

Comparaison des données des foraminifères planctoniques et des minéraux argileux dans une carotte nord-atlantique

Autor(en): **Rotschy, Françoise / Chamley, Hervé**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **64 (1971)**

Heft 2

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-163983>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Comparaison des données des Foraminifères planctoniques et des minéraux argileux dans une carotte nord-atlantique

Par FRANÇOISE ROTSCHY¹⁾ et HERVÉ CHAMLEY²⁾

RÉSUMÉ

La distribution des Foraminifères planctoniques et des minéraux argileux a été étudiée dans une carotte nord-atlantique (Atlantis II-32 : 3-2 St. 53). Les indications paléoclimatiques globales données par les deux méthodes concordent de façon médiocre. En revanche, la courbe des argiles correspond parfaitement à celle de *Globigerina bulloides*, Foraminifère tempéré froid. Ainsi les deux méthodes semblent pouvoir s'épauler dans la reconstitution des conditions climatologiques passées: d'une part *G. bulloides* permet d'attribuer à la courbe des argiles une signification climatique générale de type tempéré froid, qui correspond à l'aire alluvionnaire; d'autre part les variations climatiques des argiles terrigènes conduisent à distinguer ce qui revient au climat et ce qui lui est étranger, dans les variations des associations faunistiques. En particulier, le rôle paléohydrologique joué dans le courant nord-atlantique par les masses d'eau fraîche de la pente apparaît nettement prépondérant sur la distribution des Foraminifères par rapport à celui joué par les eaux chaudes du Gulf Stream et de la mer des Sargasses.

ABSTRACT

The distribution of planktonic Foraminifera and of clay minerals was investigated in a deep sea-core from the North Atlantic (Atlantis II-32: 3-2 St. 53). The climatic curve based on the interpretation of the total planktonic foraminiferal population does not agree with the one based on the distribution of clay minerals. On the other hand, the climatic curve established on *Globigerina bulloides* alone, a cold to temperate water species, corresponds well with the clay mineral curve, which is therefore interpreted to reflect a cold to temperate continental climate. This interpretation enables to distinguish in the association of planktonic Foraminifera the climatically autochthonous from the allochthonous species. The observed association of cold and warm water species at a same stratigraphical level is the result of paleohydrologic mixing.

ZUSAMMENFASSUNG

In einem Tiefseekern aus dem Nordatlantik (Atlantis II-32: 3-2 St. 53) wurde die Verteilung der planktonischen Foraminiferen sowie der Tonmineralien untersucht. Die Klimakurve, welche auf der Interpretation der Gesamtpopulation planktonischer Foraminiferen beruht, steht nicht in Übereinstimmung mit der aus der Verteilung der Tonmineralien abgeleiteten. Andererseits verlaufen die Kurven der Tonmineralien und der Verteilung von *Globigerina bulloides*, einer Spezies gemässigt kühlen bis kalten Wassers, parallel. Die Kurve der Tonmineralien wird deshalb als diejenige eines kühlen bis kalten, kontinentalen Klimatyps interpretiert. Diese Interpretation ermöglicht es, in den Planktonassoziationen ein und desselben stratigraphischen Niveaus die autochthonen und die durch paläohydrologische Effekte beigemischten Faunenelemente zu bestimmen.

¹⁾ Laboratoire de Paléontologie de l'Université de Genève.

²⁾ Laboratoire de Géologie sous-marine de l'Université de Marseille-Luminy.

Introduction

La carotte 3-2 (station 53) a été prélevée au cours de la campagne n° 32 du navire océanographique R-V. Atlantis II à l'est de la dorsale médio-atlantique, à la latitude du nord de l'Espagne ($\varphi = 44^{\circ} 12' N$; $G = 20^{\circ} 11', 5 W$), et à une profondeur de 4350 m. Le courant nord-atlantique qui surmonte les fonds de prélèvement est actuellement sous l'influence conjuguée des eaux fraîches de la pente et des eaux chaudes de la mer des Sargasses et du Gulf Stream (fig. 1) (CIFELLI et SMITH 1970). La carotte 3-2, longue de 631 cm, est constituée de vase à Foraminifères grise à beige, homogène. De rares et menus fragments de roches sont relevés dans les premiers 60 cm, ainsi qu'à 250 et 608 cm. Des grains minéraux abondants n'apparaissent qu'à deux niveaux (474 à 490 cm, et 622 à 631 cm) (fig. 3, A).

Les analyses, qui concernent les Foraminifères planctoniques et les minéraux argileux, ont porté sur 40 échantillons de 5 à 7 cm de longueur, prélevés tous les 9 cm environ.

Nous remercions le D^r V.T. BOWEN, de l'Institut d'Océanographie de Woods Hole, et le Dr. R. CIFELLI de la Smithsonian Institution, Washington, qui ont mis à notre disposition les échantillons de cette carotte, ainsi que les Professeurs P. BRÖNNIMANN et A. LOMBARD de l'Université de Genève et J.-M. PERES et J.-J. BLANC de l'Université de Marseille, qui ont bien voulu lire et critiquer le manuscrit.

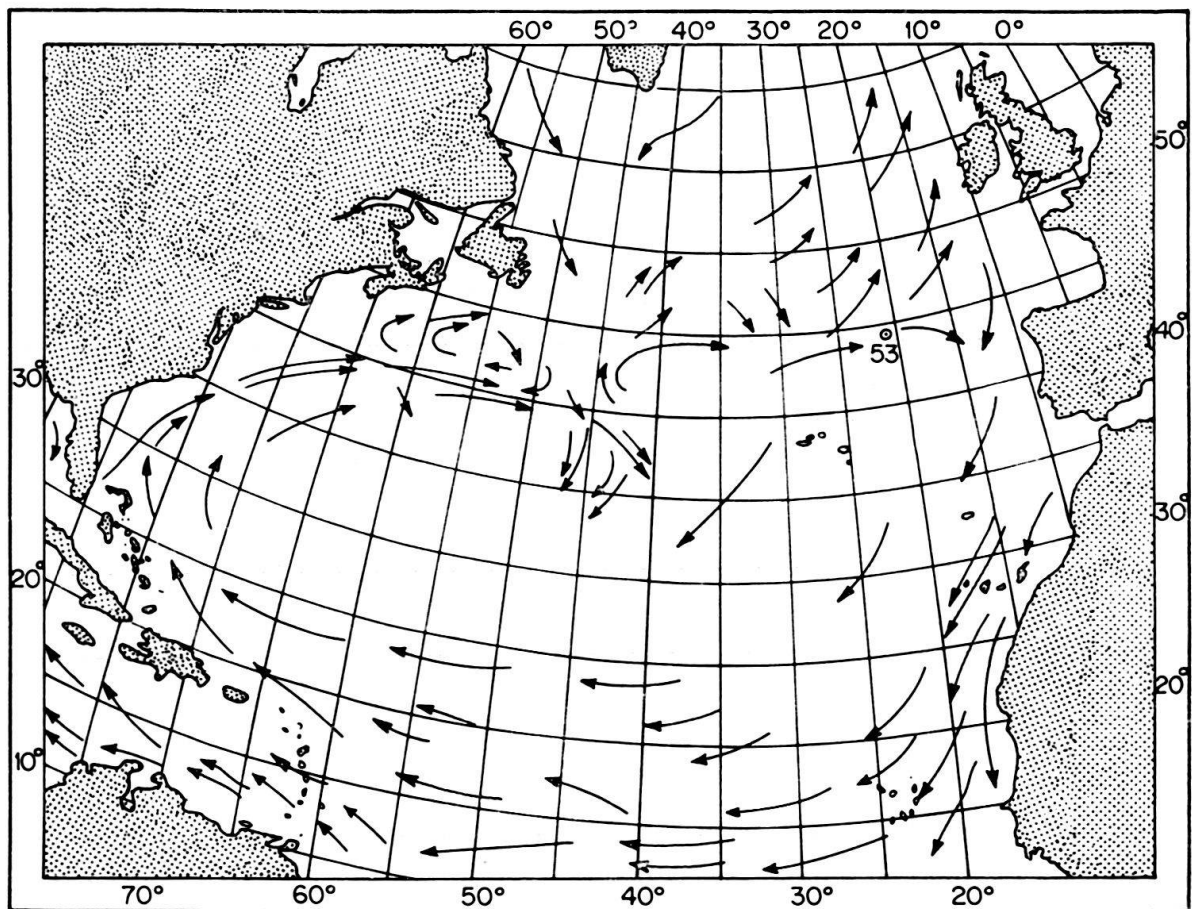


Fig. 1. Position de la carotte Atlantis II-32:3-2, station 53, et circulation des eaux de surface (d'après SCHELTEMA M.S., Woods Hole Oceanographic Institution, dans CIFELLI et SMITH, 1970).

I. Foraminifères planctoniques

1. Problèmes méthodologiques

C'est en se fondant sur la connaissance des Foraminifères planctoniques actuels, c'est-à-dire sur leur taxonomie, leur répartition latitudinale et bathymétrique que l'on peut suivre les variations de leur distribution dans les sédiments.

Or un même individu peut donner lieu à des interprétations taxonomiques différentes selon les chercheurs, non seulement au niveau de l'espèce, mais également du genre. Le problème est rendu encore plus délicat par l'existence de formes transitoires. Certains auteurs les groupent avec l'espèce dominant l'assemblage; d'autres les considèrent comme étant des formes de passage d'une espèce à l'autre. De plus la comparaison entre espèces de thanatocoenose et de biocoenose n'est pas immédiate: les formes de la couche de l'interface sédiment-eau diffèrent souvent de leurs homologues du plancton: il faut en effet tenir compte des phénomènes physico-chimiques intervenant après la mort de l'organisme. Ce sont par exemple la recristallisation du test, la perte de transparence et le début de la dissolution.

Les informations concernant la répartition en latitude et en profondeur des espèces sont encore fragmentaires et souvent contradictoires; les fluctuations saisonnières et la courantologie locale compliquent le problème.

D'autres facteurs interviennent pendant la sédimentation et sont susceptibles de déplacer, mélanger ou modifier les faunes fossiles: la topographie, les courants de fond et de turbidité, les apports détritiques et biodétritiques, et la dissolution sélective (BERGER 1968).

On a tenu compte, dans la distinction des espèces, de la forme du test, des variations de la taille, de la forme des chambres, de la position et des modifications des ouvertures (présence de lèvre, de bulla), de la paroi du test (surface et épaisseur), de la présence ou de l'absence de la carène et des formes des sutures. On a distingué les formes transitoires et tenté de rattacher les formes juvéniles à un genre. Pour leur utilisation en paléoclimatologie et en paléohydrologie, les espèces ainsi distinguées ont été regroupées en *association d'espèces polaires, subpolaires, tempérées froides, tempérées chaudes, subtropicales et tropicales* (ROTSCHY, thèse en cours de rédaction).

Les pourcentages utilisés pour l'établissement des courbes de résultats ont été calculés sur 300 Foraminifères prélevés dans la fraction grossière (supérieure à 74 microns), à l'aide de l'appareil «microsplitter», modifié par R. CIFELLI.

2. Résultats

a) Paléoclimatologie

Les associations d'espèces polaires, subpolaires et tempérées-froides constituent un premier groupe: *Globigerina pachyderma* (EHRENBERG), *Globigerinita uvula* (EHRENBERG), *Globigerina quinqueloba* NATLAND, *Globigerina bulloides* D'ORBIGNY. Les associations tempérées-chaudes, subtropicales et tropicales forment un second groupe: *Globorotalia truncatulinoides* (D'ORBIGNY), *Hastigerina siphonifera* (D'ORBI-

GNY), *Globorotalia obesa* BOLLI, *Globigerina calida* PARKER, *Globigerinoides ruber* (D'ORBIGNY), *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Globigerinoides tenellus* PARKER, *Globigerina rubescens* HOFKER.

Les espèces ci-dessus sont citées par ordre de tolérance croissante au chaud. Elles ne comprennent que celles dont l'affinité climatique est connue dans l'Atlantique Nord (CUSHMAN et HENBEST 1940; KANE 1956; PHLEGER et HAMILTON 1946; SCHOTT 1966).

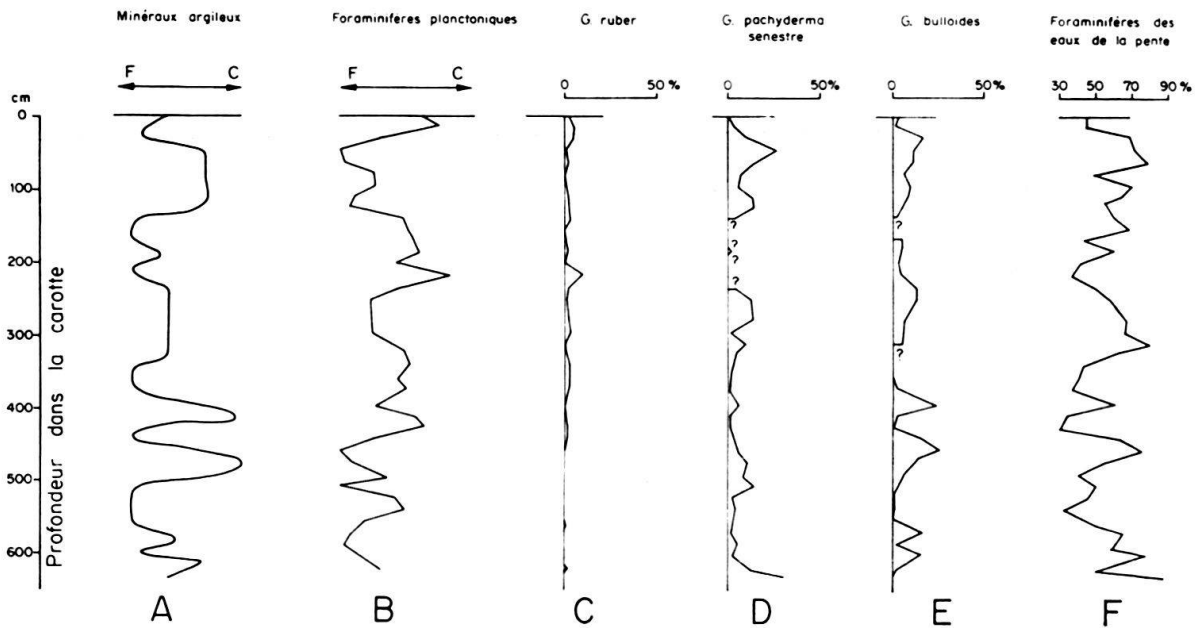


Fig. 2.

- A. Courbe climatique synthétique des minéraux argileux.
 - B. Courbe climatique synthétique des Foraminifères planctoniques.
 - C. Répartition verticale de *Globigerinoides ruber* (%).
 - D. Répartition verticale de *Globigerina pachyderma* sénestre (%).
 - E. Répartition verticale de *Globigerina bulloides* (%).
 - F. Répartition verticale des Foraminifères planctoniques des eaux de la pente (%).
- F: tendance climatique vers le froid.
→ C: tendance climatique vers le chaud.

La différence de pourcentage des deux groupes, au long de la carotte, est exprimée sous la forme d'une courbe climatique synthétique. Les stades climatiques relevés sont d'amplitude et de durée variable (fig. 2, B):

1. 0–20 cm: épisode tempéré avec optimum à 13 cm.
2. 20–205 cm: période froide à deux oscillations, l'une moins froide entre 65 et 110 cm, l'autre tempérée froide entre 150 et 190 cm. Le maximum de froid apparaît vers 45 cm.
3. 205–235 cm: épisode légèrement plus chaud que le climat actuel.
4. 235–405 cm: période tempérée-froide, tempérée entre 315 et 375 cm.
5. 405–631 cm: période froide tendant à trois reprises vers le tempéré-froid (495, 540, 620 cm); la base de la carotte reflète le froid maximum.

Lorsque l'on considère les variations, au cours du temps représenté par la carotte, de la distribution de l'espèce polaire *G. pachyderma* sénestre (Fig. 2, D), de l'espèce tempérée-froide *G. bulloides* (Fig. 2, E) et de l'espèce tropicale *G. ruber* (Fig. 2, C), par rapport aux stades climatiques définis par la courbe synthétique, on remarque que :

- *G. pachyderma* suit d'une façon remarquable les différents pics climatiques; son abondance est maximale dans la dernière période froide (2): elle n'apparaît pas dans l'épisode (3) reflétant des conditions climatiques comparables aux conditions présentes.
- *G. bulloides* apparaît de manière significative dans les périodes tempérées-froides de la courbe synthétique; lorsque celle-ci tend vers le chaud, *G. bulloides* disparaît ou bien son pourcentage est faible; sa distribution montre une bonne tolérance au froid, son abondance est maximale à la fin de la première période froide (5).
- *G. ruber* n'apparaît de manière significative que dans les épisodes (1), (3) et (5), comparables au climat actuel; cette espèce est pratiquement absente de la première période froide (5).

On n'a pas tenu compte ici des fluctuations saisonnières car elles ne peuvent pas être détectées sur des prélèvements de 6 cm de longueur dans une région à faible taux de sédimentation: notre courbe paléoclimatique synthétique exprime les tendances générales vers le chaud et le froid à l'échelle du millénaire.

b) Paléohydrologie

Les espèces de Foraminifères dont la distribution au voisinage du courant nord-atlantique est connue (BÉ 1959, 1960; BÉ et HAMLIN 1967; CIFELLI 1965, 1967; CIFELLI et SMITH 1969, 1970) ont été réparties en deux groupes:

- Celles caractéristiques des eaux de la pente:

Globigerina incompta CIFELLI, *G. pachyderma* (EHRENBERG), *G. quinqueloba* NATLAND, *G. bulloides* D'ORBIGNY, *G. atlantisae* CIFELLI et SMITH, *Globorotalia inflata* D'ORBIGNY;
- Celles caractéristiques de la mer des Sargasses et du Gulf Stream:

Globigerina dutertrei D'ORBIGNY, *G. rubescens* HOFKER, *Globorotalia punctulata* (D'ORBIGNY), *G. hirsuta* (D'ORBIGNY), *G. scitula* (BRADY), *G. truncatulinoides* (D'ORBIGNY), *G. menardii* (D'ORBIGNY), *Hastigerina siphonifera* D'ORBIGNY, *Orbulina universa* D'ORBIGNY, *Globigerinoides ruber* (D'ORBIGNY), *G. trilobus* (REUSS), *G. conglobatus* (BRADY), *G. tenellus* PARKER.

Les eaux de la pente (fig. 2, F) résultent du mélange des «eaux côtières» fraîches et de celles plus chaudes du Gulf Stream (BÉ 1959). Leur influence maximale, au cours du temps que représentent les sédiments de la carotte, correspond remarquablement aux pics plus froids de la courbe paléoclimatique; leur influence diminue au profit des eaux de la mer des Sargasses et du Gulf Stream au cours des épisodes plus chauds. D'une manière générale leur influence est prépondérante dans l'intervalle de temps représenté par la carotte.

Enfin, remarquons qu'en première approximation le phénomène de dissolution sélective paraît négligeable dans cette carotte puisque les *Globigerina* (49,9%) sont

nettement prédominantes sur les *Globorotalia* (17,5%) (OLAUSSEN 1969). D'autre part, la lithologie et la micropaléontologie semblent indiquer une sédimentation régulière.

II. Minéraux argileux

1. Généralités

Les minéraux argileux des sédiments marins sont le plus souvent hérités des continents. C'est le cas de la majeure partie de l'Atlantique, où les néoformations et les actions diagénétiques paraissent négligeables (BISCAYE 1965). Or, sur le continent, les argiles proviennent principalement des sols, dans lesquels elles sont soumises à l'influence prépondérante du climat (MILLOT 1964). Il en résulte que les minéraux argileux apportés à l'océan sont susceptibles de refléter, par leur nature et leur état, le type de climat sous lequel ils sont modelés. Cela est valable dans le présent et dans le passé récent. On l'a vérifié dans les sédiments quaternaires de Méditerranée (CHAMLEY 1968, 1969, 1970; BLANC-VERNET et al. 1969).

L'observation des minéraux argileux au long des carottes de sédiments sous-marins peut donc constituer une méthode intéressante de reconnaissance des paléoclimats continentaux. La technique utilisée est la diffraction des rayons X sur des agrégats orientés de particules non carbonatées inférieures à 2 microns. Les principaux critères utilisés sont la mesure de la largeur à mi-hauteur du pic basal de l'illite (10 Å), qui est fonction du degré d'organisation du minéral, et l'abondance relative des différents minéraux. D'autres paramètres, tels que l'abondance relative de la chlorite et du complexe gonflant (montmorillonite, interstratifiés illite-montmorillonite, chlorite-montmorillonite), peuvent apporter des informations complémentaires. D'une manière générale, les minéraux sont d'autant plus proches de ceux de la roche-mère que le climat est plus froid et plus sec; ils sont d'autant plus fragmentés et plus altérés que le climat est plus chaud et plus humide. La couleur des sédiments fins décalcifiés suit fréquemment ces variations, ce qui résulte d'une libération plus ou moins grande des oxydes de fer lors de l'altération.

2. Résultats

Les sédiments de la carotte 3-2 ont fait l'objet de 40 analyses minéralogiques par diffraction des rayons X (fig. 3). Les minéraux argileux identifiés sont l'illite et la montmorillonite, tour à tour dominantes, puis la chlorite et la kaolinite, subordonnées et souvent difficiles à différencier. Ce mélange est celui déterminé par BISCAYE (1965), GRIFFIN et al. (1968), RATEEV et al. (1968). La montmorillonite est souvent accompagnée de minéraux interstratifiés irréguliers de type illite-montmorillonite (symbole [10-14_M] de la nomenclature de LUCAS 1962).

Les variations de la composition des minéraux argileux et des couleurs des suspensions décalcifiées sont exprimées par des courbes, qui sont remarquables par les correspondances observées entre pics et rentrants: une illite mal cristallisée (B), dont les réflexions aux rayons X sont larges, s'accompagne d'un complexe gonflant abondant et mal défini, de faciès de dégradation pédologique (C et D); en même temps la cou-

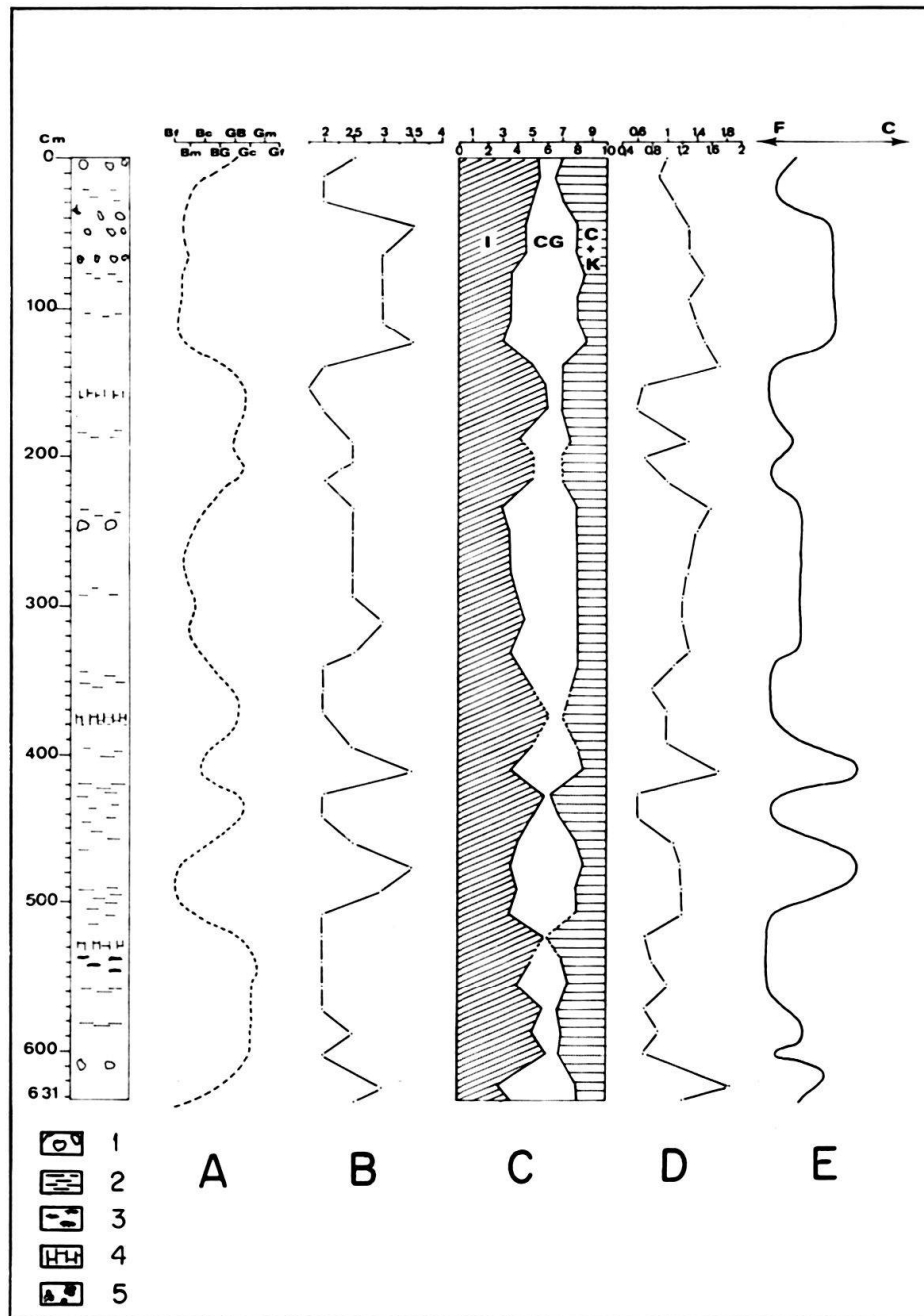


Fig. 3. Log des textures: 1 fragments de roches, 2 tachetures, 3 traînées noires, 4 aspect crayeux, 5 lit à Foraminifères.

A. couleur des suspensions décalcifiées: B = beige, G = gris, c = clair, m = moyen, F = foncé.

B. Largeur du pic à 10 Å de l'illite à mi-hauteur (essai glycolé), en $1/10^\circ$.

C. Abondance relative des minéraux argileux, en $1/10$.

I = illite, CG = complexe gonflant, C + K = chlorite et kaolinite.

D. Abondance du complexe gonflant par rapport à l'illite (essai glycolé).

E. Log climatique: → F = tendance climatique vers le froid.

→ C = tendance climatique vers le chaud.

leur tend vers le beige (A). Ces caractères sont ceux d'un niveau de type chaud (par exemple à 250 cm). C'est l'inverse qui s'observe lorsque l'illite est bien cristallisée, et le type relevé dans ce cas est froid (par exemple à 600 cm).

Notons que cette opposition se retrouve à l'observation au microscope électronique, qui montre des particules aux bords nets pour les niveaux froids (par exemple à 356 cm), aux bords fragmentés et diffus pour les niveaux chauds (par exemple à 410 cm) (CHAMLEY 1969 b).

Il est possible de déduire de ces données une courbe climatique (fig. 3, E). Celle-ci reflète principalement les variations du degré d'ouverture de l'illite, qui est un critère particulièrement fidèle (DUNOYER DE SEGONZAC et KUBLER 1966). Les variations relevées au long de la carotte sont données par rapport au niveau de l'interface eau-sédiment. Les dénominations thermiques correspondent à celles étalonnées en Méditerranée nord-occidentale :

- 0–40 cm : climat tempéré frais, plus froid vers 20 cm.
- 40–130 cm : climat tempéré.
- 130–220 cm : climat froid, avec oscillation tempérée fraîche à 190 cm.
- 220–330 cm : climat tempéré frais.
- 330–390 cm : climat froid.
- 390–420 et 460–500 cm : climat tempéré chaud avec période froide à 420–460 cm.
- 500–570 cm : climat froid.
- 570–630 cm : climat tempéré frais avec passage froid à 600 cm.

III. Interprétation

1. *La comparaison des courbes paléoclimatiques synthétiques obtenues à partir des Foraminifères (fig. 2, B) et des minéraux argileux (fig. 2, A) est décevante.*

En effet, les concordances niveau par niveau sont rares entre les deux courbes. Ces concordances apparaissent meilleures lorsque la courbe des Foraminifères est décalé d'environ 75 cm vers le bas. On peut tenter d'expliquer ce décalage par une réponse plus rapide des Foraminifères aux changements de climat, mais cela impliquerait un taux de sédimentation très élevé, peu probable dans l'Atlantique (GOLDBERG et al. 1963; GOLDBERG et GRIFFIN 1964). Le désaccord entre les résultats des deux méthodes est d'autant plus surprenant que de bonnes concordances ont été relevées en Méditerranée (BLANC-VERNET et al. 1969; ROTSCHY et al., à l'impression).

2. *Nous avons alors cherché à préciser la comparaison en confrontant la courbe des minéraux argileux à la répartition de différents Foraminifères pris isolément.*

a) Nous avons d'abord choisi deux espèces d'affinités climatiques extrêmes : *Globigerinoides ruber*, espèce tropicale et *Globigerina pachyderma* sénestre, espèce polaire.

La courbe de répartition de la première espèce (fig. 2, C) est en opposition avec celle des argiles (fig. 2, A) : les maxima de *G. ruber* bien que peu marqués, correspondent aux minima de froid donnés par les minéraux et inversement.

La courbe de la seconde espèce (fig. 2, D) montre une correspondance avec celle des argiles. Bien qu'assez lâche, elle est meilleure que celle de la courbe synthétique des Foraminifères (fig. 2, B). Les minéraux argileux paraissent donc désigner des climats de tendance moyenne froide plutôt que chaude.

b) Nous avons ensuite recherché si certains Foraminifères de tendance froide ne montraient pas avec les argiles une concordance meilleure que *G. pachyderma* sénestre. C'est le cas de *Globigerina bulloides* (fig. 2, E), espèce tempérée-froide, dont la courbe coïncide bien avec celle de la fraction argileuse. Notons que les maxima de froid de la courbe des argiles coïncident souvent avec la disparition de *G. bulloides*.

On peut tirer deux conclusions de cette comparaison établie entre les espèces prises isolément et les minéraux argileux. D'une part le climat moyen traduit par les argiles terrigènes est de type tempéré froid. Ceci pourrait être déduit, dans une certaine mesure, des connaissances générales acquises sur la signification paléoclimatique des argiles terrigènes dans l'Atlantique Nord. Mais cette présomption devient réalité grâce à la référence que donne *G. bulloides*. D'autre part, les variations de la courbe climatique donnée par les argiles au long de la carotte sont en désaccord avec les variations de la courbe synthétique des Foraminifères, mais en accord avec les variations données par un Foraminifère pris isolément, *G. bulloides*; on peut alors envisager de distinguer grâce à ce parallèle, ce qui dans la courbe synthétique donnée par les Foraminifères, revient au climat et ce qui lui est étranger. En particulier, on peut envisager d'aborder le rôle joué par le déplacement des masses d'eau.

3. La carotte 3-2 est prélevée dans les dépôts du courant nord-atlantique, nourri par les eaux fraîches de la pente et chaudes du Gulf Stream-mer des Sargasses (CIFELLI et SMITH 1970).

L'étude des Foraminifères a montré précédemment que les apports des eaux de la pente ont été prépondérants au cours du temps. Une confirmation de ce fait est apportée par la bonne concordance qui existe entre la courbe climatique des minéraux argileux (fig. 2, A) et celle des Foraminifères caractéristiques des eaux de la pente (fig. 2, F). Par ailleurs cette concordance confirme l'origine essentiellement terrigène des minéraux argileux, puisque les eaux de la pente sont formées d'eaux côtières américaines, mélangées à celles du Gulf Stream; ainsi paraît supprimée l'éventualité d'une genèse sous-marine des argiles (montmorillonite en particulier), notamment à partir des verres volcaniques de la dorsale médio-atlantique. Enfin la relation qui apparaît entre les minéraux argileux et les Foraminifères planctoniques des eaux de la pente laisse supposer que les sédiments vaseux déposés dans l'Atlantique Nord à l'est de la dorsale résultent en partie du moins d'apports d'origine américaine.

Conclusion

L'étude comparée des courbes des Foraminifères et des minéraux argileux dans la carotte Atlantis II 32: 3-2 (st. 53), décevante au premier abord, se révèle à l'analyse fertile en enseignements. Ces deux techniques paraissent en effet s'épauler dans l'interprétation paléoclimatique et paléohydrologique. D'une part les Foraminifères consi-

dérés espèce par espèce permettent de déterminer la signification climatique moyenne des minéraux argileux. D'autre part la courbe des argiles paraît constituer une base de référence des modifications climatiques relevées au long de la carotte, et conduisent à préciser la part qui revient, dans les données des Foraminifères, au climat et aux mouvements des masses d'eau.

Cette étude, bien que préliminaire, souligne l'intérêt de la confrontation d'indicateurs climatiques différents, dont elle montre à la fois la valeur et les limites.

RÉFÉRENCES

- BÉ, A.W. (1959): *Ecology of Recent Planktonic Foraminifera: I. Areal Distribution in the Western North Atlantic*. *Micropaleontology*, 5/1, 77-100.
- (1960): *Ecology of Recent Planktonic Foraminifera: II. Bathymetric and Seasonal Distributions in the Sargasso Sea off Bermuda*. *Micropaleontology* 6/4, 373-392.
- BÉ, A.W., et HAMLIN, W.H. (1967): *Ecology of Recent Planktonic Foraminifera: III. Distribution in the North Atlantic During the Summer of 1962*. *Micropaleontology* 13/1, 87-106.
- BERGER, H. (1968): *Planktonic Foraminifera: Selective Solution and Paleoclimatic Interpretation*. *Deep Sea Research* 15, 31-43.
- BISCAYE, P.E. (1965): *Mineralogy and Sedimentation of Recent Deep Sea Clays in the Atlantic Ocean and Adjacent Seas and Oceans*. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 76, 803-832.
- BLANC-VERNET, L., CHAMLEY, H., et FROGET, C. (1969): *Analyse paléoclimatique d'une carotte de Méditerranée nord-occidentale. Comparaison entre les résultats de trois études: Foraminifères, Ptéropodes, fraction sédimentaire issue du continent*. *Paleogeogr., climat., écolog.* 6/3, 215-235.
- CHAMLEY, H. (1968): *Sur le rôle de la fraction sédimentaire issue du continent comme indicateur climatique durant le Quaternaire*. *Compte-rendus Acad. Sc., Paris* 267, 1262-1265.
- (1969a): *Intérêt de l'étude chiffrée des minéraux argileux par diffraction des rayons X pour la connaissance des paléoclimats. Exemple des sédiments de Méditerranée nord-occidentale*. *Coll. Méth. anal. par Rayonn. X, Montpellier* 1969, 99-106.
- (1969b): *Intérêt paléoclimatique de l'étude morphologique d'argiles méditerranéennes*. *Thethys*, 1/3, 923-926.
- (1970): *Signification paléoclimatique des sédiments argileux quaternaires de Méditerranée occidentale*. *Coll. Méth. Tend. Strati., Orsay* 1970, 20 p.
- CIFELLI, R. (1965): *Planktonic Foraminifera from the Western North Atlantic*. *Smithsonian miscellaneous coll.* 148/4, 1-36.
- (1967): *Distributional Analysis of North Atlantic Foraminifera Collected in 1961 During Cruises 17 and 21 of the R/V Chain*. *Contribution Cushm. Found. Foraminif. Res. USA*, 18/3, 118-127.
- CIFELLI, R., et SMITH, R.K. (1969): *Problems in the Distribution of Recent Planktonic Foraminifera and Their Relationships with Water Mass Boundaries in the North Atlantic*. *Proceed. first Int. Conf. on the plankt. microf. Geneva 1967 II*; 68-81.
- (1970): *Distribution of Planktonic Foraminifera in the Vicinity of the North Atlantic Current*. *Smiths. Contr. to paleobiology*, 4, 1-52.
- CUSHMAN, J.A., et HENBEST, L.G. (1940): *Geology and Biology of North Atlantic Deep-Sea Cores Between Newfoundland and Ireland. Pt 2 Foraminifera*. *U.S. Geol. Surv. Prof. Paper* 196 A; 35-50.
- DUNOYER DE SEGONZAC, G., et KUBLER, B. (1966): *La cristallinité de l'illite*. *Bull. techn. des Soc. Groupe ERAP*, 26, 16-41.
- GOLDBERG, E.D., MINORU KOIDE, GRIFFIN, J.J., et PETERSON M.N.A. (1963): *A Geochronological and Sedimentary Profile Across the North Atlantic Ocean*. *Isotop. Cosmic Chemistry, North Holl. Public.* Amsterdam, 211-232.
- GOLDBERG, E.D., et GRIFFIN, J.J. (1964): *Sedimentation Rates and Mineralogy in the South Atlantic*. *Somm. Geogr. Res.* 69/20, 4293-4309.
- GRIFFIN, J.J., WINDOM, H., et GOLDBERG, E.D. (1968): *The Distribution of Clay Minerals in the World Ocean*. *Deep Sea Research* 15/4, 433-459.
- KANE, J. (1956): *North Atlantic Planktonic Foraminifera as Pleistocene Temperature Indicators*. *Micropaleontology* 2/3, 287-293.

- LUCAS, J. (1962): *La transformation des minéraux argileux dans la sédimentation. Etudes sur les argiles du Trias*. Mém. Serv. Carte géol. Abs-Lour 23, 202 p.
- MILLOT, G. (1964): *Géologie des argiles*. Masson Edit.-Paris, 499 p.
- OLAUSSON, E. (1969): *Le climat au Pleistocène et la circulation des océans*. Rev. Géogr. Phys. et géol. dyn. (2), XI/3, 251–264.
- PHLEGER, F.B., et HAMILTON, W.A. (1946): *Foraminifera of Two Submarine Cores from the North Atlantic Basin*. Geol. Soc. Am. Bull. 57, 951–966.
- RATEEV, M.A., CORBUNOVA, Z.N., LISITZIN, A.P., et NOSOV, G.I. (1968): *Climatic Zonality of the Argillaceous Minerals in the World Ocean Sediments*. Okeanology, SSSR 18, 282–311.
- ROTSCHY, F., VERGNAUD-GRAZZINI, C., BELLAICHE, C., et CHAMLEY, H. (à l'impression): *Etude paléoclimatologique d'une carotte prélevée sur un dôme de la plaine abyssale ligure («Structure Alinat»)*. Paleogeogr., climat., ecolog.
- SCHOTT, W. (1966): *Foraminiferenfauna und Stratigraphie der Tiefseesedimente im Nordatlantischen Ozean*. Rep. Swed. Deep-Sea Exp. VII/8, 357–469.

