

ANNICK PUJOS-LAMY

Département de Géologie et d'Océanographie-Institut de Géologie du Bassin
d'Aquitaine, Faculté des Sciences, 33405-Talence, France

EMILIANIA ET GEPHYROCAPSA (NANNOPLANCTON CALCAIRE): BIOMETRIE ET INTERET BIOSTRATIGRAPHIQUE DANS LE PLEISTOCENE SUPERIEUR MARIN DES AÇORES

Un testigo efectuado en la región del archipiélago de Azores corresponde a una sedimentación continua durante los últimos 500.000 años. Se estudia el nanoplancton calcáreo de los sedimentos del Pleistoceno superior. Con el microscopio electrónico hemos identificado varios morfotipos de *Emiliana huxleyi* y de *Gephyrocapsa* spp. Con el microscopio óptico hemos encontrado trece variaciones cuantitativas y cualitativas de las poblaciones.

A core sampled in the ocean near the Açores archipelago has a continuous sedimentation during the last 500.000 years. The calcareous nannoplankton studied with an electronic microscope shows various morphotypes of *Emiliana huxleyi* and of *Gephyrocapsa* spp. With an optical microscope, it is possible dating thirteen quantitative and qualitative variations of the populations.

INTRODUCTION

Depuis une vingtaine d'années, de nombreux auteurs se sont penchés sur la possibilité d'utiliser le nannoplancton calcaire à des fins stratigraphiques. Parmi les zonations ainsi élaborées, celle de Martini et Worsley (1970) définit trois zones dans le Pleistocène:

NN 21: zone à *Emiliana huxleyi*.

NN 20: zone à *Gephyrocapsa*.

NN 19: zone à *Pseudoemiliana lacunosa*.

Au vu de résultats précédemment obtenus (Duplessy et al. 1975) il est vraisemblable qu'une biostratigraphie plus fine puisse être envisagée. A cette fin, nous avons choisi le

groupe des *Emiliana* et des *Gephyrocapsa*, dont la diversité est évidente. Ainsi:

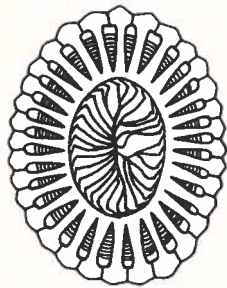
Certains variants d'*Emiliana huxleyi* sont déjà connus depuis Bé et McIntyre (1964).

En ce qui concerne les *Gephyrocapsa*, il existe deux groupes suivant la taille des individus:

— deux espèces de grande taille (*G. caribbeanica* et *G. oceanica*) sont généralement citées; à ce jour, on ne les a utilisées que pour leur apparition et leur disparition, et non pas pour leurs fluctuations quantitatives.

— il existe de nombreuses petites espèces de *Gephyrocapsa*, que les auteurs semblent avoir négligées du point de vue stratigraphique.

Emiliana huxleyi

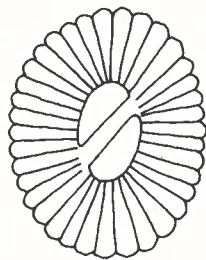


f.1

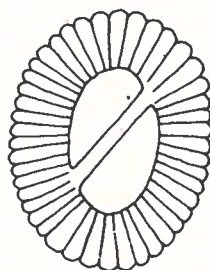


f.2

Gephyrocapsa oceanica



f.1

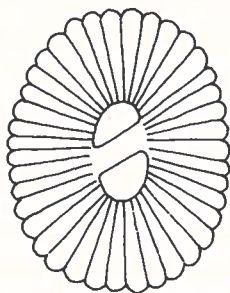


f.2 grande

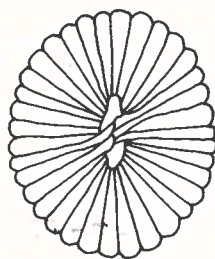


f.2 petite

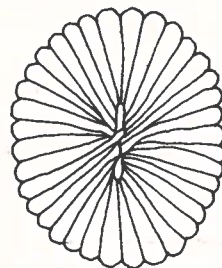
Gephyrocapsa caribbeanica



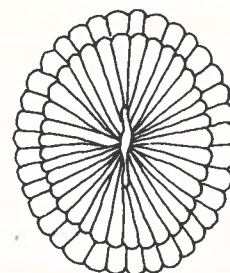
f.1



f.2



f.3
(face distale)



f.3
(face proximale)

Gephyrocapsa aperta



f.1



f.2

Gephyrocapsa ericsonii



FIG. 2.

Schéma des principaux morphotypes d'*Emiliana huxleyi* et de *Gephyrocapsa* div. sp. dans le Pleistocène supérieur.

Il est donc important de chercher à dégager divers morphotypes de ce groupe et de les mieux définir à partir d'une étude biométrique, puis de décrire dans le détail les fluctuations des associations florales rencontrées.

MATERIEL ET METHODES D'ETUDE

La carotte Ch. 7206 prélevée au large des Açores (42° 13' 9 N, 20° 52' 4 W, profondeur 3.756 m) offre une sédimentation continue sur 3.80 m de long. Des mesures de la vitesse de sédimentation par la décroissance de l'activité de l'excès de thorium 230 (Duplessy et al. 1975) permettent d'attribuer un âge de 500.000 ans B.P. environ à la base, le sommet étant considéré comme récent.

La nannoflore est étudiée tous les 2.5 cm:

— au microscope photonique sur des frottis de sédiment brut avec un objectif de X 100.

— au microscope électronique sur des répliques réalisées à partir d'une suspension fine obtenue par centrifugation et décantation. Ces échantillons sont photographiés avec un grossissement de X 10.500 et 18.000.

RESULTATS PRELIMINAIRES AU MICROSCOPE PHOTONIQUE

Une observation rapide des frottis au microscope photonique permet de distinguer les trois zones du Pleistocène telles que les ont décrites Martini et Worsley (1970):

— de 0 à 0.50 m: zone NN 21 à *Emiliana huxleyi*, dont la limite correspond au début du maximum de fréquence de cette espèce (Duplessy et al. 1975).

— de 0.50 m à 3.55 m: zone NN 20 à *Gephyrocapsa*.

— 3.55 m à la base: zone NN 19 à *Pseudo-emiliana lacunosa*, dont le sommet se marque par la disparition de cette espèce.

Une observation plus approfondie de ces frottis met en évidence d'importantes populations de très petits coccolithes, dont la détermination est difficile à un tel grossissement. Il faut

avoir recours au microscope électronique pour certifier l'attribution spécifique.

DESCRIPTION DES PRINCIPAUX MORPHOTYPES OBSERVES AU MICROSCOPE ELECTRONIQUE-APPLICATION AU MICROSCOPE PHOTONIQUE

Les photographies obtenues au microscope électronique montrent diverses formes de coccolithes appartenant aux genres *Emiliana* et *Gephyrocapsa*. Plusieurs centaines d'individus sont mesurés (fig. 1):

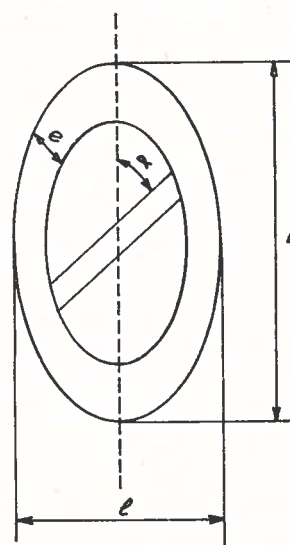


FIG. 1.
Mesures effectuées sur les coccolithes photographiés au microscope électronique.

- L: longueur totale
- l: largeur totale
- e: épaisseur du disque proximal
- α : angle que fait le pont transversal avec la grande axe
- nb: nombre d'éléments de chaque disque

Il est possible de regrouper les coccolithes en fonction de leurs mensurations, puis de définir un individu moyen pour chaque morphotype ainsi individualisé. Pour rapprocher ces morphotypes des observations effectuées au microscope photonique, il suffit:

MENSURATIONS MOYENNES (en microns)
DES PRINCIPAUX MORPHOTYPES RENCONTRES
DES GENRES EMILIANIA ET GEPHYROCAPSA

MORPHOTYPES	L Longueur	l largeur	e épaisseur	α angle	nb. nombre d'éléments
<i>Emiliana huxleyi</i> f. 1	3,60	2,80	1,10		32
<i>Emiliana huxleyi</i> f. 2	2,80	2,20	0,80		28
<i>G. oceanica</i> f. 1	3,20	2,50	0,95	39°	36
<i>G. oceanica</i> f. 2 grande	3,30	2,60	0,70	38°	44
<i>G. oceanica</i> f. 2 petite	2,05	1,60	0,45	44°	35
<i>G. caribbeanica</i> f. 1	3,75	3,00	1,20	57°	39
<i>G. caribbeanica</i> f. 2	3,20	2,70	1,20	53°	35
<i>G. caribbeanica</i> f. 3	3,40	2,90	1,65	54°	36
<i>G. aperta</i> f. 1	1,55	1,10	0,30	32°	26
<i>G. aperta</i> f. 2	2,10	1,35	0,45	32°	26
<i>G. ericsonii</i>	2,20	1,70	0,55	30°	32

— de sélectionner une flore où le morphotype est dominant au microscope électronique: il est plus aisé de repérer des coccolithes très abondants, quand on passe à l'étude au microscope photonique.

— d'imaginer, à partir de la taille et de la morphologie de l'individu moyen, quelle peut être l'image qu'il donne entre nicols croisés. C'est cette image que l'on recherche au microscope photonique, dans le sédiment où le morphotype abonde.

1. LE GROUPE DES EMILIANIA HUXLEYI
(fig. 2, pl. I; figs. 1 à 6).

Pontosphaera huxleyi Lohmann 1902, p. 130, pl. 4, fig. 1; pl. 6 fig. 69).

Coccolithus huxleyi (Lohmann) Kamptner 1943, p. 43.

Emiliana huxleyi (Lohmann) Hay et Mohler, in Hay, Mohler, Roth, Schmidt et Boudreaux 1967, p. 447, pl. 10, figs. 1-2; pl. II, figs. 1-2.

Deux formes d'*Emiliana huxleyi* ont été reconnues par divers auteurs (Bé et McIntyre, 1964; Watabe, 1967; McIntyre et Bé, 1967) et cultivées en laboratoire (Watabe et Wilbur, 1966). Elles présentent des caractéristiques morphologiques bien définies qui semblent dépendre du milieu (McIntyre et Bé, 1967): une forme froide très «découpée» avec une fine plaque centrale, et une forme chaude plus massive avec une plaque centrale grillagée. En ce qui concerne la carotte Ch. 7206, les deux

formes reconnues correspondent mal à ces deux types:

Forme 1 (grande) (pl. I, fig. 1, 2, 6):

Les éléments du disque distal sont larges et en forme de «T» grossier; ils restent toujours plus ou moins indépendants les uns des autres à la périphérie. Le centre du disque distal est complètement oblitéré par une plaque pleine, épaisse, formée de cristaux massifs et irréguliers. Le disque proximal est plein.

$$L=3.60 \mu \quad l=2.80 \mu \quad e=1.10 \mu \quad nb=32$$

Ces individus sont assez facilement visibles au microscope photonique. De même taille que certaine formes de *Gephyrocapsa oceanica* (forme 2 petite: voir à cette espèce) ils se distinguent, entre nicols croisés par l'absence de pont, et par l'aspect plus flou de la périphérie des disques. Leur faible intensité lumineuse s'apparente à celle des représentants du groupe *G. aperta-ericsonii*, mais ces derniers sont nettement plus petits.

Forme 2 (petite) (pl. I, figs. 3, 4, 5):

Les éléments du disque distal sont fins et en forme de «T» allongé ou parfois de «I» (=phénomène déjà observé par Geitzenauer (1972), mais pouvant être dû à la dissolution du coccolithe). Ils peuvent se rejoindre à la périphérie pour former une couronne presque rigide. Une mince plaque grillagée occupe le centre du disque distal. Le disque proximal est plein, comme celui de la forme 1 grande.

$$L=2.80 \mu \quad l=2.20 \mu \quad e=0.80 \mu \quad nb=28$$

Au microscope photonique, entre nicols croisés, cette forme se distingue très mal du fait de sa petite taille et de sa faible réfringence. En fait, la plupart du temps, l'extrême abondance de ces individus les fait apparaître sous l'aspect de petits points lumineux en masses nuageuses.

La comparaison des formes 1 et 2 avec les formes «chaude» et «froide» de la littérature fait apparaître de fortes divergences:

	Appellation des formes	Disque distal		Disque proximal
		éléments	plaque centrale	
McIntyre et Bé (1967)	froide	en «T» fins	pleine et mince	solide, éléments larges
	chaude	en «T» plus massifs	grillagée	éléments en «T»
Carotte Ch. 7206	1 (grande)	en «T» massifs	pleine et épaisse	solide, éléments larges
	2 (petite)	en «T» fins	grillagée	solide, éléments larges

Les formes 1 et 2 observées dans la carotte Ch. 7206 diffèrent des variants décrits dans la littérature. *Emiliana huxleyi* semble donc être un ensemble complexe, comprenant plusieurs morphotypes suivant l'aspect des pièces composant les disques. Il est en fait possible que soient groupés sous une même appellation générique/spécifique des individus dont

la ressemblance serait due à une convergence de forme.

2. LE GROUPE DES GEPHYROCAPSA

a) *Gephyrocapsa oceanica* (fig. 2, pl. II, figs. 7 à 11)

Gephyrocapsa oceanica Kamptner 1943, pp. 43-49.

Cette espèce, très commune, se retrouve presque partout dans la carotte étudiée. Il est possible de distinguer deux formes principales, différant par leur morphologie et leur répartition:

● *Gephyrocapsa oceanica* f. 1 (pl. I, figs. 7-8)

Cette forme correspond bien aux descriptions de Kamptner (1943) et McIntyre et Bé (1967), pp. 570-571, pl. 9, figs. A-B. Dimensions d'un individu moyen:

$$L=3.20 \mu \quad l=2.50 \mu \quad e=0.95 \mu \\ \alpha=39^\circ \quad nb=36$$

● *Gephyrocapsa oceanica* f. 2 (pl. I, figs. 9, 10, 11)

Les individus présentent les mêmes caractéristiques morphologiques: les coccolithes sont plus ronds que ceux de l'espèce-type; l'anneau, peu épais, laisse une plage centrale importante, le pont transversal est mince. Cette forme est bien reconnaissable au microscope photonique.

Étudiée au microscope électronique, cette population se scinde en deux groupes qui diffèrent par leurs mensurations:

$$G. \textit{oceanica} \textit{ f. 2 grande: } L=3.30 \mu \quad l=2.60 \mu \\ e=0.70 \mu \quad \alpha=38^\circ \quad nb=44.$$

$$G. \textit{oceanica} \textit{ f. 2 petite: } L=2.05 \mu \quad l=1.60 \mu \\ e=0.45 \mu \quad \alpha=44^\circ \quad nb=35.$$

Il est difficile d'envisager une *filiation* entre ces divers morphotypes rattachés à l'espèce *G. oceanica*. La petite forme 2 est peut-être l'aboutissement du phylum de la grande forme 2, avant son extinction. Mais, tout-au-moins à cette période, la forme 1 ne semble pas évoluer à partir de la forme 2: en fait, les deux groupes ont des morphologies assez différentes, bien que tous deux, pris séparément, puissent correspondre à la diagnose originelle de l'espèce.

Signalons que McIntyre et Bé (1967) décrivent une *G. oceanica* proche de la forme 1.

b) *Gephyrocapsa caribbeanica* (fig. 2, pl. II figs. 1 à 8)

Gephyrocapsa caribbeanica Boudreaux et Hay, in Hay, Mohler, Roth, Schmidt et Boudreaux 1967, p. 447, pl. 12, figs. 1-4; pl. 13, figs. 1-4.

La description originelle est basée sur trois critères:

un pont fait de deux morceaux distincts non recouvrants,
le remplissage de l'aire centrale,
un angle de 30-35° avec le grand axe.

Une figure d'interférence caractéristique se produit en lumière polarisée; elle est due au remplissage de l'aire centrale, le pont étant peu (ou pas) visible au microscope photonique.

Les coccolithes étudiés ne répondent pas entièrement à cette définition. Cela tient essentiellement à la valeur de l'angle α qui est ici trop importante: entre 53 et 57°. L'appellation spécifique *caribbeanica* a toutefois été conservée, car nous pensons que la caractéristique la plus importante est l'absence presque totale de plage centrale qui est prépondérante pour une détermination au microscope photonique.

Quant à la barre transversale, elle présente différents aspects suivant les types d'individus.

En fait, il est possible, dans la partie inférieure de la carotte, de suivre une évolution au sein de ce groupe difficilement dissociable a-priori:

● *G. caribbeanica* f. 1 (pl. II, fig. 1)

C'est une forme relativement grande où le large disque distal laisse une petite aire centrale vide:

$$L=3.75 \mu \quad l=3.00 \mu \quad e=1.20 \mu \\ \alpha=57^\circ \quad nb=39$$

Le disque proximal présente peu ou pas de remplissage de l'aire centrale; mais l'importance du disque distal crée, en lumière polarisée, une figure d'interférence indissociable

de celle de *G. caribbeanica* typique (voir ci-dessous: f. 2).

● *G. caribbeanica* f. 2 (pl. II, figs. 2-3)

De taille moyenne, ces individus présentent un remplissage presque total de l'aire centrale; une petite ouverture subsiste au centre des disques. Les éléments du disque proximal se prolongent nettement pour former un pont transversal qui paraît être une expansion de ce disque. Cette forme correspond assez bien au type originel de *G. caribbeanica* (Boudreaux et Hay, 1967).

● *G. caribbeanica* f. 3 (pl. II, figs. 4 à 9)

Cette forme se rattache parfois difficilement au genre *Gephyrocapsa*. Au microscope photonique, sa figure d'interférence entre nicols croisés fait penser à un disque plein, présentant la classique croix noire; le pont transversal n'est pas visible.

Au microscope électronique, les individus présentent un remplissage presque complet de l'aire centrale; seule subsiste une fente axiale, qui disparaît dans certain cas, les éléments du disque se recouvrant grossièrement au centre du coccolithe. Certains d'entre eux, un peu plus longs, ébauchent un pont transversal qui n'est visible qu'en vue distale (fig. 2, pl. II, fig. 4). En vue proximale, ce pont n'est visible que quand l'orifice central subsiste (pl. II, fig. 5). Dans la plupart des cas, les éléments atteignent la fente centrale, cachant le pont (pl. II, fig. 6); de tels individus peuvent être aisément confondus sur les photographies avec ceux du groupe *Coccolithus productus* (Kamptner 1963; Sachs et Skinner 1973); le pont disparaît même, dans certains cas (pl. II, fig. 7) peut-être par dissolution.

Cela remet en question l'origine de l'espèce *G. caribbeanica*: en 1973, Sachs et Skinner, entre autres, supposent que *Coccolithus daronicoides* pouvait être l'ancêtre de *G. caribbeanica*. Il est également possible d'envisager la filiation: *C. productus* → *G. caribbeanica*, avec *C. daronicoides* comme ancêtre commun.

● Au microscope photonique, ce groupe est assez homogène. Les variations morphologiques n'ont d'importance que dans l'évolution du groupe et pour son origine.

c) Le groupe *Gephyrocapsa aperta-ericsonii* (fig. 2, pl. I, figs. 12 à 18)

Gephyrocapsa aperta Kamptner 1963, p. 173, pl. 6, figs. 32-35.

Gephyrocapsa ericsonii McIntyre et Bé 1967, p. 571, pl. 10, pl. 12, fig. B.

La «zone à *Gephyrocapsa*» (NN 20) de Martini et Worsley (1970) révèle, en plus de *G. oceanica* et *caribbeanica*, d'importantes populations de très petits individus. Assez peu visibles, car peu réfringents entre nicols croisés, ils présentent pour la plupart un pont transversal oblique, caractéristique des *Gephyrocapsa*. Au microscope électronique, ces coccolithes de petite taille, à large trou central et disques de faible épaisseur, ont un pont transversal faisant un angle $\alpha = 30-32^\circ$, qui est parfois fortement arqué. Ces caractéristiques sont communes à tous les individus du groupe. Or, une certaine confusion règne dans la littérature en ce qui concerne *G. ericsonii* et *G. aperta*. Malgré la très grande abondance de ces «petites *Gephyrocapsa*» dans les sédiments marins, peu d'auteurs les signalent, et la plupart du temps, sans les dissocier. Ainsi:

Geitzenauer (1972) reconnaît leur importance quantitative et stratigraphique; il les groupe sous la seule appellation de «*G. aperta*»; il ne distingue pas *G. ericsonii*, qu'il considère comme une fin de phylum mal définie.

McIntyre, Ruddiman et Jantzen (1972) ne mentionnent que *G. ericsonii*. Ils ne signalent aucune autre petite *Gephyrocapsa*, dans une étude apparemment exhaustive.

Gartner (1972) distingue quatre «petites *Gephyrocapsa*» (dont *G. aperta* et *G. ericsonii*), mais cette étude, réalisée au microscope électronique, ne permet pas de bien figurer les variations quantitatives de ces formes. Préalablement, Gartner (1970) a cité *G. aper-*

ta lors d'une étude sommaire de sédiments quaternaires.

Calet et Clocchiatti (1975) signalent seulement *G. ericsonii*, négligeant les autres petites espèces du genre.

En fait, le problème se pose à la lecture des diagnoses. C'est ainsi que *G. ericsonii* (qui a 32 éléments par disque) se distingue par son pont transversal «en arche haute». Pour *G. aperta* (qui a 26 éléments par disque) Kamptner ne signale pas de fait semblable; mais cela peut être dû au manque de relief des photographies. Or, nous avons rencontré une forme à 32 éléments (à pont apparemment plat), et une forme à 26 éléments (à pont fortement arqué) (pl. I, figs. 12 et 13). Des deux critères envisagés ici, seul le nombre d'éléments a été retenu, car il est toujours utilisable, alors que l'allure du pont peut être masquée sur les photographies.

Ansï, nous disposons de plusieurs formes:

- *Gephyrocapsa ericsonii* avec 32 éléments (pl. I, figs. 16-17); c'est un type relativement grand ($2.20 \mu \times 1.70 \mu$) avec un disque assez épais ($e=0.55 \mu$) et un pont plutôt large déterminant un angle de 30° avec le grand axe. Il se différencie de *G. oceanica* f. 2 petite, par son allure beaucoup plus ronde, et un angle α plus important, ainsi que par sa répartition.

Cette forme est assez proche de celle que McIntyre (1970) place en transition entre *G. ericsonii* et *G. protohuxleyi*.

Au microscope photonique, elle se distingue dans la masse des «petites *Gephyrocapsa*» par une taille plus grande et par un pont particulièrement réfringent entre nicols croisés (pl. I, figs. 15-18).

- *Gephyrocapsa aperta* avec 26 éléments; les individus, plus petits, présentent un pont faisant un angle de 32° . On distingue:

Des coccolithes très petits ($1.55 \mu \times 1.10 \mu$) à disque mince ($e=0.30 \mu$). C'est la forme 1 (pl. I, figs. 12-14).

Des coccolithes plus grands ($2.10 \mu \times 1.35 \mu$) à disque plus large ($e=0.45 \mu$). C'est la forme 2 (pl. I, figs. 13-14).

Au microscope photonique, *G. aperta* est assez floue; entre nicols croisés, elle apparaît comme un petit anneau grisâtre. La différence de taille entre les deux formes n'est pas discernable à un tel grossissement, mais le pont transversal des *G. aperta* f. 2 est nettement réfringent alors que celui de *G. aperta* f. 1 n'est pratiquement pas visible.

DISTRIBUTION DES PRINCIPAUX MORPHOTYPES (Fig. 3).

Le microscope photonique permet une évaluation semi-quantitative réalisée sur une vingtaine de champs (objectif $\times 100$) qui donne une idée suffisamment précise de la distribution du morphotype. Cette technique met en évidence les apparitions et disparitions — parfois temporaires — des espèces ainsi que leur fréquence maximale. Elle a été préférée à une représentation centesimale qui a tendance à oblitérer certaines fluctuations, en particulier dans les sédiments où les nannoflores sont peu abondantes.

1. LE GROUPE DES EMILIANIA HUXLEYI

Les deux formes d'*Emiliana huxleyi* sont rencontrées dans les mêmes dépôts, les petites individus constituant les 2/3 de l'espèce.

Les premiers coccolithes apparaissent à 1.50 m (=205.000 ans B. P.); ils sont rares et dispersés. Ils ne sont repérés qu'au microscope électronique. Vers 0.48 m (=80.000 ans B. P.) ces individus, beaucoup plus nombreux, sont identifiables au microscope photonique. Ces dépôts à *Emiliana huxleyi* très abondants constituent pour nous (Duplessy et al. 1975) la zone NN 21 de Martini et Worsley (1970).

Cette espèce est particulièrement bien représentée entre 8 cm (=15.000 ans B. P.) et le sommet, ce qui correspond à l'Holocène.

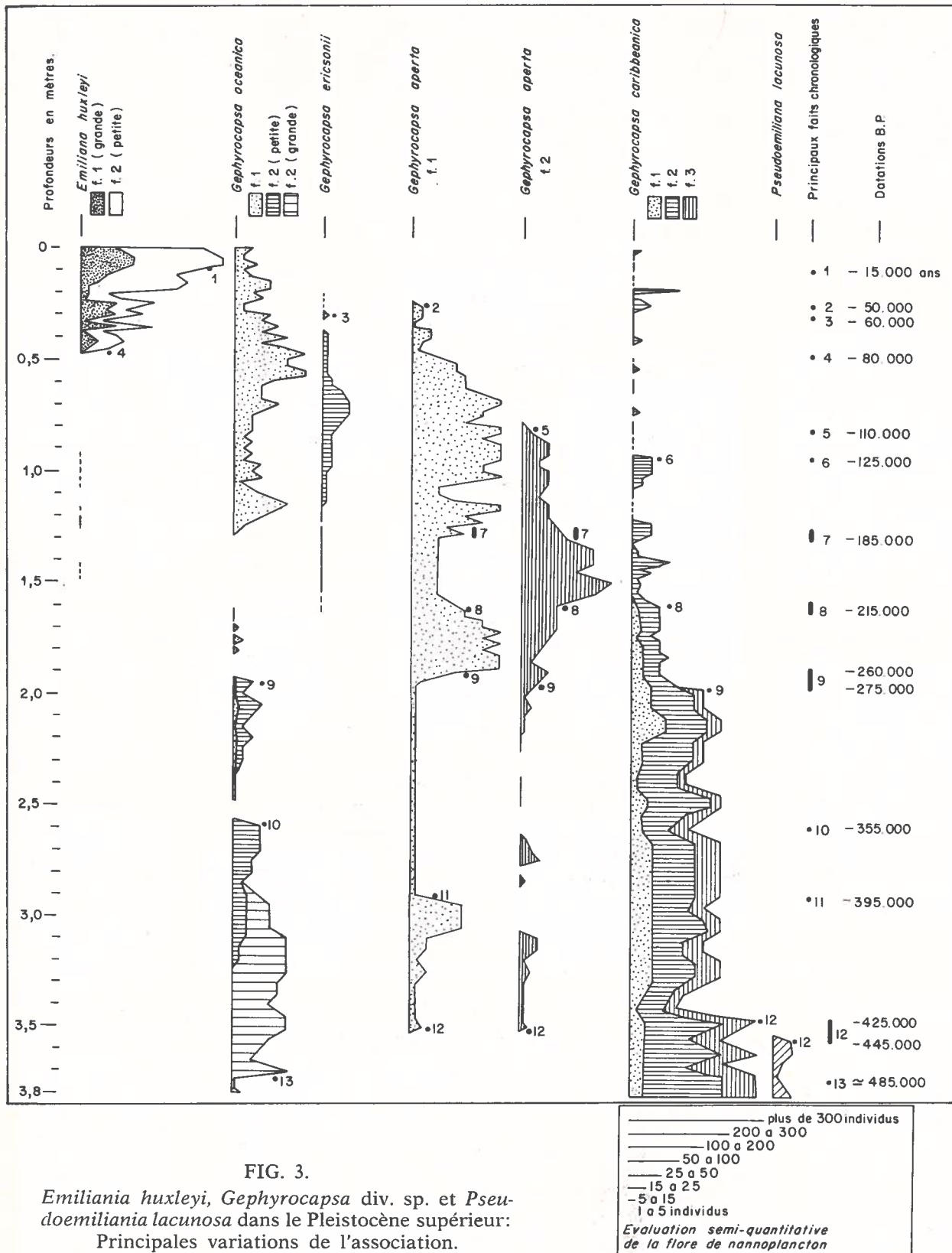
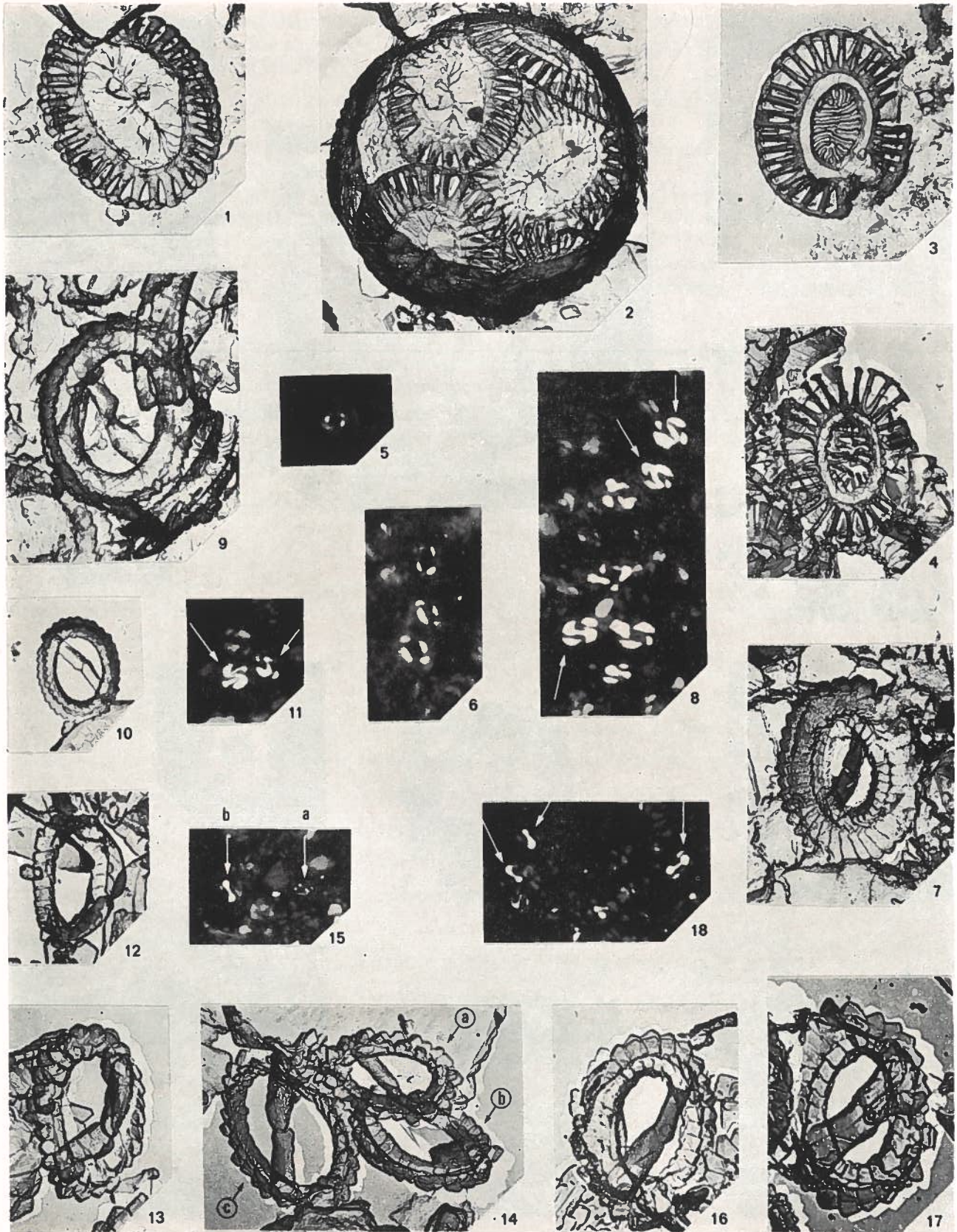


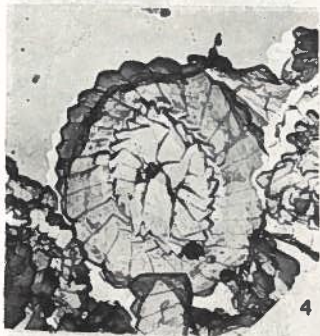
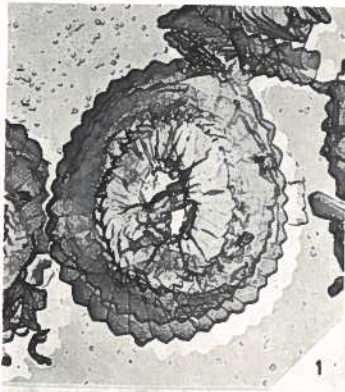
FIG. 3.

Emiliana huxleyi, *Gephyrocapsa* div. sp. et *Pseudoemiliana lacunosa* dans le Pleistocène supérieur: Principales variations de l'association.

PLANCHE I

- 1, 2, 3, 4, 5, 6. *Emiliana huxleyi* (Lohmann).
1. f. 1, microscope électronique, X 10.500.
2. f. 1, sphère, microscope électronique, X 10.500.
3. f. 2, microscope électronique, X 10.500.
4. f. 2, microscope électronique, X 10.500.
5. f. 2, nicols croisés, X 1.825.
6. f. 1, nicols croisés, X 1.825.
- 7, 8, 9, 10, 11. *Gephyrocapsa oceanica* Kamptner.
7. f. 1, microscope électronique, X 10.500.
8. f. 1, nicols croisés, X 1.825.
9. f. 2 grande, microscope électronique, X 10.500.
10. f. 2 petite, microscope électronique, X 10.500.
11. f. 2 grande, nicols croisés, X 1.825.
- 12, 13, 14, 15a. *Gephyrocapsa aperta* Kamptner.
12. f. 1, microscope électronique, X 18.000.
13. f. 2, microscope électronique, X 18.000.
14. a: f. 1 et b, c: f. 2, microscope électronique, X 18.000.
15a. f. 2, nicols croisés, X 1.825.
- 15b, 16, 17, 18. *Gephyrocapsa ericsonii* McIntyre et Bé.
15b. nicols croisés, X 1.825.
16. microscope électronique, X 18.000.
17. microscope électronique, X 18.000.
18. nicols croisés, X 1.825.





2. LE GROUPE DES GEPHYROCAPSA

a) *Gephyrocapsa oceanica*

G. oceanica f. 1: Les individus correspondant à ce type ont été décrits dans la partie supérieure de la carotte, de 0 à 1.20 m, soit entre 170.000 ans B.P. et nos jours, avec un maximum entre 90.000 et 80.000 ans B.P. Ils sont très rares avant 170.000 ans.

McIntyre, Ruddiman et Jantzen (1972) considèrent une forme ayant une distribution comparable et la nomment «*G. caribbeanica*». Aucune *G. oceanica* n'est signalée. Ce fait met en valeur la complexité de ce genre où les diagnoses originelles sont soit anciennes et peu explicites, soit reposent sur des données biométriques peu utilisables pour la séparation des différents morphotypes.

G. oceanica f. 2: Les deux groupes de *G. oceanica f. 2* présentent des répartitions différentes: la forme grande se manifeste entre 3.70 m (=485.000 ans B.P.) et 3.30 m (410.000 ans B.P.); quelques individus subsistent jusque vers 2.60 m (335.000 ans B.P.).

Entre 3.30 m (410.000 ans B.P.) et 2.60 m (355.000 ans B.P.) la plupart des *G. oceanica f. 2* sont de petite taille; plus haut dans la carotte, ces deux formes, en petit nombre, s'associent à la *G. oceanica f. 1* qui débute.

b) *Gephyrocapsa caribbeanica*

G. caribbeanica f. 1, peu fréquence, se manifeste essentiellement entre 1.95 m (275.000 ans B.P.) et la base de la carotte (500.000 ans B.P. environ).

PLANCHE II

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. *Gephyrocapsa caribbeanica* Boudreaux et Hay.

1. f. 1, microscope électronique, X 10.500.
2. f. 2, microscope électronique, X 10.500.
3. f. 2, sphère, microscope électronique, X 10.500.
4. f. 3, vue distale, microscope électronique, X 10.500.
5. f. 3, vue proximale, microscope électron., X 10.500.
6. f. 3, vue proximale, microscope électron., X 10.500.
7. f. 3, vue proximale, microscope électron., X 10.500.
8. f. 3, nicols croisés, X 1.825.
9. f. 3, nicols croisés, X 1.825.

10, 11.

Pseudoemiliana lacunosa Gartner.

10. microscope électronique, X 10.500.
11. nicols croisés, X 1.825.

G. caribbeanica f. 2 est la plus abondante du groupe. Fréquente dès 1.60 m (215.000 ans B. P.) elle devient prépondérante entre 1.95 m (275.000 ans B. P.) et la base de la carotte (500.000 ans B. P. environ). Elle caractérise la zone à *G. caribbeanica* adoptée par de nombreux auteurs.

G. caribbeanica f. 3 est peu fréquente entre 1.95 m (275.000 ans B. P.) et 2.50 m environ (340.000 ans B. P.); elle devient plus abondante entre 2.50 m et la base de la carotte (500.000 ans B. P. environ).

La distinction de ces diverses formes de *G. caribbeanica* est souvent délicate au microscope photonique. Or, c'est ce microscope qui est généralement utilisé pour les études de routine: il est vraisemblable que, désormais, nous considérerons, sauf cas particulier, l'ensemble du groupe, sans en disocier les divers morphotypes.

c) Le groupe *Gephyrocapsa aperta-ericsonii*

Gephyrocapsa ericsonii, forme peu abondante, se manifeste surtout entre 1.10 m (155.000 ans B. P.) et 0.35 m (60.000 ans B. P.); quelques individus sont visibles depuis 1.60 m (220.000 ans B. P.). Le maximum de l'espèce se situe vers 100.000 ans B. P.; au voisinage de l'Antarctique, Geitzenauer (1972) signale le dernier maximum de *G. ericsonii* vers 200- à 300.000 ans B. P.

La disparition de *G. ericsonii* intervient, dans la carotte Ch. 7206, vers 60.000 ans B. P.; Geitzenauer la place plus bas, à la base de la zone à *Emiliana huxleyi*.

Gephyrocapsa aperta: les formes 1 et 2 se relaient sur la plus grande partie de la carotte; toutes deux apparaissent vers 3.45 m (425.000 ans B. P.). *G. aperta* f. 2 n'abonde guère qu'entre 1.60 m (220.000 ans B. P.) et 1.20 m (170.000 ans B. P.) où elle représente 80 % de l'espèce; elle disparaît vers 0.80 m (110.000 ans B. P.). *G. aperta* f. 1 domine l'espèce entre 1.95 m (275.000 ans B. P.) et 1.65 m (230.000 ans B. P.), puis entre 1.30 m (185.000

ans B. P.) et sa disparition à 0.25 m (50.000 ans B. P.).

PRINCIPAUX FAITS CHRONOLOGIQUES

La distribution des diverses formes d'*Emiliana* et de *Gephyrocapsa* décrites dans la carotte Ch. 7206 permet de distinguer, au cours des derniers 500.000 ans, plusieurs modifications de l'association florale numérotées de 1 à 13 dans l'ordre où elles se présentent lorsqu'on observe la carotte de son sommet vers la base.

- CC.* 1: 15.000 ans B. P.: *Emiliana huxleyi*, espèce cardinale depuis le haut de la carotte, diminue brusquement.
- CC. 2: 50.000 ans: apparition de *G. aperta* f. 1.
- CC. 3: 60.000 ans: apparition de *G. ericsonii*.
- CC. 4: 80.000 ans: disparition presque totale du groupe *Emiliana huxleyi*.
- CC. 5: 110.000 ans: apparition de *G. aperta* f. 2.
- CC. 6: 125.000 ans: apparition de *G. caribbeanica*.
- CC. 7: 185.000 ans: au sein de l'espèce *G. aperta*, qui domine largement la flore, la prédominance passe de la forme 1 à la forme 2.
- CC. 8: 215.000 ans: *G. caribbeanica* réapparaît après une courte disparition. Le nombre des *G. aperta* f. 2 diminue brusquement. *G. aperta* f. 1 redevient prépondérante.
- CC. 9: 260- à 275.000 ans: *G. oceanica* f. 2 petite apparaît. Le groupe *G. caribbeanica* qui devient très abondant va désormais dominer la flore, au détri-

* CC.: mis pour «Coccolithe». Cette biozonation devant être reprise dans des études ultérieures, nous préférons lui donner une appellation qui lui soit propre.

ment de *G. aperta* dont la fréquence baisse sensiblement.

- CC. 10: 355.000 ans: *G. oceanica* f. 2 grande apparait.
- CC. 11: 395.000 ans: *G. aperta* f. 1 redevient temporairement abondante.
- CC. 12: 425- à 445.000 ans: le groupe *G. caribbeanica* est encore plus abondant (425.000 ans). Le groupe *G. aperta* disparaît tandis qu'apparaissent les *Pseudoemiliania lacunosa* (445.000 ans).
- CC. 13: 485.000 ans: *G. oceanica* f. 2 grande diminue brusquement.

CONCLUSION

L'étude de cette carotte permet:

De préciser la morphologie et la biométrie de différents morphotypes de *Gephyrocapsa* et d'*Emiliania* du Pleistocène terminal. Dans une population qui groupe en particulier *G. oceanica* et *G. caribbeanica*, les petites *G. aperta* et *G. ericsonii* montrent une nette différenciation morphologique.

De montrer la répartition des principaux morphotypes de *Gephyrocapsa* et d'*Emiliania* au cours des derniers 500.000 ans dans des sédiments au large des Açores. Treize variations quantitatives et qualitatives de l'association nannoflorale sont situées et datées.

Reconnues dans cette seule carotte, ces fluctuations doivent maintenant être recherchées sous d'autres latitudes. Alors seulement pourra-t-on leur donner une réelle valeur stratigraphique.

BIBLIOGRAPHIE

BE A. W. MC INTYRE A.

- 1964 *Recent coccoliths of the Atlantic Ocean*. Geol. Soc. Amer. Abstract, sp. pap. n.° 82, p. 8.

CAULET J. P., CLOCCHIATTI M.

- 1975 *Utilisation des Radiolaires et des nannofossiles calcaires dans l'étude de la sédimentation récente en Atlantique nord*. Bull. Soc. Géol. France, (7), vol. XVII, n.° 5, pp. 686-698, 6 text-figs.

DUPLESSY J. C., MOYES J., PUJOL C., PUJOS-LAMY A., REYSS J. L.

- 1975 *Stratigraphie des dépôts quaternaires d'une carotte prélevée au N.E. des Açores*. C. A. Acad. Sci., Paris, t. 281, sér. D, pp. 1971-1974, 1 tbl., 1 fig.

GARTNER S.

- 1970 *Coccolith age determinations, leg 5, Deep Sea Drilling Project*. Initial Repts., Deep Sea Drilling Project, vol. V, pp. 495-500.
- 1972 *Late Pleistocene calcareous nannofossils in the Caribbean and their interoceanic correlation*. Paleogeog., Paleoclim., Paleoecol., vol. 12, n.° 3, pp. 169-191, 7 text-figs., 2 pls. h-t.

GEITZENAUER K. R.

- 1972 *The Pleistocene calcareous nannoplankton of the subantarctic Pacific Ocean*. Deep Sea Res., vol. 19, n.° 1, pp. 45-60, 8 text-figs.

HAY W. W.

- 1970 *Calcareous nannofossils from cores recovered on leg 4*. Initial Repts., Deep Sea Drilling Project, vol. IV, pp. 455-503.

HAY W. W., MOHLER H. P., ROTH P. H., SCHMIDT R. R., BOUDREAUX J. E.

- 1967 *Calcareous nannoplankton zonation of the Cenozoic of the Gulf Coast and Caribbean-Antillean area, and transoceanic correlation*. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc. Trans., vol. 17, pp. 428-480, 13 pls. 13 text-figs.

KAMPTNER E.

- 1943 *Zur Revision der Coccolithineen-Spezies Pontosphaera huxleyi Lohm*. Akad. Wiss. Wien, Math. Nat. Kl., Anz., vol. 80, pp. 43-49.
- 1963 *Coccolithineen-Skelettreste aus Tiefseeablagerungen des Pazifischen Ozeans*. Naturh. Mus. Wien, Ann., vol. 66, pp. 139-204, 9 pls., 39 figs.

LOHMANN H.

- 1902 *Die Coccolithophoridae, eine Monographie der Coccolithen bildenden Flagellaten, zugleich ein Beitrag zur Kenntnis des Mittelmeerauftriebs*. Archiv. Protistenk., vol. 1, pp. 89-165, 3 pls.

MARTINI E., WORSLEY T.

- 1970 *Standard Neogene calcareous nannoplankton zonation*. Nature, vol. 225, n.° 5229, pp. 289-290.

PUJOS-LAMY

MC INTYRE A.

- 1970 *Gephyrocapsa protohuxleyi* sp. n. a possible phyletic link and index fossil for the Pleistocene. Deep Sea Res., vol. 17, pp. 187-190, 1 fig.

MC INTYRE A., BE A. W. H.

- 1967 *Modern Coccolithophoridae of the Atlantic Ocean. I. Placoliths and Cyrtoliths*. Deep Sea Res., vol. 14, pp. 561-597, 12 pls., 17 text-figs.

MC INTYRE A., RUDDIMAN W. F., JANTZEN R.

- 1972 *Southward penetrations of the North Atlantic Polar Front: faunal and floral evidence of large-scale surface water mass movements over the last 225,000 years*. Deep Sea Res., vol. 19, n.º 1, pp. 61-77, text-figs. 1-8.

SACHS J. B., SKINNER H. C.

1973. *Calcareous nannofossils and late Pliocene-early Pleistocene biostratigraphy Louisiana con-*

tinental shelf. Tulane Studies in Geol. and Paleontol., vol. 10, n.º 3, pp. 113-162, 2 tbls., 6 text-figs., 6 pls.

WATABE N.

- 1967 *Crystallographic analysis of the Coccolith of Coccolithus huxleyi*. Calc. Tiss. Res., vol. 1, pp. 114-121, 9 text-figs.

WATABE N., WILBUR K. M.

- 1966 *Effects of temperature on growth, calcification and coccolith form in Coccolithus huxleyi (Coccolithineae)*. Limnol. Oceanog., vol. 11, n.º 4, pp. 567-575, text-figs. 1-7.

Manuscrito recibido el 9-IV-1976