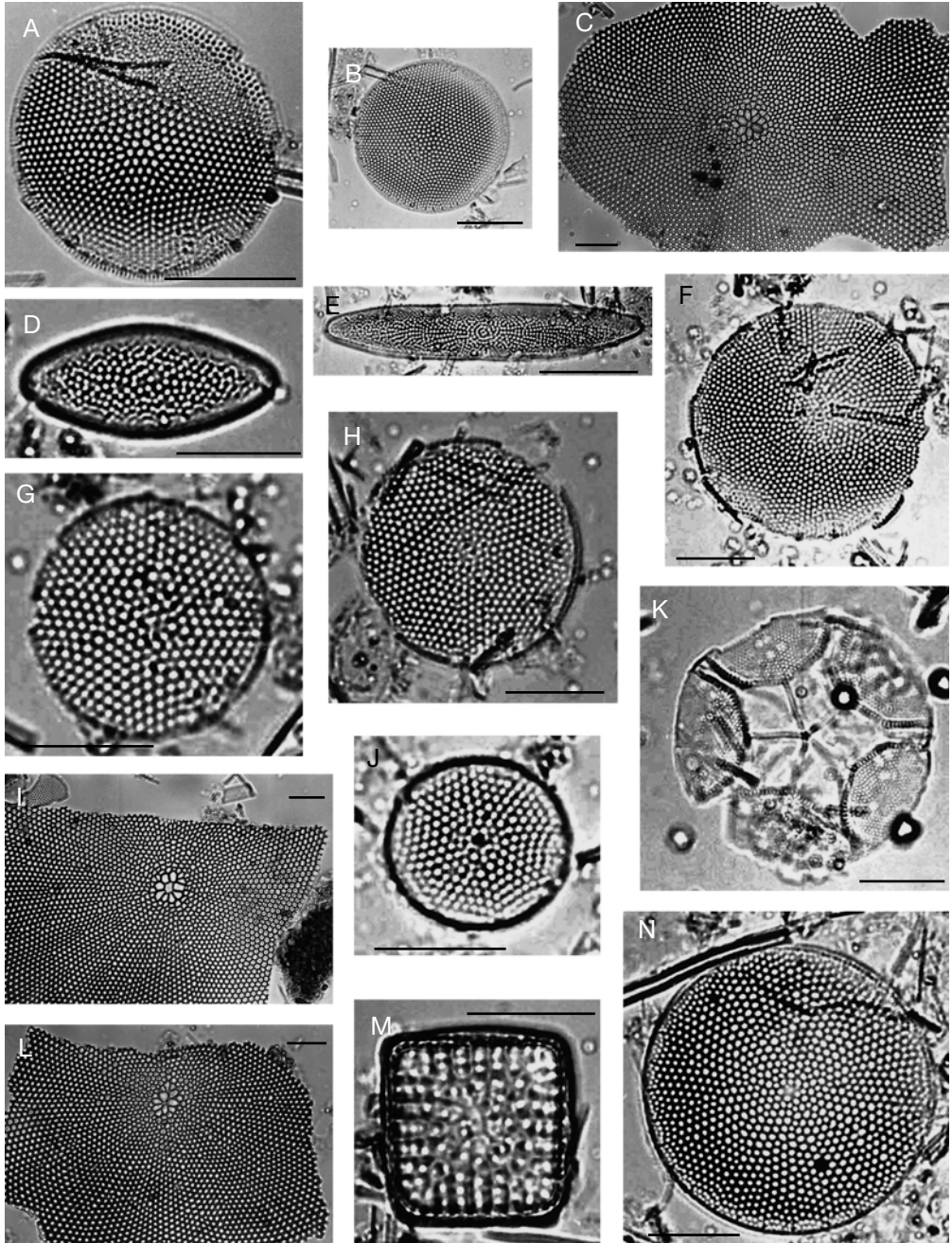


FIG. 4. — Diatomées centriques du Messinien de Gibellina ; **A, B**, *Thalassiosira eccentrica* (Ehrenberg) Cleve, 1903 ; **C, L**, *Coscinodiscus asteromphalus* Ehrenberg, 1844 ; **D, E**, *Actinocyclus ellipticus* Grunow, 1883 ; **F**, *Actinocyclus divisus* (Grunow) Hustedt, 1958 ; **G, J**, *Coscinodiscus* sp. 1 in Gardette, 1979 ; **H**, *Actinocyclus curvatus* Janisch, 1878 ; **I**, *Coscinodiscus perforatus* Ehrenberg, 1844 ; **K**, *Asterolampra acutiloba* Forti, 1913 ; **M**, *Stictodiscus paralellus* (Ehrenberg) Grove & Sturt, 1885 ; **N**, *Coscinodiscus radiatus* Ehrenberg, 1840. Échelles : 20 µm.



néritiques-océaniques, méroplanctoniques et benthiques (Fig. 7). Les indications fournies permettent d'exprimer la distribution progressive des taxons depuis le milieu côtier (benthiques et méroplanctoniques) vers des conditions de plus en plus océaniques.

Les formes planctoniques sont représentées par plus de 90 % des spécimens. On remarque que les planctoniques néritico-océaniques dominent la plupart des assemblages alors que les formes typiquement océaniques sont faiblement représentées. Les taxons méroplanctoniques montrent des pourcentages significatifs dans l'échantillon G6.4 en raison de l'abondance de *Coscinodiscus granii* Gough, 1905 et également dans l'échantillon G9.8 avec *Actinocyclus ehrenbergii* var. *tenellus* (Brébisson) Hustedt, 1929.

Les formes benthiques dominent (85 %) dans un seul échantillon (G2.9h) ; dans lequel l'assemblage est constitué essentiellement de *Navicula halophila* (Grunow) Cleve, 1894 et de différentes espèces de *Cocconeis* (*C. belawani* (Meister) Mills, 1933, *C. scutellum* Ehrenberg, 1838, *C. pediculus* Ehrenberg, 1838). Il est intéressant de remarquer que l'échantillon suivant (G.2.10b) est dominé par l'espèce d'eau douce *Aulacoseira granulata*.

#### PALÉOTEMPÉRATURES

Les taxons de diatomées recensées à Gibellina se retrouvent dans les assemblages répertoriés par Jousé *et al.* (1971), Maynard (1976), Sancetta & Silvestri (1986) et Sancetta *et al.* (1992) pour caractériser différentes conditions climatiques et océanographiques (Fig. 8).

La flore de diatomées de Gibellina se compose d'un mélange de taxons cosmopolites, de taxons qui caractérisent des milieux subtropicaux à tropicaux et de taxons d'influence boréale.

En général, le long de la coupe on remarque la dominance d'espèces cosmopolites représentées par *Rhizosolenia hebetata* et *Thalassionema nitzschioides*. La base de la coupe est caractérisée par le pourcentage élevé des espèces d'eau chaude dû à l'abondance de *Coscinodiscus asteromphalus*.

L'intervalle des échantillons G5 à G6.2 indique un pourcentage significatif des taxons d'eau

chaude représentés par plusieurs espèces appartenant au genre *Asterolampra* Ehrenberg, 1845 (*A. acutiloba*, *A. marylandica* Ehrenberg, 1844, *A. grevillei* (Wallich) Greville, 1860).

Plusieurs niveaux sont caractérisés par des pourcentages significatifs d'espèces inféodées aux eaux froides avec surtout *Thalassiothrix longissima* qui abonde dans les échantillons G2.9b, G2.9m, G7.2 et G7.3, G9.4, G11.

Des indications sur les paléotempératures sont également fournies par les silicoflagellés notamment les deux espèces les plus fréquentes *Dictyocha fibula* Ehrenberg, 1854 et *Distephanus speculum* Ehrenberg, 1854 (Mandra 1969 ; Gardette 1979) : la première, liée de préférence aux eaux méditerranéennes chaudes, abonde dans les niveaux avec plus de diatomées d'eau chaude, tandis que la deuxième, caractéristique des eaux océaniques froides, abonde dans les niveaux caractérisés par le pourcentage élevé des diatomées d'eau froide. Il y a donc ainsi une bonne corrélation des indications fournies par les deux groupes.

#### SALINITÉ

De manière générale, la microflore de diatomées est principalement constituée par des espèces planctoniques marines (polyhalines) accompagnées d'espèces euryhalines pouvant supporter une salinité inférieure à celle de l'eau de mer (formes planctoniques comme *Actinocyclus ehrenbergii* var. *tenellus*, *Paralia sulcata* (Ehrenberg) Cleve, 1873, *Coscinodiscus granii* mais également et surtout des formes benthiques comme *Cocconeis ornata* Gregory, 1857, *C. scutellum*, *Diploneis smithii* (Brébisson) Cleve, 1894, *D. suborbicularis* (Gregory) Cleve, 1894, *Navicula praetexta* Ehrenberg, 1840, *Rhaphoneis ampiceros* (Ehrenberg) Ehrenberg, 1844, *R. nitida* (Gregory) Grunow, 1868, *Rhopalodia gibberula* (Ehrenberg) O. Müller, 1895).

L'échantillon G2.9h est, quant à lui, dominé par des espèces benthiques euryhalines (*Cocconeis ornata*, *C. scutellum*) et par l'espèce saumâtre *Navicula halophila*.

Les échantillons G2.10b et G.10 sont caractérisés par la dominance de l'espèce planctonique d'eau

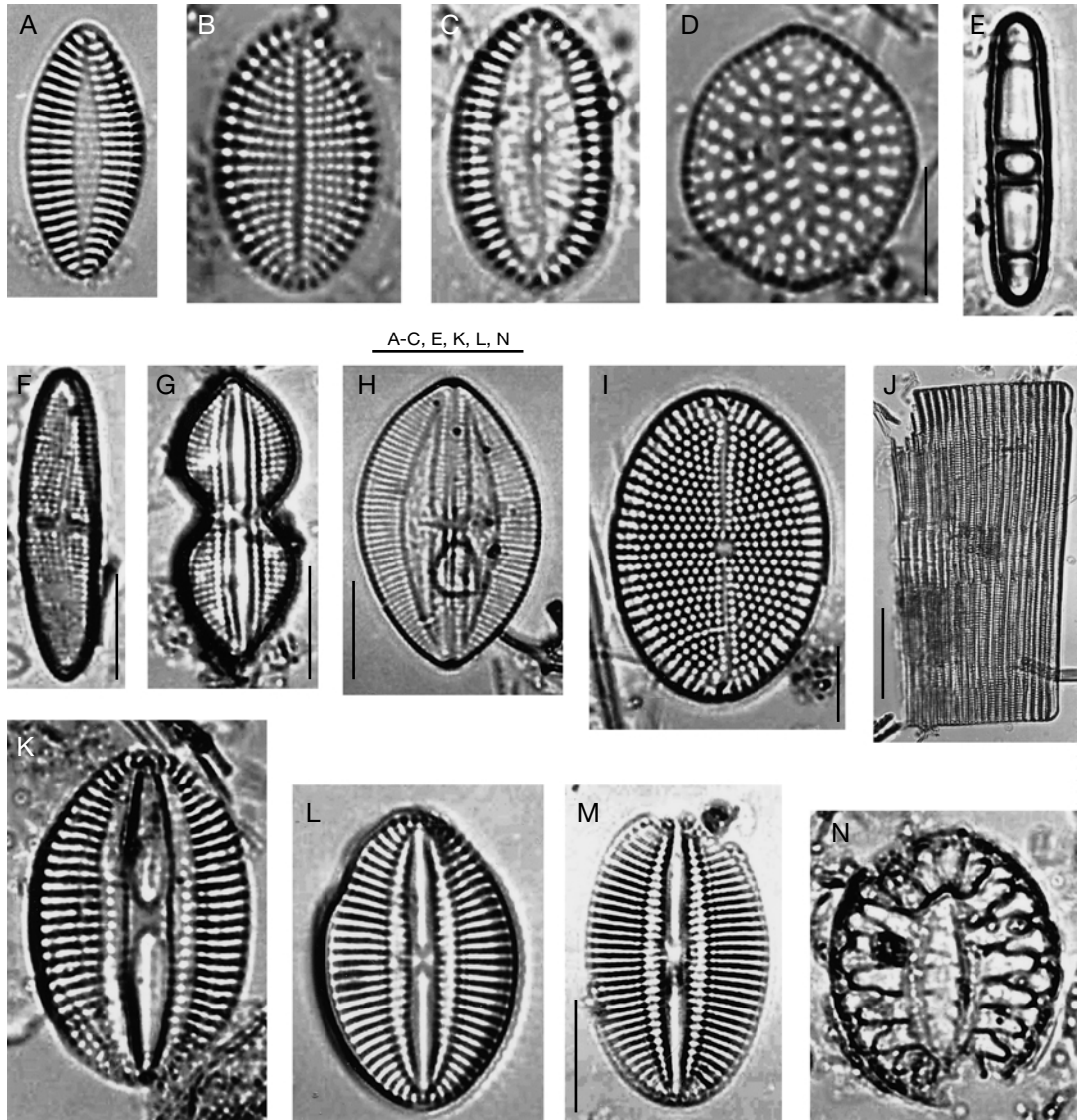


FIG. 5. — Diatomées pennées du Messinien de Gibellina ; **A**, *Cocconeis belawanii* (Meister) Mills, 1933 ; **B**, *Cocconeis scutellum* Ehrenberg, 1838 ; **C**, *Cocconeis ornata* Gregory, 1857 ; **D**, *Rhaphoneis nitida* (Gregory) Grunow, 1868 ; **E**, *Grammatophora angulosa* Ehrenberg, 1840 ; **F**, *Achnanthes brevipes* Agardh, 1824 ; **G**, *Diploneis bombus* Ehrenberg, 1844 ; **H**, *Navicula hennedyi* Wm. Smith, 1856 ; **I**, *Mastogloia splendida* (Gregory) Cleve, 1896 ; **J**, *Rhabdonema adriaticum* Kützing, 1844 ; **K**, **L**, *Diploneis suborbicularis* (Gregory) Cleve, 1894 ; **M**, *Diploneis smithii* (Brébisson) Cleve, 1894 ; **N**, *Suirella fastuosa* Ehrenberg, 1840. Échelles : 20 µm.

douce *Aulacoseira granulata* représentée cependant que par un nombre très réduit d'individus mal conservés. Ils ont été exclus des calculs de pourcentages.

## DISCUSSION

La flore de diatomées présente une similitude certaine avec celle décrite dans les sédiments d'âge

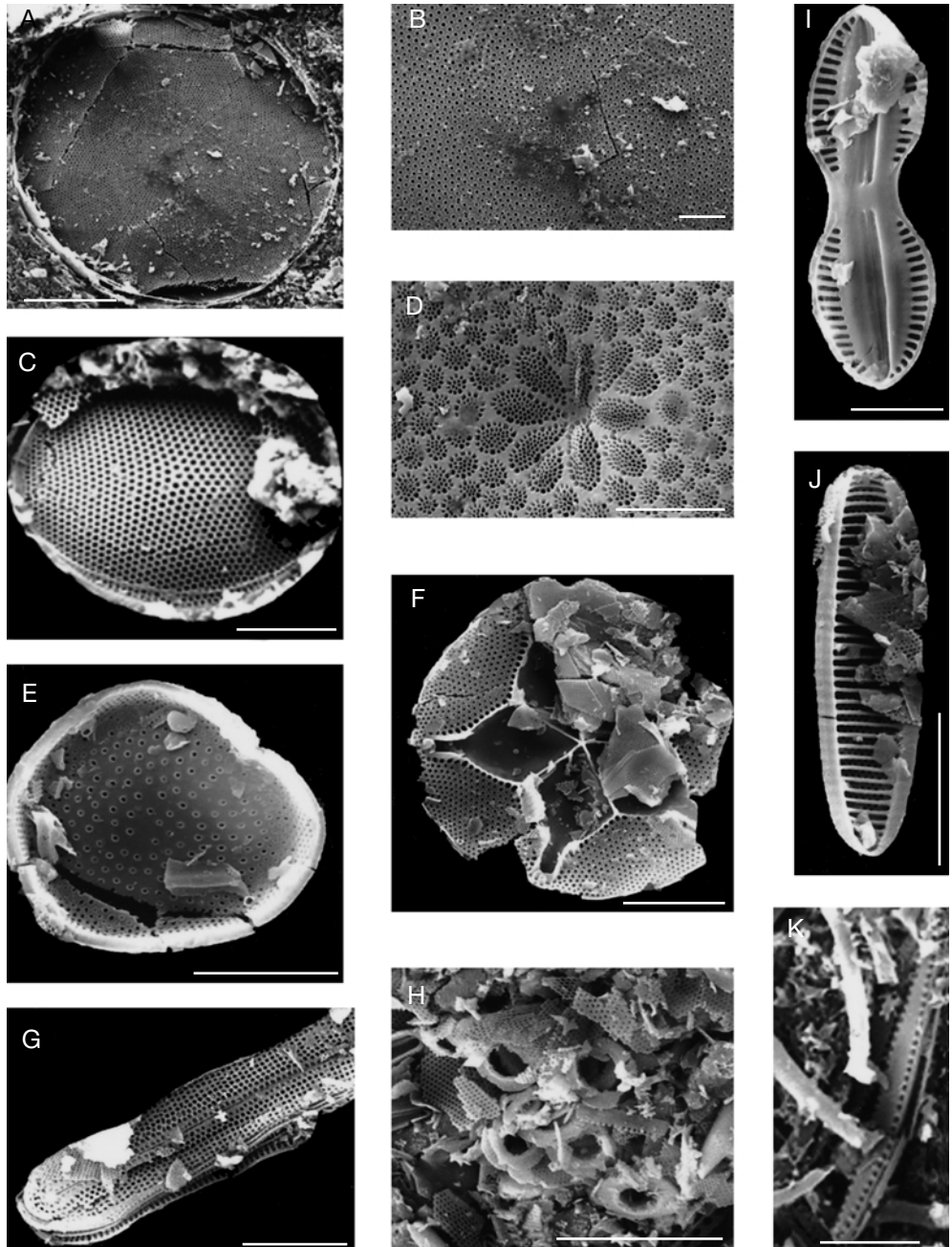


FIG. 6. — Diatomées du Messinien de Gibellina en microscopie électronique ; **A, B**, *Coscinodiscus gigas* Ehrenberg, 1841 ; **C**, *Thalassiosira eccentrica* (Ehrenberg) Cleve, 1903 ; **D**, *Coscinodiscus asteromphalus* Ehrenberg, 1844, détail ; **E**, *Actinocyclus ehrenbergii* var. *tenellus* (Brébisson) Hustedt, 1929 ; **F**, *Asterolampra acutiloba* Forti, 1913 ; **G**, *Berkeleia micans* Greville, 1868 ; **H**, coccosphère ; **I**, *Diploneis crabro* Ehrenberg, 1844 ; **J**, *Nitzschia* sp. ; **K**, *Thalassionema nitzschioides* Grunow in Van Heurck, 1896. Échelles : A, 100  $\mu$ m ; B, C, 20  $\mu$ m ; D-K, 10  $\mu$ m.

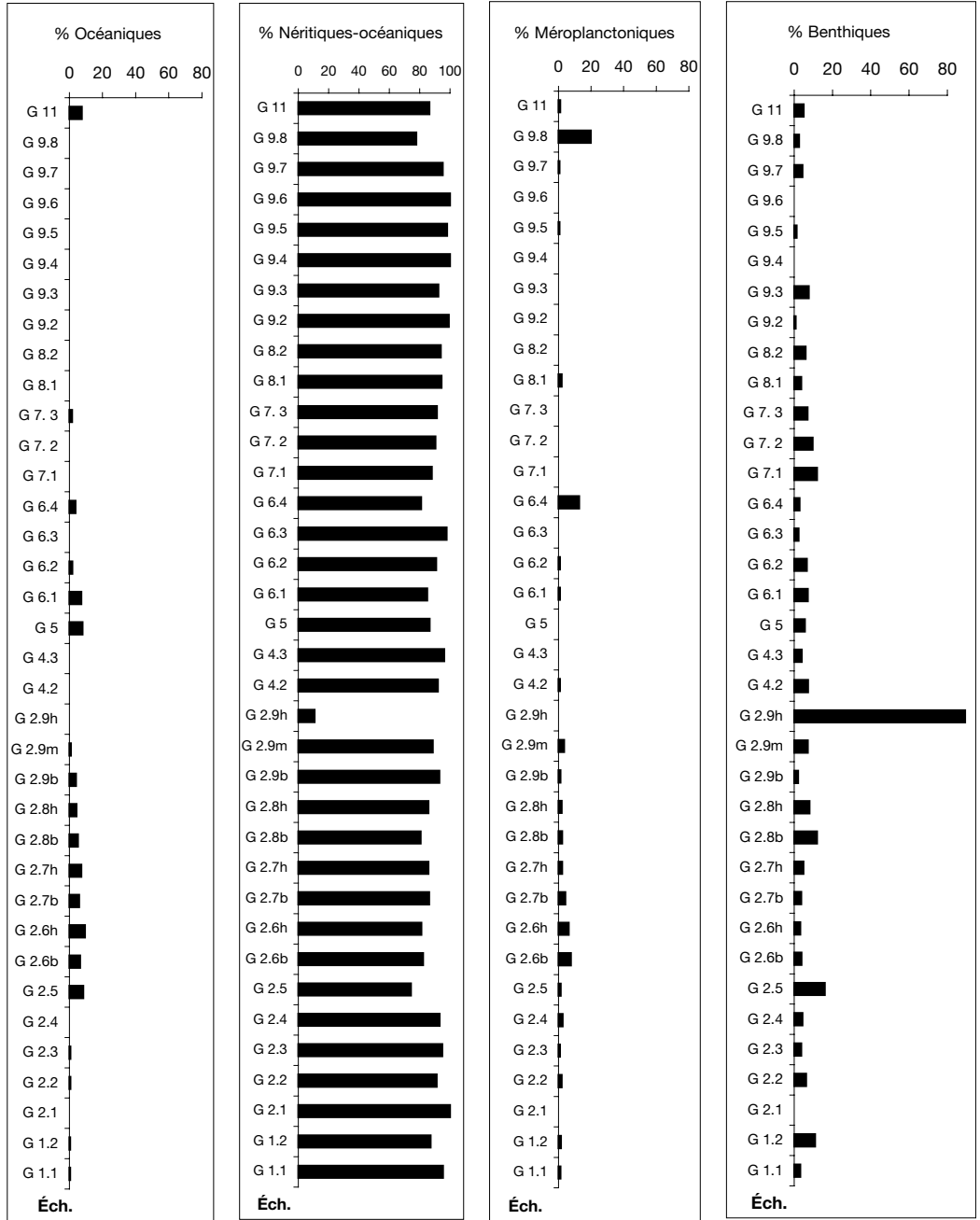


Fig. 7. — Abondance relative des diatomées en fonction du mode de vie. Abréviation : **Éch.**, échantillon.

messinien de Méditerranée occidentale (Baudrimont & Degiovanni 1974 ; Gersonde 1980 ; Dell’Uomo & Masi 1988 ; Fourtanier *et*

*al.* 1991 ; Mansour 1991 ; Mansour *et al.* 1995 ; Mansour & Saint Martin 1999 ; Pestrea *et al.* 1999, 2000 ; Saint Martin *et al.* 2001).

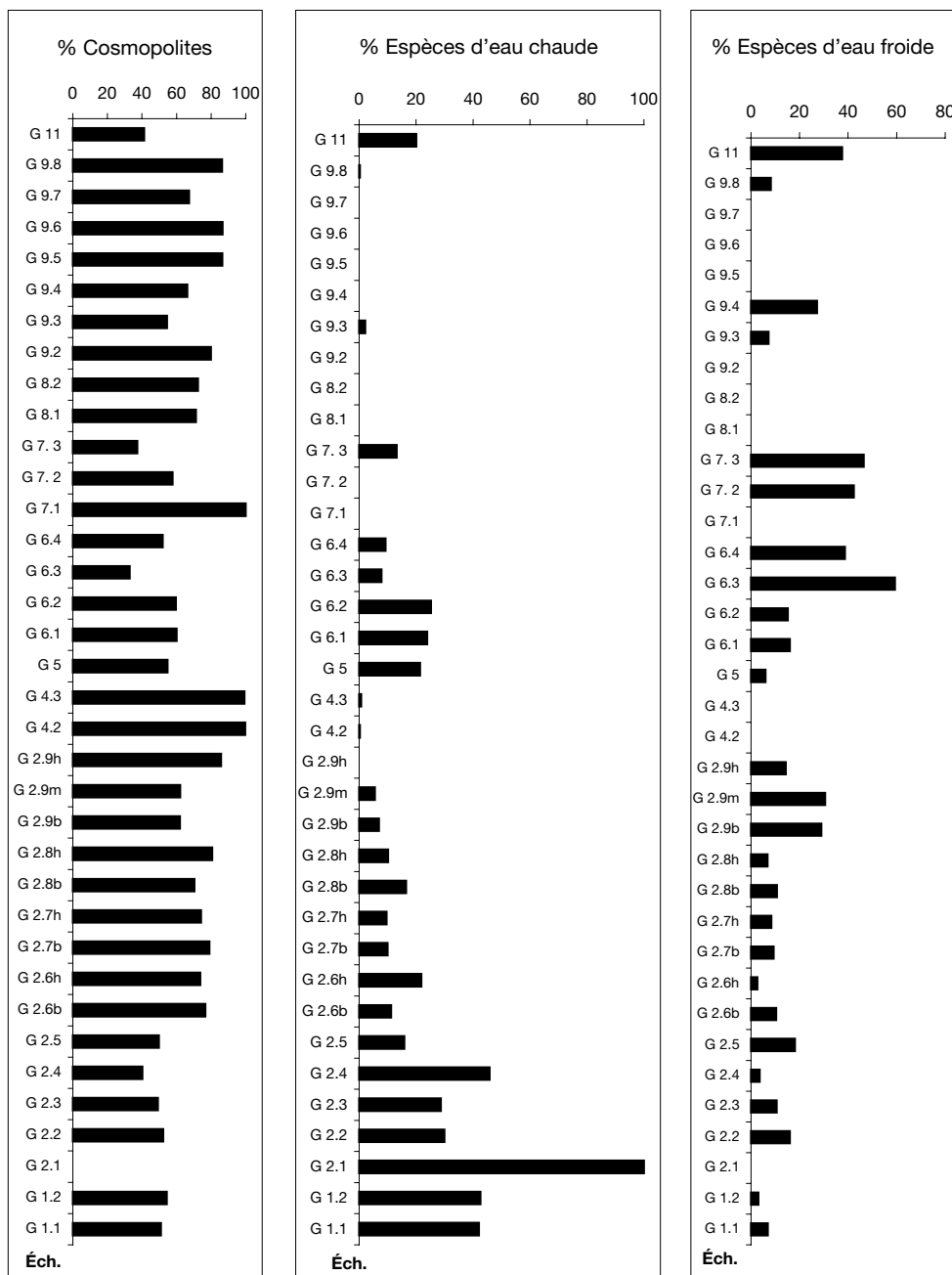


FIG. 8. — Abondance relative des diatomées en fonction de la température des eaux. Abréviation : **Éch.**, échantillon.

Cependant, on constate de manière générale, que les associations de Gibellina présentent quelques différences avec celles étudiées dans les séries pré-

évaporitiques du bassin central sicilien (Gersonde 1980 ; Gaudant *et al.* 1996) : elles sont plus diversifiées au niveau des espèces réputées néri-

tiques du genre *Coscinodiscus* Ehrenberg, 1838 mais moins riches en espèces typiquement océaniques comme *Thalassiosira convexa* Muchina, 1965, *T. praeconvexa* ou *T. miocenica*.

La dominance des formes planctoniques néritico-océaniques et l'association avec les silicoflagellés, de même que la présence permanente de nanoplancton calcaire, indiquent un milieu en connexion avec la mer ouverte. La fréquence des formes benthiques, même en faible pourcentage, le long de la coupe et leur diversité spécifique marquent une influence littorale constante. Ainsi l'association de formes planctoniques marines dominantes et de formes benthiques marines et euryhalines, mais également saumâtres, suggère un milieu marin qui pouvait être soumis à de relatives dessalures. L'influence littorale est également suggérée par les structures sédimentaires de type HCS relevées dans les niveaux sableux de la coupe et qui pourraient indiquer un milieu de dépôt situé sous l'action des vagues de beau temps et affecté occasionnellement de tempêtes.

La base de la coupe (niveau 2) est marquée par l'abondance de très grands frustules de diatomées centriques : *Coscinodiscus gigas*, *C. asteromphalus*, *C. oculus-iridis* (Figs 4 ; 6). La véritable représentation de ces frustules dans les assemblages est d'ailleurs probablement sous-estimée dans les comptages du fait de leur grande taille (plusieurs centaines de microns), de leur fragilité et de leur désagrégation au cours des traitements. Un tel phénomène, rarement observé dans le Messinien, pourrait être l'expression de blooms comme ceux enregistrés dans golfe de Californie pour l'espèce *Coscinodiscus asteromphalus* (Schuette & Schrader 1981). Selon Schrader (1982), les assemblages monospécifiques à *C. asteromphalus* indiqueraient des saisons de non upwellings.

L'abondance de *Thalassionema nitzschioides* accompagnée par *Thalassiothrix longissima* est généralement associée à un milieu de forte productivité (Schuette & Schrader 1981), notamment caractéristique des zones d'upwellings côtiers (Gersonde 1980 ; Fourtanier *et al.* 1991). *Thalassionema nitzschioides* est toujours citée dans les régions d'upwellings (Sancetta 1979, 1982 ; Sancetta *et al.* 1992 ; Schrader 1982, 1992 ;

Abrantes 1988). Plus généralement les floraisons de phytoplancton qui suivent le phénomène d'upwelling se produisent dans les environnements côtiers et peuvent être à l'origine d'une grande partie de la production annuelle (Sautter & Sancetta 1992). L'influence de phénomènes d'upwellings a été souvent invoquée pour expliquer la composition et les abondances relatives des assemblages d'organismes siliceux au Messinien (Gardette 1979 ; Gersonde 1980 ; Rouchy 1982 ; Fourtanier *et al.* 1991 ; Mansour *et al.* 1995 ; Gaudant *et al.* 1996 ; Mansour & Saint Martin 1999), mais aussi pour rendre compte des caractéristiques des environnements de plate-forme carbonatée à la même époque (Mankiewicz 1988 ; Saint Martin 1990 ; Moissette & Saint Martin 1992 ; Martin & Braga 1994 ; Martin *et al.* 1997). Les spores de *Chaetoceros* atteignent un pourcentage de plus de 10 % dans certains niveaux (G2.5, G9.6). Or l'abondance de ces spores a été remarquée dans les régions d'upwellings (Schuette & Schrader 1981) où ils marqueraient la dernière étape dans la succession des assemblages associés à la manifestation de l'upwelling (Guillard & Kilham 1977). Cependant, d'autres auteurs ont observé des concentrations de spores de *Chaetoceros* dues surtout à des résédimentations (Leventer & Dumber 1987 ; Sancetta 1989).

Par contre, l'abondance de *Rhizosolenia* Brightwell, 1858 relevée dans quelques niveaux (G4.2 à G6.2 ; G8.1 à G9.7) suggère plutôt un milieu limité en substances nutritives. En effet la prolifération de cette diatomée provoque l'apparition de larges mattes à la surface des eaux pendant les périodes de fortes stratifications (Guillard & Kilham 1977 ; Sautter & Sancetta 1992 ; Sancetta 1994 ; Chang *et al.* 1998). Cette adaptation de *Rhizosolenia* à des conditions de stratification de la colonne d'eau est due à sa capacité de migration lui permettant d'aller chercher les substances nutritives (azote) sous la nutricline pour revenir à la surface où elle réalise les processus photosynthétiques (Villareal *et al.* 1993). Pour Sancetta *et al.* (1991), l'abondance de *Rhizosolenia* pourrait refléter, non pas des périodes de floraisons, mais un accroissement lent de la population.

Cependant, Fourtanier *et al.* (1991) interprètent l'abondance de *Rhizosolenia* dans des lamines claires de la diatomite messinienne de Castagnito (Piémont, Italie) comme résultant d'une variation saisonnière. Des accumulations de *Rhizosolenia* sont par ailleurs observées dans des sédiments laminés anoxiques (Schrader & Matherne 1981) riches en sapropel. Les diatomites bitumineuses des niveaux G8-G9 sont ainsi pour une grande part marquées par la dominance de *Rhizosolenia hebetata* ce qui correspondrait bien à un fond anoxique et des eaux stratifiés. Il est à remarquer de plus l'absence des silicoflagellés dans ces échantillons. Plus largement, on peut envisager, dans le secteur de Gibellina, un milieu de dépôt de la série messinienne marqué par la stratification de la colonne d'eau, favorable à la préservation de la matière organique, mais perturbé de manière épisodique par des phénomènes d'upwellings s'accompagnant de blooms (par exemple de *Thalassionema nitzschioides* et *Thalassiothrix longissima*) et d'un mélange temporaire des eaux. Dans un tel système, les eaux de surface, normalement oxygénées, restent favorables au développement du phytoplancton. Ainsi, les travaux menés sur la matière organique des marnes messiniennes de Gibellina (Schaeffer *et al.* 1995) montrent la présence probable d'une zone de surface oxygénée où se produisent des blooms de microalgues et, dessous, d'une zone photique anoxique propice à la conservation de la matière organique. Cette stratification des eaux expliquerait également la pauvreté de la vie benthique observée dans la série. Dans la succession des assemblages, l'échantillon G2.9h apparaît remarquable par la dominance des formes benthiques euryhalines (*Cocconeis ornata*, *Cocconeis scutellum*, *Navicula halophila*) accompagnées d'autres espèces benthiques. Cet assemblage pourrait s'expliquer par une réduction de la tranche d'eau et/ou des influences continentales d'eau douce plus marquées. L'échantillon G2.10b suivant est d'ailleurs caractérisé par la présence unique, mais en nombre très réduit (voir plus haut) de frustules détériorés de l'espèce d'eau douce *Aulacoseira granulata*, ce qui pourrait correspondre à des apports ponctuels d'eau douce, peut-être en rapport avec des événements météorologiques.

Les indications fournies par les assemblages de diatomées sous (G4) et au-dessus (G5-G6) du principal niveau à gypse massif et gypse de type Balatino sont homogènes avec une dominance de *Rhizosolenia hebetata* et l'abondance de silicoflagellés, formes indicatrices d'un milieu marin ouvert. La présence de gypse dans la coupe pourrait ainsi être reliée, d'une part, à des variations minimales du plan d'eau amenant à des conditions de saturation d'eaux stratifiées peu profondes et, d'autre part, à des phénomènes de gypsification secondaire, certaines masses de cristaux de gypse étant d'ailleurs sécantes sur la sédimentation (Fig. 2).

## CONCLUSION

L'assemblage de diatomées du Messinien de Gibellina est semblable à ceux des autres bassins messiniens de Méditerranée occidentale et Méditerranée centrale. Il témoigne d'un milieu de dépôt assez peu profond en communication avec la mer ouverte, caractérisé par un système de stratification des eaux propice au confinement du fond et à la conservation de la matière organique, mais soumis épisodiquement à des périodes de brassage des eaux pendant le fonctionnement d'upwellings côtiers.

## Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre du programme national CRISEVOLE (« Impact de la crise messinienne sur le biota méditerranéen entre le Tortonien et l'Actuel »). L'étude au Microscope Électronique à Balayage de l'Université de Provence a été menée avec l'aide de Roger Notonier et Alain Tonetto. La détermination du nannoplancton a été aimablement effectuée par Mariana Marunteanu (Institut géologique de Roumanie). Les deux rapporteurs anonymes sont remerciés pour leur contribution à l'amélioration du manuscrit. Cet article est une contribution au programme ECLIPSE du CNRS intitulé « La crise de salinité messinienne : modalités, conséquences régionales et globales, quantifications ».

## RÉFÉRENCES

- ABRANTES F. 1988. — Diatom assemblages as upwelling indicators in surface sediments off Portugal. *Marine Geology* 85: 15-39.
- ABATE B., AGATE M., BAMBINA A., DI MAGGIO C., CATALANO R., FRANCHINO A., INCANDELA A., MERLINI S., MONTELEONE S. & SULLI A. 1988. — L'alto strutturale tra Monte Inici e Montagna Grande. 79° Congresso nazionale, Società Geologica Italiana, Guida alle Escursioni. Volume 1. *La Sicilia Occidentale*: 21-26.
- BALDAUF J. 1984. — Cenozoic diatom biostratigraphy and paleoceanography of the Rockall Plateau Region, North Atlantic, Deep Sea Drilling Project Leg. 81, in ROBERTS D. *et al.* (eds), *Initial Reports. D.S.D.P., LXXXI*. U.S. Government Printing Office, Washington: 439-478.
- BARRON J. 1973. — Late Miocene-Early Pliocene paleotemperatures for California from marine diatom evidence. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 14: 277-291.
- BARRON J. A. 1985. — Miocene to Holocene planktic diatoms, in BOLLI H., SAUNDERS J. & PERCH-NIELSEN K. (eds), *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press, Cambridge: 763-793.
- BAUDRIMONT R. & DEGIOVANNI C. 1974. — Les diatomées marines du Miocène supérieur de l'Oranie (Algérie) et leur contexte géologique. *Bulletin de la Société d'Histoire naturelle d'Afrique du Nord* 65: 35-66.
- BURCKLE L. H. 1978. — Diatom biostratigraphy of Unit 2 (Tripoli) of the neostatotype Messinian. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 84: 1037-1050.
- CHANG A., GRIMM K. A. & WHITE L. 1998. — Diatomaceous sediments from the Miocene Monterey Formation, California: A lamina-scale investigation of biological, ecological and sedimentary processes. *Palaios* 13: 439-458.
- CUPP E. E. 1943. — Marine plankton diatoms of the west coast of North America. *Bulletin of the Scripps Institutions of Oceanography* 5 (1): 1-237.
- DEACAN G. E. R. 1933. — A general account of the hydrology of the south Atlantic Ocean. *Discovery Report* 7: 171-238.
- DELL'UOMO A. & MASI A. M. 1988. — Palaeoecological significance of some marine diatom assemblages from the Messinian of Central-eastern Italy. *10<sup>th</sup> International Symposium on Living and Fossil Diatoms*. Huhmari, Finland, abstracts: 257-266.
- 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. *Bollettino 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<sup>e</sup> cycle, Université de Paris-Sud, France, 274 p.
- GAUDANT J., CAULET J.-P., DI GERONIMO I., DI STEFANO A., FORTANIER E., ROMEO M., VÉNECPÉYRÉ 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 Diatomeen Assoziationen aus dem Messinium des Caltanissetta-Beckens (Sizilien) und einiger Vergleichsprofile in SO-Spanien, NW-Algerien und auf Kreta*. Thèse de l'Université de Kiel, Allemagne, 393 p.
- GERSONDE R. & SCHRADER H. 1984. — Marine planktic diatom correlation of the Lower Messinian deposits in the Western Mediterranean. *Marine Micropaleontology* 9 (2): 93-110.
- GUILLARD R. & KILHAM P. 1977. — Ecology of marine planktonic diatoms, in WERNER D. (ed.), *The biology of diatoms*. University of California Press, Berkeley, Botanical Monograph 13: 470-483.
- HENDEY N. I. 1937. — The plankton diatoms of the southern seas. *Discovery Reports* 16: 151-364.
- HENDEY N. I. 1951. — Littoral diatoms of Chichester Harbour with special reference to fouling. *Journal of the Royal Microscopical Society* 71: 1-86.
- HENDEY N. I. 1964. — An introductory account of the smaller algae of the British coastal waters. Part V: Bacillariophyceae (Diatoms). *Fishery investigation* 4: 1-317.
- HUSTEDT F. 1930-1966. — *Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz*, in L. Rabenhorst Kryptogamen-Flora, 7, Die Kieselalgen, 1 (1930), 920 p.; 2 (1959), 845 p.; 3 (1961-1966), 816 p.
- JOUSÉ A. P. 1957. — Diatoms in the surface layer of the sediments in the Sea of Okhotsk. *Trudy Instituta Okeanologii Akademia Nauk SSSR* 22, 164 p. (in Russian).
- JOUSÉ 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.
- KARSTEN G. 1907. — Das indische Phytoplankton nach dem Material der deutschen Tiefsee-Expedition, 1898-1899. *Wissenschaftliche Ergebnisse Tiefsee-Expedition "Valdivia"*, 1898-1899 II (2): 221-544.



- LEVENTER A. & DUMBAR R. B. 1987. — Diatom flux in McMurdo Sound, Antarctica. *Marine Micropaleontology* 12: 49-64.
- MANDRA Y. T. 1969. — Silicoflagellates: a new tool for the study of Antarctic Tertiary climates. *Antarctic Journal of the United States* 4 (5): 172-174.
- MANKIEVICZ C. 1988. — Occurrence and palaeoecologic significance of *Halimeda* in late Miocene reefs, southeastern Spain. *Coral Reefs* 6: 271-279.
- MANSOUR B. 1991. — *La série diatomitique messinienne de Sig: étude systématique des diatomées et implications paléocéologiques*. Thèse de Magistère, 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 Chélib-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.
- MAYNARD N. G. 1976. — Relationship between diatom in surface sediments of the Atlantic Ocean and the biological and physical oceanography of overlying waters. *Paleobiology* 2: 99-121.
- MARTIN J. M. & BRAGA J. C. 1994. — Messinian events in the Sorbas Basin in southeastern Spain and their implication in the recent history of the Mediterranean. *Sedimentary Geology* 90: 257-268.
- MARTIN J. M., BRAGA J. C. & RIDING R. 1997. — Late Miocene *Halimeda* algal-microbial segment reefs in the marginal Mediterranean Sorbas Basin, Spain. *Sedimentology* 44: 441-456.
- MOISSETTE P. & SAINT MARTIN J.-P. 1992. — Upwellings and benthic life in the Messinian of Western Mediterranean. *Paleontologia y Evolucion* 24-25: 245-254.
- NAVARRO J. N. 1982. — A survey of the marine diatoms of Puerto Rico: V- Suborder Raphidineae. Families Achnanthaceae and Naviculaceae. *Botanica Marina* 7 (25): 321-338.
- NOËL D. 1982. — Les diatomées des saumures des marais salants de Salin-de-Giraud (Sud de la France). *Géologie méditerranéenne* 9 (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.
- PERAGALLO H. & PERAGALLO M. 1897-1908. — *Diatomées marines de France et des districts maritimes voisins*. Micrographe-Éditeur LK., Grez-sur-Loing, 491 p.
- PESTREA S., MANSOUR B. & SAINT MARTIN J.-P. 1999. — Les diatomites du Messinien d'Afrique du Nord (Algérie, Maroc): principaux enseignements. *Cryptogamie-Algologie* 20 (2): 109-110.
- PESTREA S., SAINT MARTIN J.-P. & CONESA G. 2000. — Diatomites et diatomées du Messinien: un bilan. *Journées GFEN-APF « L'événement messinien: approches paléobiologiques et paléocéologiques »*, Rennes, résumé: 20.
- PESTREA S., BLANC-VALLERON M.-M. & ROUCHY J.-M. 2002. — Les assemblages de diatomées des niveaux infra-gypseux du Messinien de Méditerranée (Espagne, Sicile, Chypre), in NÉRAUDEAU D. & GOUBERT E. (eds), *L'événement messinien: approches paléobiologiques et paléocéologiques*. *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* nouv. sér. 12 (3-4): 1-336.
- RINCÉ 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* sér. C, 50, 295 p.
- 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* sér. C, 56, 366 p.
- SAINT MARTIN J.-P., CONESA G. & CORNÉE J.-J. 1996. — A new type of Messinian microbialitic buildups (Salemi, Sicily, Italy). *Sedimentary Geology* 106: 51-63.
- SAINT MARTIN J.-P., PESTREA S. & CONESA G. 2001. — Les assemblages de diatomées des niveaux infra-gypseux du bassin messinien de Sorbas (Espagne). *Cryptogamie-Algologie* 22 (1): 127-149.
- 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. *Micropaleontology* 28 (3): 221-257.
- SANCETTA C. 1989. — Processes controlling the accumulation of diatoms in sediments: a model from British Columbian Fjords. *Paleoceanography* 4 (3): 235-251.
- SANCETTA C. 1994. — Mediterranean sapropels: seasonal stratification yields high production and carbon flux. *Paleoceanography* 9: 195-196.
- SANCETTA C. & SILVESTRI S. 1986. — High-resolution biostratigraphy and oceanographic events in the late Pliocene and Pleistocene North Pacific. *Paleoceanography* 1 (2): 163-180.

- SANCETTA C., VILLAREAL T. & FALKOWSKI P. 1991. — Massive fluxes of rhizosolenid diatoms: A common occurrence? *Limnology and Oceanography* 36: 1452-1457.
- 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.
- SAUTTER L. R. & SANCETTA C. 1992. — Seasonal associations of phytoplankton and planktic foraminifera in an upwelling region and their contribution to the sea seafloor. *Marine Micropaleontology* 18: 263-278.
- SCHAEFFER P., REISS C. & ALBRECHT P. 1995. — Geochemical study of macromolecular organic matter from sulfur-rich sediments of evaporite origin (Messinian of Sicily) by chemical degradations. *Organic Geochemistry* 23 (6): 567-581.
- SCHRADER H. J. 1982. — Diatom biostratigraphy and laminated diatomaceous sediments from the Gulf of California Deep Sea Drilling Project leg 64, in MOORE J. R. *et al.* (eds), *Initial Reports of the D.S.D.P.*, LXIV, part 2. U.S. Government Printing Office, Washington: 973-981.
- 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. — Diatom 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. & MATHERNE A. 1981. — Sapropel formation in the eastern Mediterranean Sea: Evidence from preserved opal assemblages. *Micropaleontology* 27 (2): 191-203.
- SCHUETTE G. & SCHRADER H. J. 1981. — Diatom taphocoenose in the coastal upwelling area of southwest Africa. *Marine Micropaleontology* 6: 131-155.
- VILLAREAL T. A., ALTABET M. A. & CULVER-RYMSZA K. 1993. — Nitrogen transport by vertically migrating diatom mats in the North Pacific Ocean. *Nature* 363: 709-721.

*Soumis le 18 mai 2001 ;  
accepté le 14 décembre 2001.*

## ANNEXE 1

Répartition des diatomées et abondance relative en pourcentage des différentes espèces le long de la coupe de Gibellina. R, rare.

Échantillons	% Diatomées centriques																										
	% <i>Actinocyclus curvatus</i>	% <i>Actinocyclus ehrenbergii</i>	% <i>Actinocyclus ehrenbergii</i> var. <i>tenellus</i>	% <i>Actinocyclus ellipticus</i>	% <i>Actinocyclus divinus</i>	% <i>Actinocyclus kutzingii</i>	% <i>Actinoptychus senarius</i>	% <i>Actinoptychus splendens</i>	% <i>Asterolampra acutiloba</i>	% <i>Asterolampra grevillei</i>	% <i>Asterolampra marylandica</i>	% <i>Asteromphalus hookeri</i>	% <i>Aulacoseira granulata</i>	% <i>Azpeitia nodulifer</i>	% <i>Azpeitia vetustissima</i>	% <i>Bacteriastrum hyalinum</i>	% <i>Biddulphia aurita</i>	% <i>Biddulphia tuomeyi</i>	% <i>Bruniopsis mirabilis</i>	% <i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	% <i>Coscinodiscus curvatus</i>	% <i>Coscinodiscus gigas</i>	% <i>Coscinodiscus granii</i>	% <i>Coscinodiscus obscurus</i>	% <i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	% <i>Coscinodiscus perforatus</i>	
G 11	2,2	1,1	4,4	0,3				0,3	0,3	0,3					0,6					1,7	0,6					1,1	
G 10													R														
G 9.8	0,6	19,8																									
G 9.7													0,6		6,8												
G 9.6																											
G 9.5													0,7														
G 9.4																											
G 9.3																2,0						2,0					
G 9.2																											
G 8.2																8,0											
G 8.1													0,7		6,7								1,3			1,3	
G 7.3								0,3	0,6	0,3					1,1					1,4			0,6	1,4			
G 7.2																		0,3									
G 7.1																											
G 6.4			1,7		0,6								0,3		1,7		0,3				0,6	11,2	2,0				
G 6.3															0,6												
G 6.2								0,3	1,4						4,3					0,6					0,8		
G 6.1								2,8	1,4	2,8					5,7					1,1		1,1	0,9	0,6	1,1	1,1	
G 5								1,1	3,4	3,4					13,5					1,1						1,1	
G 4.3																											
G 4.2													0,6														
G 2.10b													R														
G 2.9h																											
G 2.9m						3,4								0,9	0,6					1,4	2,8			0,6	0,6		
G 2.9b		0,6	0,6		0,6									1,7	1,7					1,7			1,1	0,6	1,7	1,7	
G 2.8h			1,1					0,6	0,3	0,6				1,1	4,5				2,8	1,1	0,9			1,7	0,6		
G 2.8b	0,6	2,3						1,4	1,1	0,9				0,3	6,3				1,7		3,4		1,1	1,1	1,1	1,1	
G 2.7h			0,6					0,3	3,4	0,6	1,1			0,6	1,1				1,1	0,6		1,1	0,9	0,6	0,6	0,6	
G 2.7b			0,6					0,3	3,4	0,8	0,6			1,1	1,1				0,6		2,8		1,1	1,1	0,8	0,8	
G 2.6h			4,0			0,3	0,3	4,6	1,7	1,1				0,9	2,3			0,3		7,4		1,1	1,1	1,7	1,1	1,1	
G 2.6b		0,6	3,5			0,9	0,3	3,5	0,6	2,3					2,9					2,3	0,6	1,2		1,2	0,6	0,6	
G 2.5	0,8				0,8			0,8	1,1	6,5		1,1			4,9				2,7	0,5					2,2		
G 2.4	1,7				0,6	1,7									0,3	0,3			42,6	0,6					14,2	0,9	
G 2.3	0,8																		25,9	0,8					19,7		
G 2.2	2,3				0,6	1,1										2,3			19,8	0,8		0,6			25,5		
G 2.1												0,3							77,9						21,8		
G 1.2	0,4				0,4	0,8								0,8		1,2			0,8	31,0					15,5		
G 1.1					1,6	0,8							0,4			0,4			0,8	39,2	3,1				26,7		

Échantillons	% <i>Coscinodiscus radiatus</i>					% <i>Chaetoceros</i> spores	% <i>Hyalodiscus radiatus</i>	% <i>Paralia sulcata</i>	% <i>Podosira</i> sp.	% <i>Psammmodiscus nitidus</i>	% <i>Rhizosolenia hebetata</i>	% <i>Rhizosolenia</i>	% <i>Stephanopyxis turris</i>	% <i>Stictodiscus parallelus</i>	% <i>Thalassiosira eccentrica</i>	% <i>Thalassiosira eccentrica</i> v. <i>fasciculata</i>	% <i>Thalassiosira lineata</i>	% <i>Thalassiosira symbiophora</i>	% <i>Triceratium</i> sp.	% Diatomées pennées																						
	% <i>Coscinodiscus</i> sp. 1 Gardette	% <i>Coscinodiscus</i> sp. 2 Gardette	% <i>Coscinodiscus</i> sp. 3 Gardette	% <i>Coscinodiscus</i> sp. 4 Gardette	% <i>Coscinodiscus</i> sp. 5 Gardette															% <i>Achnanthes brevipes</i>	% <i>Achnanthes fimbriata</i>	% <i>Achnanthes lorenziana</i>	% <i>Amphora intersecta</i>	% <i>Amphora proteus</i>	% <i>Auricula</i> sp.																	
G 11	1,7	1,1			0,6	1,1				1,7			0,3																													
G 10																																										
G 9.8						5,1				7,9																																
G 9.7						8,5				57,0	22,8																															
G 9.6						13,3				81,7																																
G 9.5						10,0				79,7	3,3																															
G 9.4										62,9	6,6																															
G 9.3						10,0				43,3	23,3																															
G 9.2						8,0				72,8	12,0																															
G 8.2						6,7				56,7	19,3																															
G 8.1						2,0				48,7	25,7																															
G 7.3	1,1					2,8				5,9			0,3																													
G 7.2										20,3																																
G 7.1										84,5									0,3																							
G 6.4	2,2									8,4						0,6		0,6																								
G 6.3	5,6												0,3	1,4																												
G 6.2	4,5									42,6								2,0																								
G 6.1	5,7								0,6	45,6						0,6		2,6																					0,3			
G 5	1,1	0,6	0,6							28,1	16,9							5,6																								
G 4.3	0,6									95,5																																
G 4.2							0,3			91,7																													0,3			
G 2.10b																																										
G 2.9h																																							6,1			
G 2.9m					0,3	1,7				2,8																																
G 2.9b	0,6					2,0				2,3				0,6	1,1																											
G 2.8h	0,6					2,3				25,6				0,6																												
G 2.8b	0,6				0,6	2,3				15,9				4,0						0,3	0,3	0,3																				
G 2.7h	0,6	0,6				7,4				34,3				1,1	0,3																								0,6			
G 2.7b	2,3	1,1				1,7				53,5				0,8	0,6																											
G 2.6h	1,7					1,7				48,6				2,3	0,6		1,1																			0,3						
G 2.6b	0,6			1,2		1,8				44,4				1,5	0,6																									0,3		
G 2.5	1,1					13,6			0,3	15,8																																
G 2.4	0,6					9,9			0,3	11,9				0,3	0,6																											
G 2.3	0,8					11,3				12,7				0,3	0,8																											
G 2.2	1,4					1,7	0,3			5,1				0,6			0,6																									
G 2.1																																										
G 1.2	2,3									2,3																																
G 1.1										0,8																																

Échantillons	% <i>Campylodiscus grevillei</i>	% <i>Campylodiscus fastuosus</i>	% <i>Clavicula polymorpha</i>	% <i>Cocconeis belawani</i>	% <i>Cocconeis dirupta</i>	% <i>Cocconeis ornata</i>	% <i>Cocconeis placentula</i>	% <i>Cocconeis scutellum</i>	% <i>Cymatosira lorenziana</i>	% <i>Dimerogramma marina</i>	% <i>Diploneis bombus</i>	% <i>Diploneis chersonensis</i>	% <i>Diploneis crabro</i>	% <i>Diploneis lineata</i>	% <i>Diploneis cf. papula</i>	% <i>Diploneis smithii</i>	% <i>Diploneis subovalis</i>	% <i>Diploneis suborbicularis</i>	% <i>Diploneis vacillans</i>	% <i>Fragilaria</i> sp.	% <i>Grammatophora angulosa</i>	% <i>Grammatophora marina</i>	% <i>Grammatophora oceanica</i>	% <i>Grammatophora undulata</i>	% <i>Mastogloia binotata</i>	% <i>Mastogloia braunii</i>	% <i>Mastogloia splendida</i>	
G 11			2,2					0,6		0,6	0,3							0,3										
G 10																												
G 9.8				0,6				0,3					0,3															
G 9.7									1,7		0,3																	
G 9.6																												
G 9.5				0,3				0,3			0,3																	
G 9.4																												
G 9.3			1,0	0,3			1,0	1,3			0,3						0,3								0,3			
G 9.2										0,4												0,4						
G 8.2			0,3	0,7				1,3		0,3	0,7						0,7				0,3		0,3					
G 8.1			0,7	0,3				0,3			0,3						0,3									0,3		
G 7.3								0,3	4,5		0,8																	
G 7.2			0,3	0,3			0,3	0,3	0,6				0,3				0,3					0,3		0,3			0,3	
G 7.1							0,3			0,6											1,7			0,3				
G 6.4			0,3	0,3									0,3				0,3									0,3		
G 6.3								0,3		0,3	0,3											0,3			0,3		0,3	
G 6.2								3,4		0,3			0,6												0,3		0,3	
G 6.1								2,0	1,1		0,3				0,3	0,3		0,3	0,3						1,1		0,3	
G 5			0,6	0,6				2,2	0,8						0,3		0,3											
G 4.3		0,3		0,6				0,6									0,3					0,6					0,3	
G 4.2			0,9	0,9				1,1					0,3			0,6						0,9			0,3			
G 2.10b																												
G 2.9h		0,6				20,2	3,1	24,5						0,6								3,1	1,8				0,6	
G 2.9m				1,1		1,7		1,7					0,3									0,9	0,6			0,3		
G 2.9b								0,3														1,1						
G 2.8h			0,3					1,7			0,3						0,3					3,4					0,3	
G 2.8b		0,3	0,6					1,1			0,3			0,3			0,3					3,7	0,9					
G 2.7h			0,9					0,6	0,3	0,3	0,3						0,3					0,6						
G 2.7b				0,6				0,8		0,3	0,3						0,3					0,6						
G 2.6h				0,6				0,6									0,6											
G 2.6b								0,6		0,6		0,3										0,6						
G 2.5		0,3	2,7	2,2				0,5		0,5	0,3		0,5	0,3		1,1	0,5				0,6		0,3					
G 2.4			0,3	1,1						0,6	0,3						0,3					0,8	4,1	0,3				
G 2.3			0,3					0,6		0,3		0,3					0,3	0,3				0,3						
G 2.2			0,3	1,1				0,6		0,3	0,3		0,3				0,6	0,6				0,6	0,3				0,3	
G 2.1																												
G 1.2	0,4		0,8	3,9	0,4					0,4	2,3						0,4	0,4				0,4					0,4	
G 1.1											0,4						0,4	0,4				1,2						

Échantillons	% <i>Mastogloia smithii</i>	% <i>Navicula halophila</i>	% <i>Navicula hennedyi</i>	% <i>Navicula lyra</i>	% <i>Navicula praetexta</i>	% <i>Nitzschia coartata</i>	% <i>Nitzschia fossilis</i>	% <i>Nitzschia cf. lanceolata</i>	% <i>Nitzschia marina</i>	% <i>Nitzschia punctata</i>	% <i>Nitzschia reinholdii</i>	% <i>Nitzschia sigma</i>	% <i>Nitzschia sp. 1 Gardette</i>	% <i>Pleurosigma</i>	% <i>Pinnularia borealis</i>	% <i>Rhabdonema adriaticum</i>	% <i>Rhaphoneis amphiceros</i>	% <i>Rhaphoneis gemmifera</i>	% <i>Rhaphoneis nitida</i>	% <i>Rhopalodia gibberula</i>	% <i>Rhopalodia musculus</i>	% <i>Surrirella fastuosa</i>	% <i>Synedra crystallina</i>	% <i>Thalassionema nitzschioides</i>	% <i>Thalassiothrix longissima</i>	% <i>Trachyneis aspera</i>
G 11								8,3		2,2	0,3				0,6								33,1	32,6		
G 10																										
G 9.8								0,3							0,6						0,3	0,3	56,5	7,3		
G 9.7															0,6					0,6	0,6					
G 9.6																								5,0		
G 9.5																				0,3				5,0		
G 9.4																								3,3	27,2	
G 9.3					0,7															0,7	1,3			5,0	6,7	0,3
G 9.2																								6,4		
G 8.2															0,7						0,3			3,3		0,3
G 8.1																			0,3	0,3	0,3		10,0		0,3	
G 7.3								8,4	0,3			1,7									0,3		25,1	42,5		
G 7.2	4,5				0,3							3,9				0,3						0,8	29,6	36,6	0,3	
G 7.1	1,2	5,8			0,3							3,5								0,9	0,3	0,3				
G 6.4								3,9				0,3			0,3	0,3						0,3	25,8	37,6		
G 6.3															0,3							0,3	30,5	57,9		
G 6.2								14,2											0,3	0,9			7,4	14,2		
G 6.1								5,1			0,3				0,6						0,3	0,3	2,6	14,8		
G 5								3,9														0,8		8,4	5,6	
G 4.3	0,3				0,3																	0,3				
G 4.2		0,3	0,3		0,3			0,3							0,3						0,6	0,3				
G 2.10b																										
G 2.9h		24,5														0,6				3,7				9,2	1,5	
G 2.9m																0,6								49,4	28,4	
G 2.9b							1,1								0,6									51,7	28,4	
G 2.8h							1,7								0,6					0,6		0,3	39,8	6,3	0,3	
G 2.8b							0,6	0,6				0,3	0,3		1,1	0,6				0,9		0,6	33,5	8,8		
G 2.7h							0,6								1,1	0,3								30,3	7,4	
G 2.7b															0,6				0,3					14,1	9,0	
G 2.6h	0,3							0,3							0,6									10,3	2,6	
G 2.6b															0,6	0,3			0,3			0,3		16,4	9,4	
G 2.5								1,1							0,8				0,5			0,5		17,7	13,0	
G 2.4			0,6					0,3							0,6									8,5	0,6	
G 2.3			0,3				0,3										0,6			0,3	0,3			14,1	8,5	
G 2.2							0,3	0,3	5,1											0,3				14,2	11,3	0,6
G 2.1																										
G 1.2							0,4	3,9				0,4								0,4				27,1	1,9	0,4
G 1.1				0,4		0,4	1,2											0,4						19,6	2,0	

## ANNEXE 2

## Exigences écologiques des taxons de diatomées centriques.

Diatomées centriques	Écologie														
	marines	saumâtres	d'eau douce	planctoniques	tychoplanctoniques	benthiques	océaniques	néritiques	littorales	boréales	tempérées froides	tempérées	tempérées chaudes	subtropicales	tropicales
<i>Actinocyclus curvatus</i> Janisch	*			*			*	*							
<i>Actinocyclus ehrenbergii</i> Ralfs	*			*			*	*	*						
<i>A. ehrenbergii</i> var. <i>tenellus</i> (Breb.) Hustedt	*	*		*			*	*	*						
<i>Actinocyclus ellipticus</i> Grunow in Van Heurck	*			*			*	*	*						
<i>Actinocyclus divisus</i> (Grun.) Hustedt	*			*			*	*	*						
<i>Actinocyclus kutzingii</i> (Schmidt) Simonsen	*			*			*	*	*						
<i>Actinoptychus senarius</i> Ehrenberg	*			*	*				*						
<i>Actinoptychus splendens</i> (Schadb) Ralfs	*			*			*	*	*						
<i>Asterolampra acutiloba</i> Forti	*			*			*	*	*						
<i>Asterolampra grevillei</i> (Wallich) Greville	*			*			*	*	*						
<i>Asterolampra marylandica</i> Ehrenberg	*			*			*	*	*						
<i>Asteromphalus hookeri</i> Ehrenberg	*			*			*	*	*						
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	*		*	*	*		*	*	*						
<i>Azpeitia nodulifer</i> (Schmidt) Fryxell & Sims	*			*			*	*	*						
<i>Azpeitia vetustissima</i> (Pant.) Sims	*			*			*	*	*						
<i>Bacteriastrum hyalinum</i> Lauder	*			*			*	*	*						
<i>Biddulphia aurita</i> (Lyngbye) Brébisson	*			*		*	*	*	*						
<i>Biddulphia tuomeyi</i> (Bail) Roper	*			*		*	*	*	*						
<i>Bruniopsis mirabilis</i> (Brun.) Karsten	*			*			*	*	*						
<i>Chaetoceros</i> spores	*			*			*	*	*						
<i>Coscinodiscus asteromphalus</i> Ehrenberg	*	*		*			*	*	*						
<i>Coscinodiscus curvatus</i> Grunow	*			*			*	*	*						
<i>Coscinodiscus gigas</i> Ehrenberg	*			*			*	*	*						
<i>Coscinodiscus granii</i> Gough	*	*		*			*	*	*						
<i>Coscinodiscus obscurus</i> Schmidt	*			*			*	*	*						
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i> Ehrenberg	*			*			*	*	*						
<i>Coscinodiscus perforatus</i> Ehrenberg	*			*			*	*	*						
<i>Coscinodiscus radiatus</i> Ehrenberg	*			*			*	*	*						
<i>Coscinodiscus</i> sp. 1 Gardette	*			*			*	*	*						
<i>Coscinodiscus</i> sp. 2 Gardette	*			*			*	*	*						
<i>Coscinodiscus</i> sp. 3 Gardette	*			*			*	*	*						
<i>Coscinodiscus</i> sp. 4 Gardette	*			*			*	*	*						
<i>Coscinodiscus</i> sp. 5 Gardette	*			*			*	*	*						
<i>Hyalodiscus radiatus</i> (O'Meara) Grunow	*	*		*			*	*	*						
<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve	*	*		*			*	*	*						
<i>Podosira</i> sp.	*			*			*	*	*						
<i>Psammodiscus nitidus</i> (Greg.) Round & Mann	*			*	*		*	*	*						
<i>Rhizosolenia hebetata</i> Bayley	*			*			*	*	*						
<i>Rhizosolenia</i> sp.	*			*			*	*	*						
<i>Stephanopyxis turris</i> (Greville) Ralfs	*			*			*	*	*						
<i>Stictodiscus paralellus</i> (Ehr.) Grove & Sturt	*			*			*	*	*						
<i>Thalassiosira eccentrica</i> (Ehr.) Cleve & Sturt	*			*			*	*	*						
<i>T. eccentrica</i> var. <i>fasciculata</i> (Hust) Nizamuddin	*			*			*	*	*						
<i>Thalassiosira lineata</i> Jousé	*			*			*	*	*						
<i>Thalassiosira symbolophora</i> Schrader	*			*			*	*	*						
<i>Triceratium</i> sp.	*			*		*	*	*	*						

## ANNEXE 3

## Exigences écologiques des taxons de diatomées pennées.

Taxons de diatomées pennées	Écologie														
	marines	saumâtres	d'eau douce	planctoniques	tychoplanctoniques	benthiques	océaniques	néritiques	littorales	boréales	tempérées froides	tempérées	tempérées chaudes	subtropicales	tropicales
<i>Achnanthes brevipes</i> Agardh	*	*				*			*		—	—	—	—	
<i>Achnanthes fimbriata</i> (Grunow) Ross	*	*				*			*		—	—	—	—	
<i>Achnanthes lorenziana</i> (Grunow) Cleve	*					*			*			—	—	—	
<i>Amphora intersecta</i> A. Schmidt	*					*			*		—	—	—	—	
<i>Amphora proteus</i> Gregory	*					*			*		—	—	—	—	
<i>Auricula</i> sp.															
<i>Campylodiscus grevillei</i> (Wm. Smith) Grunow	*					*			*		—	—	—	—	
<i>Campylodiscus fastuosus</i> Ehrenberg	*	*			*	*			*		—	—	—	—	
<i>Clavícula polymorpha</i> Grunow & Pantocsek	*				*	*			*		—	—	—	—	
<i>Cocconeis belawani</i> (Meist) Mills	*					*			*			—	—	—	
<i>Cocconeis costata</i> Gregory	*					*			*			—	—	—	
<i>Cocconeis dirupta</i> Gregory	*					*			*		—	—	—	—	
<i>Cocconeis ornata</i> Gregory	*	*				*			*		—	—	—	—	
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	*	*	*			*			*		—	—	—	—	
<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg	*	*	*			*			*		—	—	—	—	
<i>Cymatosira lorenziana</i> Grunow	*					*			*			—	—	—	
<i>Dimerogramma marinum</i> (Gregory) Ralfs	*					*			*		—	—	—	—	
<i>Diploneis bombus</i> Ehrenberg	*	*				*			*		—	—	—	—	
<i>Diploneis chersonensis</i> Grunow in Schmidt	*					*			*			—	—	—	
<i>Diploneis crabro</i> Ehrenberg	*					*			*		—	—	—	—	
<i>Diploneis lineata</i> (Donkin) Cleve	*	*				*			*		—	—	—	—	
<i>Diploneis</i> cf. <i>papula</i> (A. Schmidt) Cleve	*	*				*			*			.....			
<i>Diploneis smithii</i> (Brébisson) Cleve	*	*				*			*		—	—	—	—	
<i>Diploneis suborbicularis</i> (Gregory) Cleve	*	*				*			*			—	—	—	
<i>Diploneis subovalis</i> Cleve	*	*				*			*			—	—	—	
<i>Diploneis vacillans</i> (A. Schmidt) Cleve	*					*			*			—	—	—	
<i>Fragilaria</i> sp.															
<i>Grammatophora angulosa</i> Ehrenberg	*					*			*		—	—	—	—	
<i>Grammatophora marina</i> (Lyngbye) Kutzling	*	*				*			*		—	—	—	—	
<i>Grammatophora oceanica</i> (Ehrenberg) Grunow	*					*			*		—	—	—	—	
<i>Grammatophora undulata</i> Ehrenberg	*					*			*			—	—	—	
<i>Mastogloia binotata</i> (Grunow) Cleve	*	*				*			*			—	—	—	
<i>Mastogloia braunii</i> Grunow	*	*	*			*			*		—	—	—	—	
<i>Mastogloia splendida</i> (Gregory) Cleve	*					*			*			—	—	—	
<i>Mastogloia smithii</i> Thwaites	*	*	*			*			*		—	—	—	—	
<i>Navicula halophila</i> (Grunow) Cleve	*	*				*			*		—	—	—	—	
<i>Navicula hennedyi</i> Wm. Smith	*					*			*		—	—	—	—	
<i>Navicula lyra</i> Ehrenberg	*					*			*		—	—	—	—	
<i>Navicula praetexta</i> Ehrenberg	*	*				*			*		—	—	—	—	



Diatomées pennées	Écologie														
	marines	saumâtres	d'eau douce	planctoniques	tychoplanc toniques	benthiques	océaniques	néritiques	littorales	boréales	tempérées froides	tempérées	tempérées chaudes	subtropicales	tropicales
<i>Nitzschia coarctata</i> Grunow in Cleve & Möller	*					*			*						
<i>Nitzschia fossilis</i> (Frenguelli) Kanaya	*			*			*								
<i>Nitzschia cf. lanceolata</i> Wm. Smith	*	*				*			*						
<i>Nitzschia marina</i> Grunow	*			*				*							
<i>Nitzschia punctata</i> (W. Smith) Grunow		*				*									
<i>Nitzschia reinholdii</i> Kanaya	*			*			*								
<i>Nitzschia sigma</i> (Kutzing) W. Smith	*					*		*							
<i>Nitzschia</i> sp. 1 Gardette	*			*											
<i>Pleurosigma</i> sp.															
<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg	*					*			*						
<i>Rhabdonema adriaticum</i> Kutzing	*					*		*	*						
<i>Rhaphoneis amphiceros</i> Ehrenberg	*	*				*		*	*						
<i>Rhaphoneis nitida</i> (Gregory) Grunow	*	*				*		*	*						
<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehrenberg) O. Muller	*	*				*		*	*						
<i>Rhopalodia musculus</i> (Kutzing) O. Muller	*	*				*		*	*						
<i>Surirella fastuosa</i> Ehrenberg	*	*				*		*	*						
<i>Synedra crystalina</i> (Agardh) Kutzing	*					*		*	*						
<i>Thalassionema nitzschioides</i> Grunow	*			*											
<i>Thalassiothrix longissima</i> Cleve & Grunow	*			*			*	*							
<i>Trachyneis aspera</i> (Ehrenberg) Cleve	*					*		*							

## ANNEXE 4

## Variation des assemblages de diatomées le long de la coupe de Gibellina.

Échantillons	Espèces dominantes	Espèces sous-dominantes	Observations
G 11	<i>T. nitzschioides</i> , <i>T. longissima</i>	<i>Nitzschia marina</i> , <i>Actinocyclus ellipticus</i>	Silicoflagellées, spicules
G 10	<i>Aulacoseira granulata</i>		
G 9.8	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Actinocyclus ehrenbergii</i>	Silicoflagellés
G 9.7	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	<i>Rhizosolenia</i> sp., <i>Bacteriastrum</i>	Spicules d'éponges
G 9.6		<i>Chaetoceros</i>	
G 9.5			
G 9.4			
G 9.3		<i>Rhizosolenia</i> sp., <i>Chaetoceros</i>	
G 9.2			
G 8.2		<i>Bacteriastrum hyalinum</i> <i>Thalassionema nitzschioides</i>	
G 8.1			
G 7.3	<i>Thalassiothrix longissima</i>	<i>Nitzschia marina</i>	Silicoflagellés, spicules d'éponges
G 7.2	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	
G 7.1	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	<i>Navicula halophyla</i> , <i>Nitzschia</i> sp.	
G 6.4	<i>Thalassiothrix longissima</i>	<i>Coscinodiscus granii</i> , <i>Nitzschia marina</i>	Silicoflagellés, spicules d'éponges
G 6.3	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Coscinodiscus radiatus</i>	
G 6.2	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	<i>Asterolampra acutiloba</i> , <i>A. marylandica</i> , <i>A. grevillei</i> , <i>Coscinodiscus radiatus</i> , <i>Nitzschia marina</i>	Silicoflagellés, spicules d'éponges
G 6.1		<i>Asterolampra</i> , <i>Bacteriastrum</i>	
G 5			
G 4.3			
G 4.2			
G 2.10b	<i>Aulacoseira granulata</i>		
G 2.9h	<i>Cocconeis</i> , <i>Navicula</i>	<i>Achnanthes</i>	
G 2.9m	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Coscinodiscus kutzingii</i>	Silicoflagellés, spicules d'éponges
G 2.9b	<i>Thalassiothrix longissima</i>	<i>Coscinodiscus nodulifer</i>	
G 2.8h	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	
G 2.8b	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	<i>Thalassiosira eccentrica</i>	
G 2.7h		<i>Chaetoceros</i> , <i>Thalassiothrix longissima</i>	
G 2.7b		<i>Coscinodiscus granii</i>	
G 2.6h	<i>Thalassionema nitzschioides</i>	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	
G 2.6b	<i>Rhizosolenia hebetata</i>	<i>Asterolampra acutiloba</i>	
G 2.5	<i>Thalassiothrix longissima</i>	<i>A. marylandica</i>	
G 2.4			
G 2.3	<i>Coscinodiscus asteromphalus</i>	<i>Thalassionema nitzschioides</i> <i>Rhizosolenia hebetata</i>	
G 2.2		<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	
G 2.1	<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>		
G 1.2			
G 1.1			