

Analyses K-Ar, Rb-Sr et minéralogiques des fractions argileuses de sédiments quaternaires, Atlantique N-E : résultats préliminaires

Autor(en): **Huon, Sylvain / Jantschik, Rüdiger / Kübler, Bernard**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen
= Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie**

Band (Jahr): **71 (1991)**

Heft 2

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-54362>

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.

Analyses K–Ar, Rb–Sr et minéralogiques des fractions argileuses de sédiments quaternaires, Atlantique N-E: Résultats préliminaires*

by Sylvain Huon^{1,2}, Rüdiger Jantschik¹, Bernard Kübler¹ et Denis Fontignie²

Abstract

In the Westeuropean Basin, (Northeast Atlantic), at 47° N and 20° W, interglacial sedimentation results in foraminiferal ooze (FO) with calcite contents up to 90%. In glacial periods, diamicton (DI) is deposited with carbonate amounts down to 10%. The non-carbonate clay fraction mainly consists of phyllosilicates as mica, chlorite, smectite and kaolinite. During cold climatic phases, the amount of quartz, K-feldspar, plagioclase and amphibole increases. Apparent K–Ar ages of FO and DI (< 2 µm fraction) range between 370 and 500 Ma. Potential sources of detrital supply are the caledonian-precambrian terrains of Canada, Greenland and Scandinavia. In four cemented marl horizons (CM) apparent K–Ar ages of 844 to 972 Ma were obtained, indicating increasing inputs of older rock sources. Layers of CM correspond to four of eleven phases of enhanced ice-rafting in the last 130,000 years (HEINRICH, 1988). These events occur every 11,000 ± 1000 years and correspond with a half precessional cycle. In CM smectite and kaolinite contents strongly decrease, whereas quartz, feldspar and amphibole amounts increase. ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr ratios vary between 0.724 and 0.742. Lower Sr-isotope ratios are measured in the FO (≈ 0.727). General variations of bulk mineralogy and clay mineral associations give information of paleoclimatic and paleoceanographic conditions. Furthermore K–Ar ages allow to determine potential sources of terrigenous detrital material and support reconstructions of paleocurrent patterns.

Keywords: Clay minerals, K–Ar dating, Sr-isotopes, deep-sea sediments, Northeast Atlantic, paleoclimate.

Résumé

Dans le Bassin ouest-européen (Atlantique N-E) à 47° N et 20° W, les sédiments interglaciaires sont formés de «foraminiferal ooze» (FO) à 90% de calcite. Dans les sédiments des époques glaciaires, la concentration en calcite tombe jusqu'à 10%. La fraction argileuse non carbonatée est principalement composée de phyllosilicates, mica, chlorite, smectite et kaolinite. En période froide, les quantités de quartz, feldspath potassique, plagioclase et amphibole augmentent. Les âges apparents K–Ar des fractions fines varient entre 370 et 500 Ma. La source des minéraux est à rechercher dans les terrains calédoniens et précambriens du Canada, du Groenland ou de Scandinavie. Dans les horizons cemented marl (CM), les âges sont très différents, (de 844 à 972 Ma), indiquant des sources de minéraux beaucoup plus anciennes. Ces horizons se sont déposés tous les 11 000 ± 1000 ans. Cette périodicité correspond à une demi-période de précession, selon HEINRICH (1988). Dans le CM, la smectite et la kaolinite ont presque disparu, alors que les minéraux tels que l'amphibole et les feldspaths deviennent beaucoup plus importants. Les rapports ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr varient entre 0.724 et 0.742, témoignant de la diversité des sources et des mélanges. Les valeurs les plus basses sont mesurées dans le FO (≈ 0.727). Les variations de la composition minéralogique globale et des fractions fines non carbonatées sont très significatives des changements climatiques et des paléoenvironnements océaniques. Avec ces résultats isotopiques les sources les plus probables sont identifiées, permettant ainsi de préciser les changements temporels de courants océaniques.

* Résumé élargi de la contribution présentée à l'assemblée annuelle de la SSMP, Genève, 4 et 5 octobre 1990.

¹ Institut de Géologie, 11, rue Emile-Argand, CH-2007 Neuchâtel.

² Département de Minéralogie, 13, rue des Maraîchers, CH-1211 Genève 4.

1. Introduction

Dans l'Atlantique N-E, de 60 000 ans à nos jours, la dernière période glaciaire («isotope stages» 2 et 3) et la période plus chaude de l'Holocène ont une signature minéralogique très différente. Dans les périodes chaudes, les carbonates biogéniques dominent les minéraux terrigènes détritiques; en période froide, c'est le contraire. Que le climat soit chaud ou froid, la sédimentation normale est interrompue par des phases caractérisées par une forte augmentation des apports détritiques par des icebergs. La périodicité de ces phases est de $11\,000 \pm 1\,000$ ans, c'est-à-dire une demi-précession (HEINRICH, 1988).

L'analyse minéralogique et isotopique de la fraction silicatée permet de mieux estimer les sources du matériel détritique, de proposer une reconstruction des trajectoires de ce matériel et de la variation des courants en fonction des variations climatiques. Le site étudié, situé dans le Bassin ouest-européen à 47° N et 20° W, est, par sa latitude moyenne, bien adapté aux changements de sédimentation (fig. 1). Il présente une topographie accidentée avec une profondeur variant entre 3900 et 4600 m de profondeur.

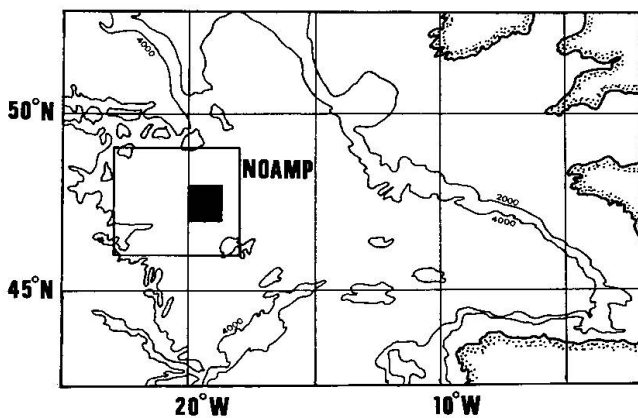


Fig. 1 Position du site NOAMP dans le Bassin ouest-européen. Le cadre noir correspond à la région étudiée. Profondeur en mètres.

2. Matériel et méthodes

Des dix-sept carottes collectées entre 1984 et 1988 dans le cadre du projet NOAMP (Nord-Ost-Atlantisches-Monitoring-Programm, JANTSCHIK et LOHOFF, 1987), la carotte ME-68-89, provenant d'une profondeur de 4260 m, a été choisie pour l'analyse minéralogique, géochimique et isotopique. Les analyses minéralogiques ont été effectuées sur les fractions fines ($< 2\ \mu\text{m}$), isolées du sédiment après décarbonatation. L'analyse par diffraction X (PHILIPS, Cu-K α , 20 mA, 40 kV)

utilise des préparations orientées, séchées à l'air puis après saturées à l'éthylène-glycol (fig. 2). Pour les phyllosilicates, les résultats sont présentés selon la méthode de calcul semi-quantitative de BISCAYE (1965).

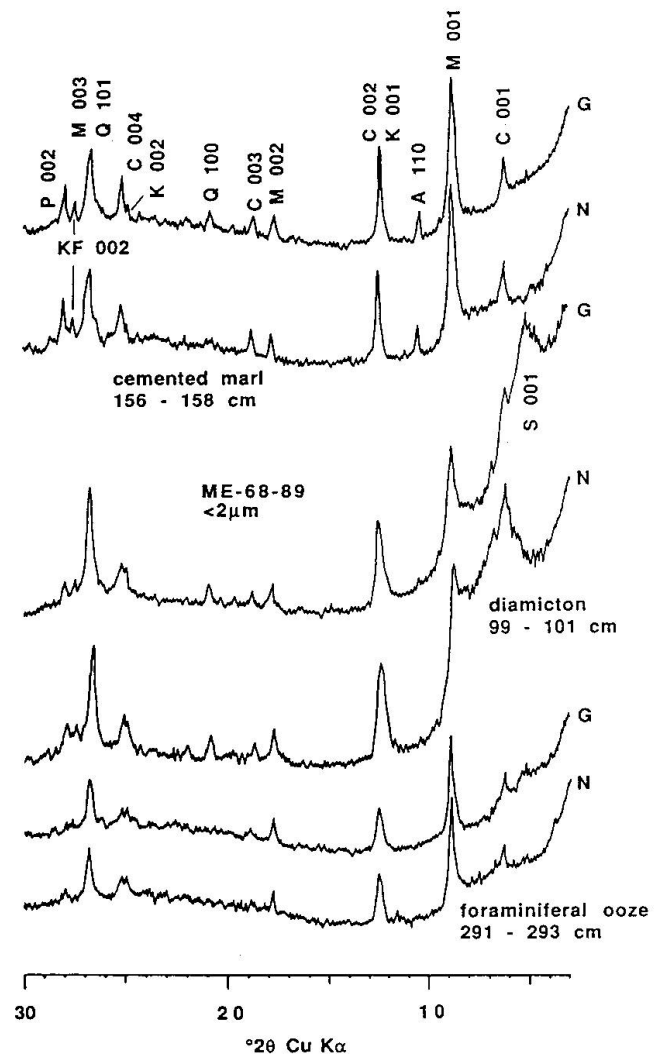


Fig. 2 Diffractogrammes de la fraction $< 2\ \mu\text{m}$ (N = normal, G = glycolé) représentatifs des trois types de sédiments observés (foraminiferal ooze, diamicton, cemented marl). S = smectite, C = chlorite, M = mica, K = kaolinite, Q = quartz, KF = feldspath potassique, P = plagioclase, A = amphibole.

Les rapports isotopiques K-Ar et $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ont été déterminés pour 15 échantillons. Les âges K-Ar sont mesurés sur les fractions argileuses $< 2\ \mu\text{m}$ selon la technique habituelle (DALRYMPLE et LANPHERE, 1969; HUNZIKER, 1979; FONTIGNIE, 1982). La teneur en potassium est déterminée par spectrophotométrie de flamme et les rapports isotopiques de l'argon par spectrométrie de masse (AEI MS10S). Le strontium des échantillons a été

concentré par chromatographie sur colonne. Les rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ont été mesurés par spectrométrie de masse (Finnigan MAT 261).

3. Etude minéralogique

On trouve dans la carotte ME-68-89 une séquence sédimentaire complète débutant vers 150 000 ans environ. Trois types de sédiments ont été observés:

a) le «foraminiferal ooze» (FO), contenant jusqu'à plus de 90% de carbonates, qui est un sédiment typique des périodes interglaciaires;

b) le «diamicton» (DI) qui est un sédiment pauvre en carbonates (jusqu'à moins de 10%) et riche en minéraux terrigènes, caractéristique de périodes glaciaires;

c) les marnes cimentées («cemented marls», CM I-IV) formant quatre horizons, dont trois dans les sédiments de la dernière glaciation et le dernier à la limite Pleistocène-Holocène (fig. 3).

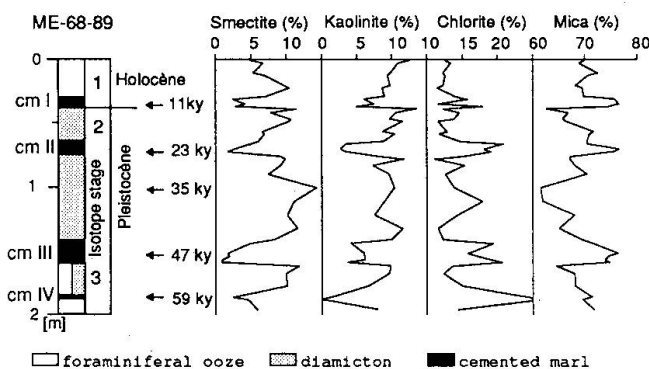


Fig. 3 Distribution (pourcentages relatifs) de la smectite, la chlorite, la kaolinite et le mica pour la fraction $< 2 \mu\text{m}$ dans la partie supérieure de la carotte ME-68-89. Les pourcentages sont calculés selon la méthode de BISCAYE (1965). L'âge du sédiment est tiré de HEINRICH (1988) et exprimé en ky (= 1000 ans).

Dans ces marnes, la teneur en carbonates varie entre 25 et 45% et est constituée en majorité de dolomite authigène, identifiée au microscope électronique. Cette néoformation entraîne une diminution de la porosité du sédiment. D'autre part on observe jusqu'à plus de 60% de grains détritiques silicatés. Les CM, qui ont pu être corrélées d'une carotte à l'autre, correspondent à des maxima d'apport détritique par des icebergs (HEINRICH, 1988).

Les principaux minéraux contenus dans la fraction $< 2 \mu\text{m}$ sont des phyllosilicates de type smectite, kaolinite, chlorite et mica blanc. Les interstratifiés sont très peu abondants. On observe en outre du quartz, des plagioclases, du feldspath potassique et de l'amphibole. Ces minéraux peuvent être transportés soit par des courants océaniques de surface

ou de fond, soit par des flux éoliens ou soit directement par des icebergs. La composition minéralogique est caractéristique des assemblages de minéraux détritiques observés dans l'Atlantique N-E (BISCAYE, 1965; GRIFFIN et al., 1968). Les chlorites et les micas sont des produits typiques de l'érosion, sous climat froid, dans les latitudes élevées (SINGER, 1984). La kaolinite se rencontre plutôt dans les profils d'altération des régions chaudes et humides (CHAMLEY, 1989), et constitue donc un indicateur de sources de minéraux détritiques provenant des latitudes moyennes à tropicales. Dans cette partie de l'Atlantique N-E, la smectite peut être issue de l'altération des roches volcaniques d'Islande (GROUSSET et CHESSELET, 1986). Le transport préférentiel vers le sud s'effectue alors par les courants océaniques profonds associé au NADW (North Atlantic Deep Water).

Les diffractogrammes représentatifs des trois types de sédiments précités sont présentés sur la figure 2. Dans les CM, la kaolinite et la smectite sont peu abondantes et même souvent absentes. Par contre, le mica, la chlorite, le quartz, les feldspaths et l'amphibole sont les minéraux les plus abondants. On trouve dans les DI (dernière glaciation) une association minéralogique comparable, mais dans laquelle la smectite et la kaolinite deviennent des constituants majeurs alors que la teneur en amphibole décroît. Les phyllosilicates dominent dans les FO mais les intensités des pics de diffraction sont généralement plus faibles. On a reporté dans la figure 3 les pourcentages relatifs en phyllosilicates en fonction de la profondeur. Les minéraux les plus abondants, sont les micas (60-80%). Les teneurs en smectite et kaolinite sont inférieures à 15% (FO et DI) et deviennent négligeables dans les CM. Celles de la chlorite atteignent 10 à 25% avec des valeurs maximales dans les CM. Ces variations se retrouvent aussi dans la répartition des minéraux en grains (fig. 4). La te-

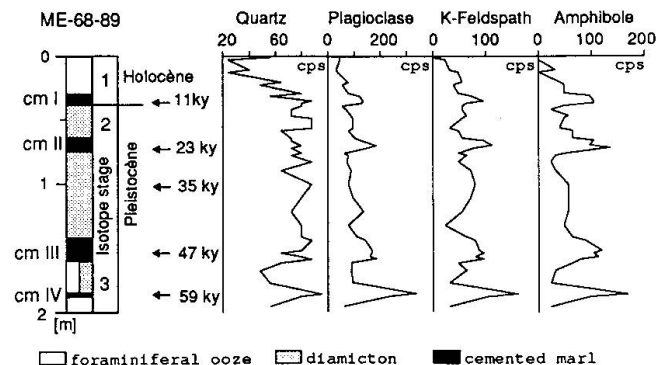


Fig. 4 Répartition du quartz, des feldspaths et de l'amphibole dans la carotte ME-68-89 (partie supérieure) pour la fraction $< 2 \mu\text{m}$. Les intensités brutes sont indiquées en coups par seconde (= cps). L'âge du sédiment est tiré de HEINRICH (1988) et exprimé en ky (= 1000 ans).

neur en quartz ne présente pas de variation significative, sauf pour la période Holocène. Dans les horizons CM I-IV, où les débris glaciaires sont les plus abondants, on observe aussi des concentrations importantes en plagioclase, en feldspath potassique et en amphibole. Ces maxima correspondent aux âges K-Ar les plus élevés obtenus sur cette carotte (fig. 5).

4. Etude isotopique

Les âges apparents K-Ar mesurés pour les fractions argileuses < 2 μm varient entre 369 et 496 ± 8 Ma (tab. 1). Ils sont indépendants du type de sédiment étudié, aussi bien pour les niveaux FO que DI. La composition des apports détritiques, ainsi que les conditions de mélange dans le milieu marin, semblent relativement constantes pendant les différentes périodes climatiques (fig. 5). Les âges indiquent des sources détritiques situées sur des terrains calédoniens et précambriens affleurant sur les continents des hautes latitudes (Amérique du Nord, Groenland, Scandinavie). Par contre, les valeurs K-Ar augmentent très nettement dans les niveaux de marnes cimentées (CM I-IV) jusque vers 800-990 Ma (fig. 5). Elles traduisent alors un enrichissement notable des fractions argileuses en matériel détritique plus ancien. L'augmentation de la contribution, provenant de l'érosion de roches précambriennes, correspond assez bien à un mécanisme de transport glaciaire (icebergs, banquise), car les terrains les plus anciens sont aussi situés aux latitudes élevées (Bouclier canadien, Groenland).

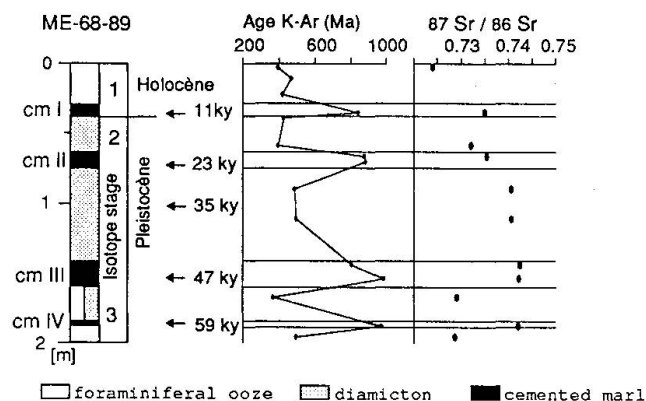


Fig. 5 Distribution des âges K-Ar et des rapports $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ du résidu insoluble de la fraction < 2 μm (carotte ME-68-89, partie supérieure). L'âge du sédiment est tiré de HEINRICH (1988) et exprimé en ky (= 1000 ans).

L'influence de sources de minéraux d'origine volcanique plus récente (Islande) est difficile à mettre en évidence par la méthode K-Ar car la contribution en argon radiogénique ^{40}Ar des roches jeunes devient négligeable (JANTSCHIK et HUON, en préparation).

Les rapports isotopiques $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ mesurés pour ces mêmes fractions, sont élevés et varient entre 0.724 et 0.742 (tab. 1). Aucune variation apparente n'a pu être établie avec les types de sédiment DI et CM ce qui traduit la diversité des sources et des compositions isotopiques possibles. Les rapports les moins différenciés (≈ 0.727) sont mesurés dans les trois échantillons du sédiment FO. Ces derniers rapports indiquent probablement une influence

Tab. 1 Analyses K-Ar et $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ pour la fraction < 2 μm dans la partie supérieure de la carotte ME-68-89.

Profondeur (cm)	Type de sédiment	Age K-Ar [Ma] (1) \pm 2 s	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (2) \pm 2 s
3	foraminiferal ooze	395 \pm 8	0.724087 \pm 8
11	foraminiferal ooze	469 \pm 9	
22	foraminiferal ooze	418 \pm 8	
35	cemented marl I	844 \pm 14	0.735069 \pm 8
39.5	diamicton	427 \pm 8	
59	diamicton	395 \pm 8	0.732130 \pm 8
66	cemented marl II	879 \pm 15	0.735457 \pm 14
70	cemented marl II	887 \pm 15	
90	diamicton	485 \pm 9	0.740629 \pm 31
111	diamicton	496 \pm 9	0.740683 \pm 12
144	cemented marl III	809 \pm 14	0.742485 \pm 10
154	cemented marl III	990 \pm 16	0.742217 \pm 18
168	diamicton/for. ooze	369 \pm 7	0.729144 \pm 10
188	cemented marl IV	972 \pm 17	0.742053 \pm 18
196	foraminiferal ooze	493 \pm 9	0.728741 \pm 9

(1) écart-type (2) écart-type (dernières décimales)

plus marquée du matériel détritique, plus jeune et moins différencié, en provenance d'Islande (GROUSSET et CHESSELET, 1986). Il faut aussi noter que ces estimations sont compliquées car la teneur en ^{87}Sr radiogénique est élevée (âges K–Ar des mélanges entre 400 et 1000 Ma environ). Un modèle de mélange isotopique faisant intervenir d'autres données géochimiques est actuellement en préparation, afin de mieux caractériser les termes extrêmes des mélanges: roches volcaniques jeunes et peu différenciées et roches granitiques vieilles et plus différenciées.

5. Discussion et conclusion

Pendant les périodes de sédimentation détritique (FO et DI), il n'existe pas de différence qualitative de composition minéralogique dans la fraction argileuse. Seule la quantité de matériel terrigène varie de manière significative. Les analyses isotopiques K–Ar indiquent que les conditions de mélange des minéraux d'origines différentes sont presque constantes avec des âges apparents entre 370 et 500 Ma environ. Les sources les plus probables sont les terrains situés dans les hautes latitudes (Amérique du Nord, Groenland, Islande). Pendant les périodes «chaudes» (p. ex. Holocène/FO), les apports détritiques sont surtout dépendants de la circulation océanique et des flux éoliens. Pendant les périodes «froides» (DI), un apport supplémentaire est fourni par les icebergs provenant des régions arctiques. Un traitement plus détaillé des données isotopiques du strontium (actuellement en cours) devrait nous permettre de mieux caractériser les termes extrêmes des mélanges de minéraux détritiques, notamment du matériel d'âge plus récent sous-estimé par l'analyse K–Ar.

Les événements correspondant à la formation des CM sont liés à des changements de climat très brusques, responsables de la modification des trajectoires des courants océaniques dans l'Atlantique Nord. Pendant le «Younger Dryas» (CM, horizon I, vers 11 ky), on constate une forte diminution, voire la disparition, de la formation d'eau profonde dans la mer de Norvège, liée à la présence d'une couche superficielle d'eau de fonte des glaciers (WILLIAMS et FILLON, 1986; BROECKER et DENTON, 1989). On rapporte aussi à cette époque, la présence d'horizons avec diagenèse précoce de silicates dans la mer de Norvège et dans l'Atlantique Est au large des côtes africaines (KASSENS et SARNTHEIN, 1989). Les faibles teneurs en smectites dans les CM peuvent être expliquées par l'interruption de la circulation de l'eau profonde en provenance d'Islande. Parallèlement, les apports par des icebergs venant du N-O augmentent. Ceux-ci sont res-

ponsables de l'importance de la quantité de matériel précambrien (Bouclier canadien, Groenland). Ces observations sont confirmées par les trajectoires des icebergs pendant les périodes glaciaires décrits par RUDDIMAN (1977). L'absence de minéraux «jeunes» originaires d'Islande et l'augmentation de la contribution en minéraux «vieux» provenant des terrains précambriens expliquent les âges plus élevés mesurés dans les fractions argileuses des mar- nes cimentées (CM).

L'utilisation de méthodes minéralogiques et isotopiques (K–Ar, Rb–Sr) dans l'étude des sédiments océaniques peut donc fournir des éléments-clés pour l'interprétation des mécanismes océanographiques et paléoclimatiques.

Remerciements

Nous tenons à remercier le Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique, qui a soutenu financièrement ces projets, requêtes No 2.338-0.86 (S. Huon) et 20-26 243.89 (R. Jantschik). Nos remerciements vont aussi à M^{me} M. Senn et M^{lle} D. Yu de L'Université de Genève pour le travail effectué au laboratoire. Nous remercions M. le Prof. D. Meischner (Göttingen) pour avoir mis à disposition tous les échantillons qui ont fait l'objet de ce travail, toute l'équipe du NO «METEOR» et plus particulièrement R. Lohoff, H. Rumpel (Göttingen) et H. Heinrich (Hamburg).

Références

- BISCAYE, P.E. (1965): Mineralogy and Sedimentation of Recent Deep-Sea Clay in the Atlantic Ocean and Adjacent Seas and Oceans. *Geol. Soc. Am. Bull.* 76, 803–832.
- BROECKER, W.S. et DENTON, G.H. (1989): The role of ocean-atmosphere reorganizations in glacial cycles. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 53, 2465–2501.
- CHAMLEY, H. (1989): *Clay sedimentology*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 623 pp.
- DALRYMPLE, G.B. et LANPHERE, M.A. (1969): Potassium-argon dating. W.H. Freeman, San Francisco, 258 pp.
- FONTIGNIE, D. (1982): *Méthodologie K–Ar*. Rapport interne, Département de Minéralogie, Université de Genève, 164 pp.
- GRIFFIN, J.J., WINDOM, H. et GOLDBERG, E.D. (1968): The distribution of clay minerals in the world ocean. *Deep-Sea Res.* 15, 433–459.
- GROUSSET, F.E. et CHESSELET, R. (1986): The Holocene sedimentary regime in the northern Mid-Atlantic ridge region. *Earth Planet. Sci. Lett.* 78, 271–287.
- HEINRICH, H. (1988): Origin and consequences of Cyclic Ice Rafting in the Northeast Atlantic Ocean during the Past 130,000 Years. *Quaternary Res.* 29, 142–152.
- HUNZIKER, J.C. (1979): Potassium Argon Dating. JÄGER, E. et HUNZIKER, J.C. eds, *Lectures in Isotope Geology*, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 52–76.
- JANTSCHIK, R. et LOHOFF, R. (1987): Sedimentation im Westeuropäischen Becken, Nordostatlantik, bei 47° 05' bis 47° 30' N, 19° 00' bis 20° 00' W. *Diplomarb.*, Universität Göttingen, 150 pp.

- JANTSCHIK, R. et HUON, S. : The record of Late Quaternary glacial-interglacial changes in deep-sea sediments from the Northeast Atlantic Ocean by mineralogical and K-Ar isotopic analyses (in prep.).
- KASSENS, H. et SARNTHEIN, M. (1989): A link between paleoceanography, early diagenetic cementation, and shear strength maxima in Late Quaternary deep-sea sediments? *Paleoceanography* 4, 253-269.
- RUDDIMAN, W.F. (1977): Late Quaternary deposition of ice-rafted sand in the subpolar North Atlantic (lat 40° to 65° N). *Geol. Soc. Am. Bull.* 88, 1813-1827.
- SINGER, A. (1984): The Paleoclimatic Interpretation of Clay Minerals in Sediments – a Review. *Earth-Science Reviews* 21, 251-293.
- WILLIAMS, D.F. et FILLON, R.H. (1986): Meltwater influences and paleocirculation changes in the North Atlantic during the last glacial termination. SUMMERHAYES, C.P. et SHACKLETON, N.J., eds, *North Atlantic Paleoceanography*, *Geol. Soc. Spec. Publ.* 21, 175-180.

Manuscript accepté le 11 mars 1991.