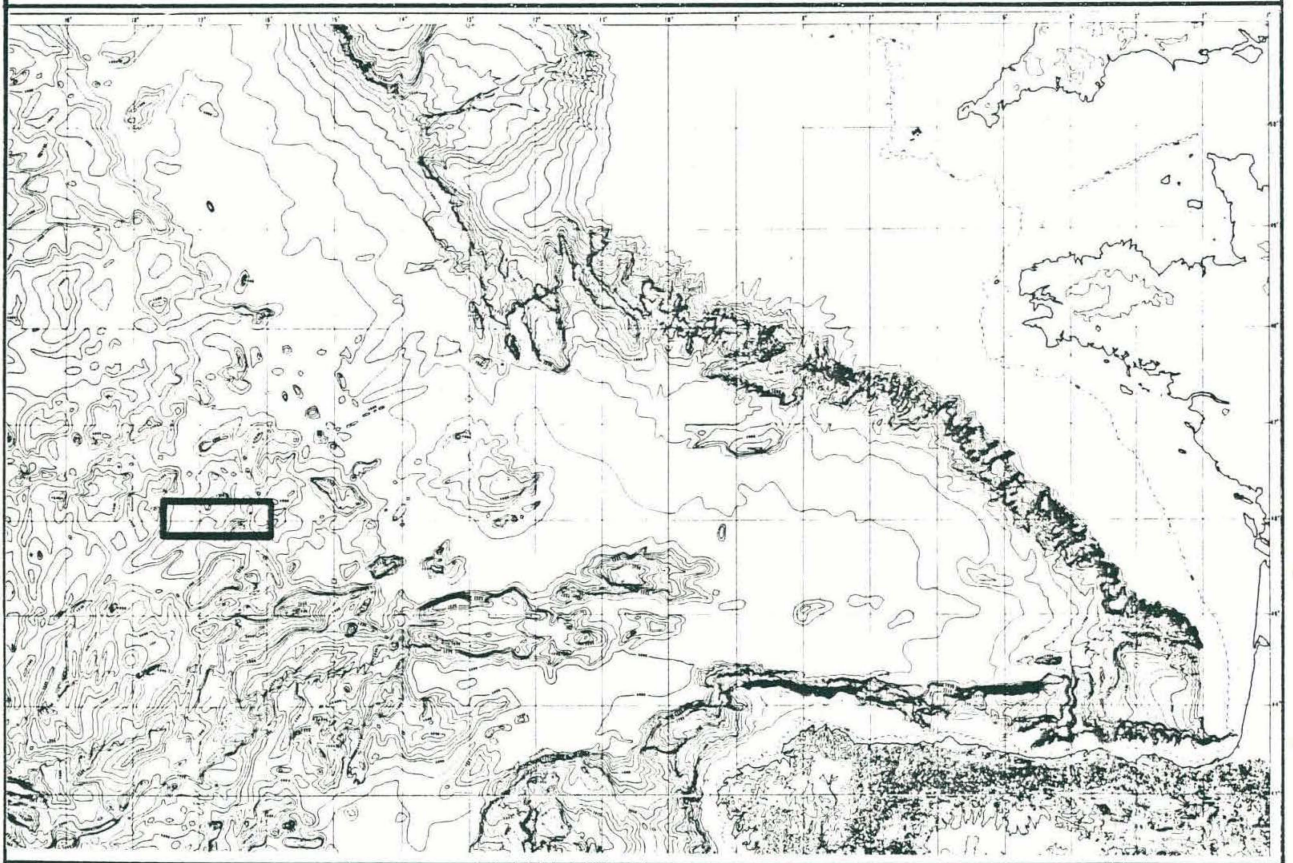


# DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT ET DES RECHERCHES OCEANIQUES

GEOSCIENCES MARINES

ETUDE LITHOSTRATIGRAPHIQUE DES CAROTTES  
SEDIMENTAIRES PRELEVEES DANS LA ZONE  
D'IMMERSION DES DECHETS RADIOACTIFS DE  
L'ATLANTIQUE NORD-EST (ZONE AEN)

- Intérêt pour la prévision des impacts -



*René KERBRAT - Mémoire - Déc. 1989 -*



DERO - GM89-15

INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER

Centre de BREST  
B.P. 70  
29280 PLOUZANE

DIRECTION : Direction de l'Environnement et des  
Recherches Océaniques

DEPARTEMENT : Géosciences Marines

|  |               |  |
|--|---------------|--|
| AUTEURS : René KERBRAT   |               | CODE :<br>DERO-GM 89-15  |
| TITRE : ETUDE LITHOSTRATIGRAPHIQUE DES CAROTTES<br>PRÉLEVÉES DANS LA ZONE D'IMMERSION DES<br>DÉCHETS RADIOACTIFS DE L'ATLANTIQUE<br>NORD EST (ZONE AEN)<br>- Intérêt pour la prévision des impacts - |               | date : DEC. 1989   |
|  |               | tirage nb : 20   |
|  |               | Nb pages : 132<br>Nb figures :<br>Nb photos : 15   |
| CONTRAT :<br>N°:   | M E M O I R E | DIFFUSION :<br>libre <input checked="" type="checkbox"/><br>restreinte <input type="checkbox"/><br>confidentielle <input type="checkbox"/> |

RESUME :

Divers pays de la C.E.E. ont procédé à l'immersion de déchets radioactifs de faible activité dans une zone de l'Atlantique Nord Est. Dans le cadre d'un programme de recherche et de surveillance mené dans un but d'évaluation de la zone, des carottes sédimentaires ont été prélevées. L'étude lithostratigraphique de ces carottes met en évidence des processus sédimentaires différenciés selon la topographie, en particulier l'existence de phénomènes gravitaires. L'enregistrement dans les carottes du climat passé, notamment de périodes d'intense dissolution des carbonates, apporte des éléments nouveaux pour un modèle prévisionnel d'évolution des déchets.

MOTS CLES : Atlantique Nord Est, Déchets radioactifs, Sédiment,  
Pleistocène, Paléoclimat.

KEY WORDS :

© INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE POUR L'EXPLOITATION DE LA MER



## **MEMOIRE**

**Sujet : Etude lithostratigraphique des carottes sédimentaires  
prélevées dans la zone d'immersion des déchets  
radioactifs de l'Atlantique Nord-Est-  
- Intérêt pour la prévision des impacts -**

**Présenté devant le jury, au siège de l'IFREMER  
le 11 décembre 1989**

**René KERBRAT**

*Au terme de ce travail, je tiens à remercier les collègues du Département DERO/GM et DERO/EP qui m'ont communiqué des informations et tout particulièrement :*

- . Gérard Auffret qui m'a prodigué ses conseils tout au long de l'étude et relu le manuscrit*
- . Carla Müller (Consultante) qui a établi la stratigraphie des nannofossiles*
- . Serge Monti pour avoir mis à ma disposition la nouvelle carte bathymétrique de la zone et Philippe Crassous qui m'a initié au microscope électronique à balayage*
- . Marie Michelle Pédel qui a assuré la frappe du mémoire.*

# PLAN

## INTRODUCTION

## PREMIERE PARTIE

p 1

### La zone d'immersion des déchets radioactifs de l'Atlantique Nord-Est (Zone AEN)

#### 1 HISTORIQUE DE L'IMMERSION ET NATURE DES DECHETS

p 3

##### 1.1 Historique

p 3

##### 1.2 Nature et origine des déchets

p 3

##### 1.3 Composition isotopique et durée de vie

p 5

##### 1.4 Conditionnement

p 6

#### 2 LE PROGRAMME DE RECHERCHE ET DE SURVEILLANCE CRESP

p 6

#### 3 ETAT DES CONNAISSANCES SUR LE CADRE MORPHO-TURAL DE LA ZONE AEN

p 8

##### 3.1 Historique des campagnes

p 8

##### 3.2 Cadre morphosédimentaire

p 12

##### 3.2.1 Morphologie

##### 3.2.2 Profils sondeur de sédiment (3,5 Khz)

##### 3.2.3 Prélèvements

##### 3.3 Hydrologie

p 18

## DEUXIEME PARTIE

### Analyses des carottes

#### Chapitre 1 : Techniques et méthodes

p 24

#### 1 TECHNIQUES DE PRELEVEMENTS EN MER

p 24

##### Le carottier "KULLENBERG"

|  |      |
|--|------|
| <b>2 METHODES D'ETUDE LITHOLOGIQUE</b>   | p 26 |
| 2.1 Gammadensimétrie   | p 26 |
| 2.2 Ouverture et description visuelle de la carotte  | p 27 |
| a) Détermination de la couleur   |      |
| b) Description de la texture et des figures sédimentaires  |      |
| 2.3 Analyse des échantillons   | p 28 |
| 2.3.1 Teneur en eau  |      |
| 2.3.2 Analyse de la fraction grossière   |      |
| 2.3.3 Dosage du carbonate de calcium   |      |
| 2.3.4 Examen des frottis   |      |
| 2.4 Nomenclature des types lithologiques   | p 32 |
| 2.5 Définition des unités lithologiques  |      |
| <b>3 METHODE D'ETUDE STRATIGRAPHIQUE</b>   | p 34 |
| 3.1 Détermination des zones stratigraphiques "Nannozones"  | p 34 |
| 3.2 Chronologie du Quaternaire supérieur   | p 34 |
| 3.3 Indicateurs de paléoenvironnement  | p 38 |
| <b><u>Chapitre 2 :</u> Résultats de l'étude lithostratigraphique :<br/>Caractérisation des sédiments</b> | p 40 |
| <b>1 ZONE DE LA VALLEE OCCIDENTALE</b>   | p 43 |
| 1.1 Carotte KS01   | p 43 |
| - Unités lithologiques   |      |
| - Stratigraphie  |      |
| - Logs synthétiques  |      |
| 1.2 Carotte KS02   | p 54 |
| - Unités lithologiques   |      |
| - Stratigraphie  |      |
| - Logs synthétiques  |      |
| <b>2 ZONE DES COLLINES CENTRALES</b>   | p 62 |
| 2.1 Carotte KS03   | p 62 |
| - Unités lithologiques   |      |
| - Stratigraphie  |      |
| - Logs synthétiques  |      |

|     |                                  |      |
|-----|----------------------------------|------|
| 2.2 | Carotte KS04                     | p 72 |
|     | - Unités lithologiques           |      |
|     | - Stratigraphie                  |      |
|     | - Logs synthétiques              |      |
| 3   | <b>ZONE DE LA FOSSE CENTRALE</b> | p 80 |
| 3.1 | Carotte KS07                     | p 80 |
|     | - Unités lithologiques           |      |
|     | - Stratigraphie                  |      |
|     | - Logs synthétiques              |      |
| 3.2 | Carotte KS08                     | p 87 |
|     | - Unités lithologiques           |      |
|     | - Stratigraphie                  |      |
|     | - Logs synthétiques              |      |

## **TROISIEME PARTIE**

### **Interprétation**

|   |  |       |
|---|--|-------|
| 1 | <b>IDENTIFICATION DES PROCESSUS DE SEDIMENTATION<br/>AU COURS DU QUATERNAIRE SUPERIEUR</b> | p 97  |
| 2 | <b>TAUX DE SEDIMENTATION</b>   | p 101 |
|   | <b>CONCLUSIONS</b>   | p 105 |
|   | <b>BIBLIOGRAPHIE</b>   | p 107 |
|   | <b>ANNEXE 1 :</b>  | p 111 |

### **Présentation du logiciel d'exploitation des carottes sédimentaires : LOGSATE**

|   |                                   |       |
|---|-----------------------------------|-------|
| 1 | <b>INITIATION</b>                 | p 113 |
| 2 | <b>ENVIRONNEMENT INFORMATIQUE</b> | p 113 |

|   |       |
|---|-------|
| <b>3 SPECIFICATIONS</b>   | p 115 |
| 3.1 Nature des données et résolution  |       |
| 3.2 Types de paramètres   |       |
| <b>4 FONCTIONS</b>  | p 117 |
| 4.1 Saisie des données  |       |
| 4.2 Traitements   | p 119 |
| 4.2.1 Calculs statistiques  |       |
| 4.2.2 Corrélations  |       |
| 4.2.3 Détermination d'épaisseur de couches  |       |
| 4.2.4 Détermination de coupures lithologiques par la méthode de la "moyenne mobile" |       |
| 4.3 Création de fichiers dérivés  | p 123 |
| 4.4 Edition   | p 125 |
| 4.4.1 Les tableaux de données   |       |
| 4.4.2 Les profils   |       |
| 4.4.3 Les fiches lithologiques synthétiques   |       |
| 4.4.4 Les fiches tableaux   |       |
| 4.4.5 Les coupures lithologiques  |       |
| 4.5 Les utilitaires   | p 127 |
| 4.5.1 Récapitulatif   |       |
| 4.5.2 Légende lithologique  |       |
| 4.5.3 Edition de bibliothèques  |       |

## **ANNEXE 2**

Textes relatifs aux missions de l'OCDE et de l'AEN.



## INTRODUCTION

A partir des années 50, divers pays de la Communauté Economique Européenne ont décidé de procéder à l'immersion de leurs déchets nucléaires de faible radioactivité dans les fonds marins. La majeure partie a été immergée dans une zone choisie dans l'Atlantique Nord Est, suffisamment éloignée des côtes et identifiée comme une fosse. Le concept paraissant avoir guidé ce choix était de disposer d'un modèle "clos", c'est-à-dire une zone très profonde (fosse abyssale) d'étendue aussi réduite que possible, devant permettre le confinement des produits de désintégration.

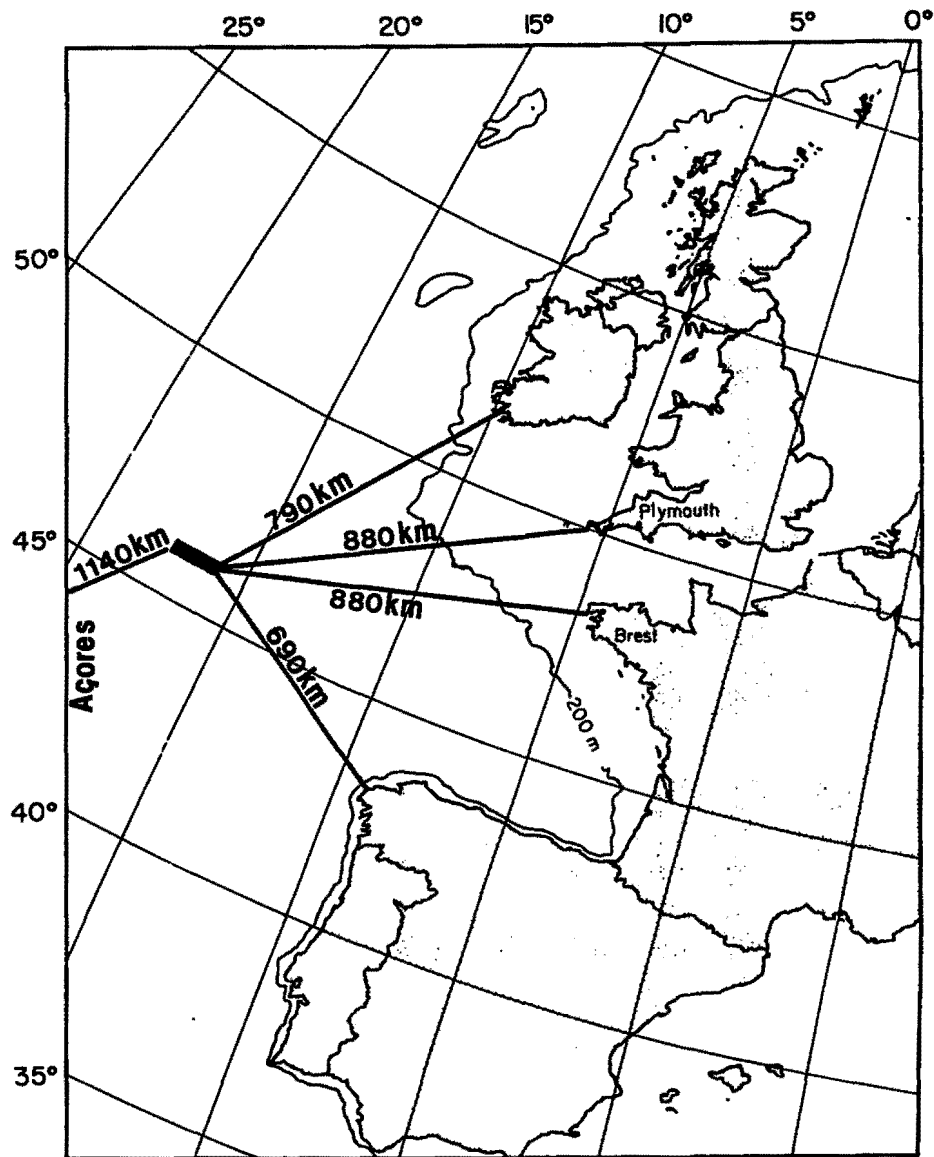
Au cours des années 60 et 70, le développement des connaissances dans le domaine de l'océanographie, notamment dans celui de la circulation profonde, a fait apparaître que les risques d'un retour vers l'homme des radionucléides devaient être évalués. C'est dans ce contexte que le programme scientifique pluridisciplinaire de recherche et de surveillance de la zone (CRESP : Coordinated Research Environmental Surveillance Program) a été établi en 1979 sous l'égide de l'Agence pour l'Energie Nucléaire (AEN), avec pour objectif de faire le bilan des connaissances océanographiques et d'évaluer les impacts actuels ou prévisibles.

L'IFREMER et le Commissariat à l'Energie Atomique, liés par un protocole d'accord, y ont collaboré en menant diverses campagnes sur le site depuis 1983. Au cours de la dernière campagne EPICEA 2 (1988) du navire océanographique Jean CHARCOT, la cartographie de la zone a été établie et huit carottes sédimentaires ont été prélevées. L'étude lithostratigraphique de ces carottes, sujet de ce mémoire, doit nous permettre de caractériser la nature des sédiments superficiels et nous fournir des informations pour l'identification des processus sédimentaires prévalant ou ayant prévalu dans la zone. En outre, les résultats de l'étude des sédiments peuvent nous servir pour la prévision de l'évolution future des déchets, dont certains composants ont une durée de vie de plusieurs milliers d'années.

**PREMIERE PARTIE**

**LA ZONE D'IMMERSION DES DECHETS RADIOACTIFS  
DE L'ATLANTIQUE NORD-EST (Zone A E N\*)**

**\* Agence pour l'Energie Nucléaire**



**Figure 1.** Situation du site d'immersion de l'AEN

---

## **La zone d'immersion des déchets radioactifs de l'Atlantique Nord-Est (Zone AEN)**

### **1- HISTORIQUE DE L'IMMERSION ET NATURE DES DECHETS :**

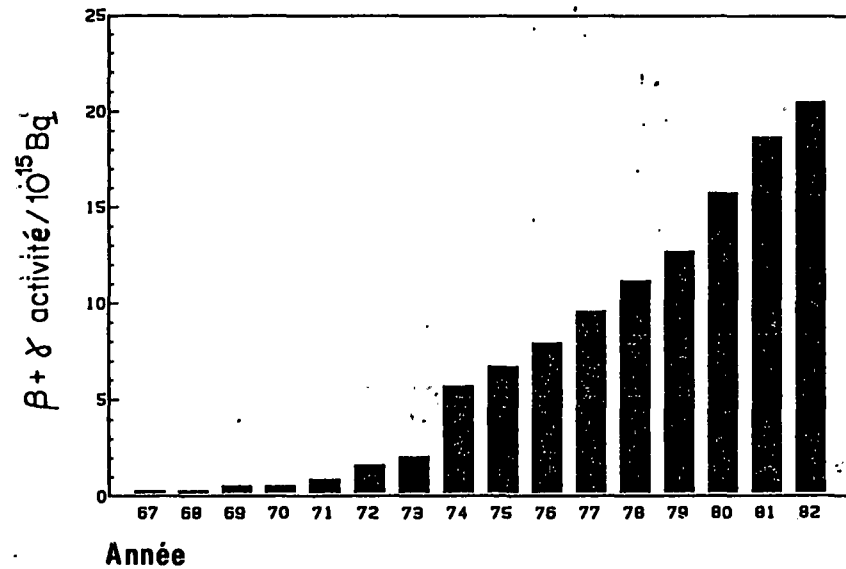
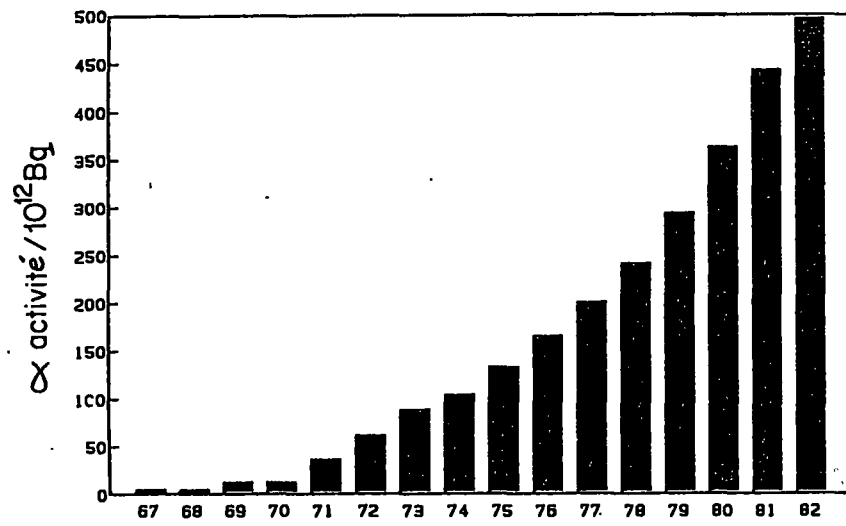
#### **1.1 Historique**

L'évacuation des déchets radioactifs en mer se pratique depuis 1949. A partir de cette date, plusieurs pays de la C.E.E. : la Belgique, les Pays-Bas, le Royaume-Uni, la Suisse et également la France en 1967 et 1969, ont procédé à des opérations conjointes d'immersion dans l'Atlantique Nord-Est. Cette immersion concerne les déchets radioactifs de faible radioactivité, elle est restée peu importante jusque dans les années 60. Par la suite, la quantité immergée a augmenté progressivement jusqu'en 1982, date de l'arrêt des opérations d'immersion. Au cours des années 50 et au début des années 60, ces opérations étaient effectuées sans être soumises à un contrôle international. Depuis 1967, elles se sont déroulées sous le contrôle de l'Agence pour l'Energie Nucléaire (AEN) de l'Organisation pour la Coopération et le Développement Economique (OCDE) -cf. annexe 2-

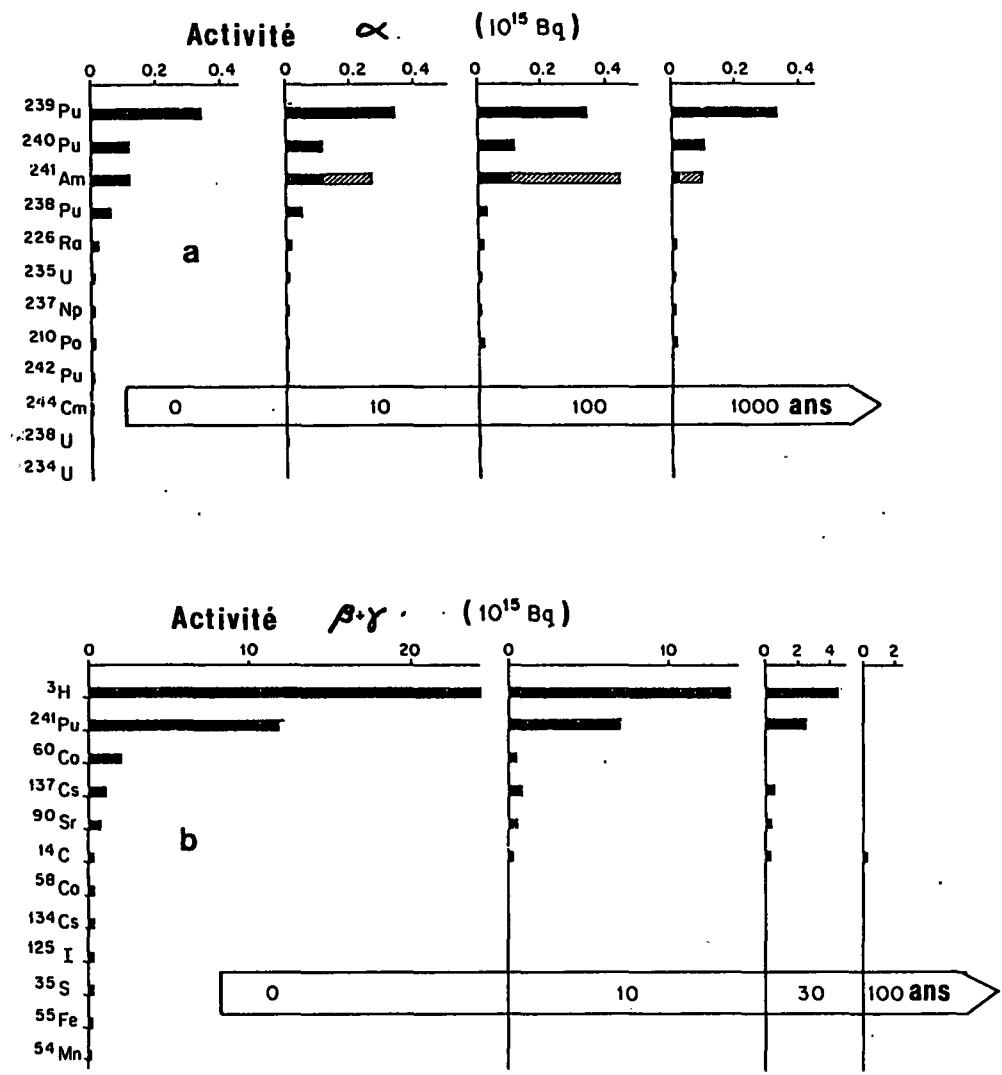
Plusieurs sites ont été utilisés mais la plus grande quantité a été immergée sensiblement au même endroit dans un secteur de l'Atlantique Nord-Est : de 1971 à 1976 dans une zone circulaire, puis de 1977 à 1983 dans une zone rectangulaire (45°50' N-16°00' W et 46°10' N-17°30' W) de 3600 à 4750 mètres de profondeur, suffisamment éloignée des côtes et réputée calme sur le plan géologique. Elle est appelée aujourd'hui zone AEN (Fig. 1).

#### **1.2. Nature et origine des déchets**

La composition des déchets est aussi variée et complexe que celle des radio-nucléides. Ils contiennent un mélange de produits de fission ou d'activation provenant de diverses sources appartenant à l'industrie nucléaire ou extérieure à cette industrie. Ils sont regroupés en deux grandes catégories :



**Figure 2-2**  
 Quantités cumulées de radioactivité immergée  
 sous les auspices de l'AEN  
 (d'après rapport DORA, Rudgers van der loeff et al. 1986)  
 Bq : Becquerel



**Figure 2-1**  
 a- Composition de l'activité  $\alpha$  au moment de l'immersion  
 et après 10, 100, 1000 ans  
 b- Composition de l'activité  $\beta + \gamma$  au moment de l'immersion  
 et après 10, 30, 100 ans

a) Déchets émetteurs alpha ( $\alpha$ )

Les déchets de cette catégorie proviennent en général de deux sources. La première est associée à la production de combustible utilisé dans les réacteurs nucléaires, la seconde à la préparation d'isotopes destinés à des fins précises. Les principaux émetteurs  $\alpha$  provenant des opérations portant sur le combustible nucléaire sont le plutonium et d'autres actinides parmi lesquels une certaine proportion d'uranium, sous forme de métal ou d'oxyde. Les quantités de radium sont très faibles, du fait de la limitation d'utilisation (1 % de la radioactivité totale  $\alpha$ ).

b) Déchets émetteurs bêta et gamma ( $\beta + \gamma$ )

Ces déchets sont composés de produits de fission provenant des éléments combustibles des réacteurs, de la radioactivité induite dans les matériaux du réacteur (filtres et résines utilisés pour le recyclage des eaux de refroidissement), de la radioactivité résultant de diverses utilisations dans les hôpitaux, les laboratoires de recherche scientifiques et industriels.

Cette catégorie inclue également le tritium qui entre pour une large part dans la radioactivité totale, émise par les déchets. Ce radioélément a la particularité d'être très soluble et peu radiotoxique (dilution isotopique avec l'hydrogène de l'eau).

### 1.3. Composition isotopique et durée de vie

La composition isotopique approximative des déchets immergés est donnée dans la figure 2.1 ci-contre. La figure montre également que l'activité décroît avec le temps en fonction de la période radioactive des éléments. Les isotopes  $\alpha$  ont en général une période de vie plus longue que les isotopes  $\beta$  et  $\gamma$ . Au moment de l'immersion, l'activité  $\beta + \gamma$  dépasse l'activité  $\alpha$  d'un facteur 2. Après 100 ans, l'activité  $\beta + \gamma$  tombe au dessous de l'activité  $\alpha$  et le seul élément significatif restant est le carbone  $C^{14}$ .

Parmi les émetteurs  $\alpha$  les isotopes du Plutonium (Pu) et de l'Amercium ( $^{241}\text{Am}$ ) sont les plus importants. Pendant les 100 premières années, l'activité de  $^{241}\text{Am}$  augmente du fait de la désintégration issue du  $^{241}\text{Pu}$  et celle du  $^{210}\text{Po}$  à partir de celle issue du  $^{226}\text{Ra}$  (Fig. 2-1a). Le tableau ci-après indique la période radioactive\* des principaux radioéléments présents dans les déchets.

(\* Période radioactive = temps au bout duquel le radioélément perd la moitié de son activité).

| Activité $\alpha$ |                         | Activité $\beta + \gamma$ |           |
|-------------------|-------------------------|---------------------------|-----------|
| Plutonium 239     | 24 000 ans              | Carbone 14                | 5 730 ans |
| Plutonium 240     | 6 500 ans               | Cesium 137                | 30,2 ans  |
| Americium 241     | 430 ans                 | Strontium 90              | 28 ans    |
| Radium 226        | 1 600 ans               | Plutonium 241             | 13 ans    |
| Uranium 235       | 7.0410 <sup>8</sup> ans | Cobalt 60                 | 5 ans     |

Les quantités immergées de 1967 à 1982 sous les auspices de l'AEN sont représentées sous forme cumulée sur la figure 2-2.

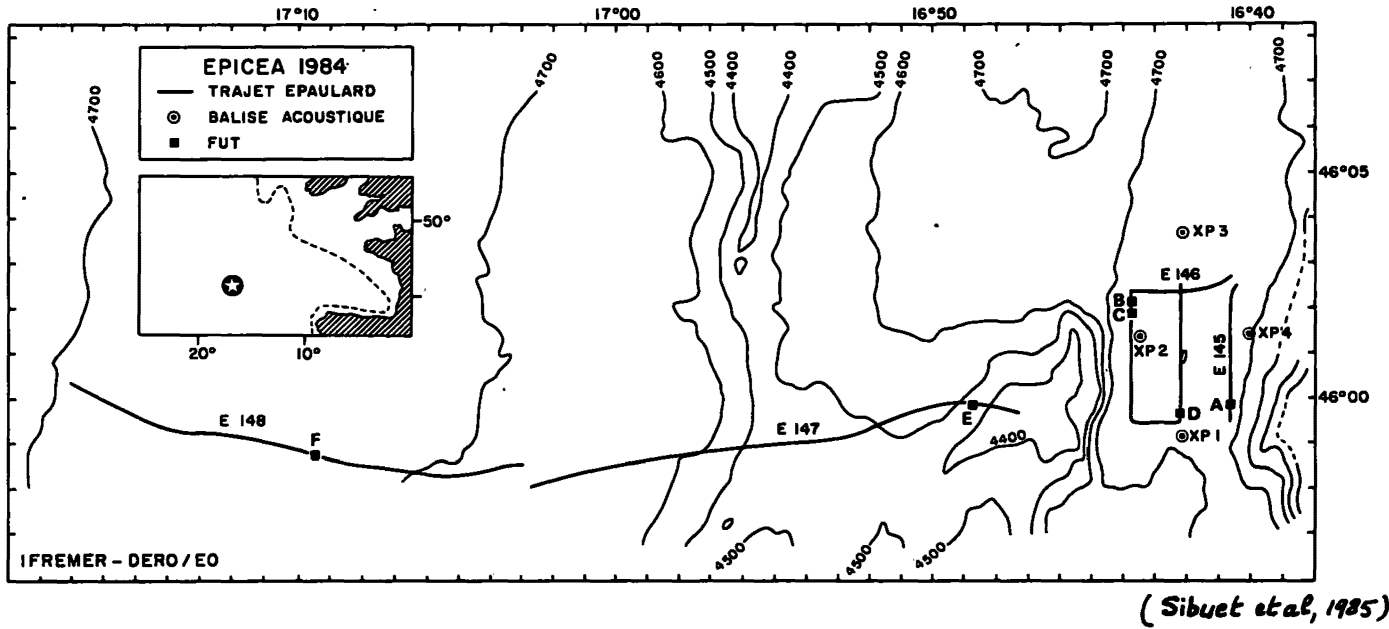
#### 1.4. Conditionnement

Les déchets sont conditionnés en conteneurs d'acier ou de béton, conçus pour assurer leur confinement au cours de leur manutention, de leur transport et de leur immersion à une profondeur supérieure à 4 000 mètres. Ils sont enrobés dans des matrices en béton, en bitume ou dans des résines plastiques thermodurcissables. Il est en général admis que quelque soit le type d'emballage utilisé, les conteneurs demeurent intacts pendant 20 ans au moins(\*). Les conteneurs de déchets sont chargés sur bateau et transportés jusqu'à la zone d'immersion et largués par dessus bord. Ils reposent donc sur les sédiments à même le fond de l'océan.

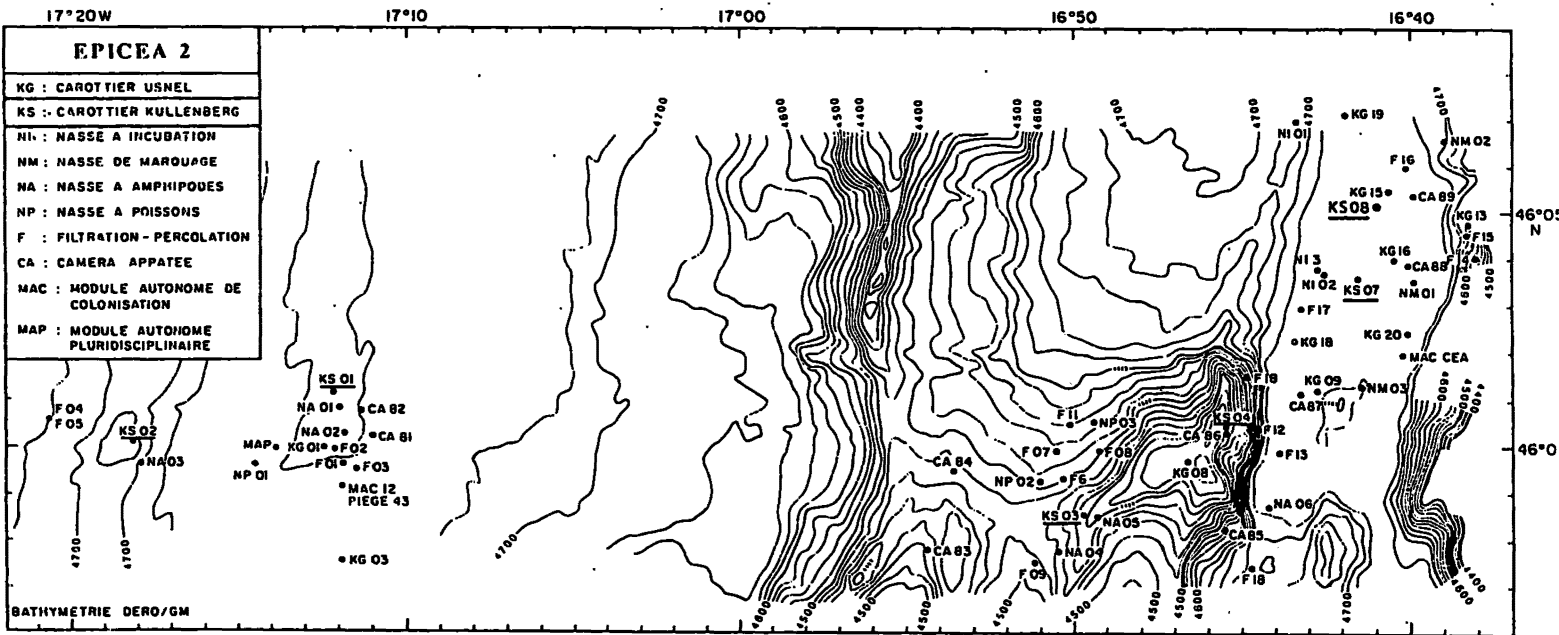
(\*) AEN/OCDE 1980.

## 2- LE PROGRAMME DE RECHERCHE ET DE SURVEILLANCE CRESP

Le Conseil de l'OCDE a institué en 1977 un mécanisme multilatéral de consultation et de surveillance pour l'immersion en haute mer des déchets radioactifs, en vue de poursuivre les objectifs fixés par la Convention de Londres sur la prévention de la pollution des mers par immersion de déchets. En vertu de ce mécanisme, l'AEN est chargée d'évaluer la validité des sites d'immersion proposés par les pays participants et de réexaminer régulièrement les lieux jugés appropriés pour l'immersion des déchets radioactifs. C'est dans ce contexte que l'AEN a réuni en 1979 un groupe international d'experts chargé de réexaminer la validité du site actuel. Sur la base de cette révision, le Comité Directeur pour l'Energie Nucléaire a considéré que le site demeurerait valable durant les cinq années suivantes pour poursuivre les immersions. Parallèlement, le Comité a reconnu la nécessité de développer un programme



**Figure 3 :** Localisation sur une carte bathymétrique des trajets des quatre plongées *Épaulard* et des photographies des six conteneurs A à F dans la zone d'immersion N.E. Atlantique des déchets faiblement radioactifs.



**Figure 4 :** EPICEA 2 – Position des prélèvements –



scientifique coordonné de recherche pour approfondir les connaissances sur le site, en particulier sur les processus régissant le transfert des radionucléides dans le milieu marin, de façon à ce que dans l'avenir, les évaluations puissent se fonder sur des données scientifiques précises et complètes.

C'est dans ce contexte que le CRESP (Coordinated Research and Environmental Program) a été établi, sous l'égide de l'AEN et de l'OCDE en 1981, et reconduit pour 5 ans en 1985. L'objectif de ce programme est d'élaborer une série de modèles utilisables pour l'évaluation des doses d'irradiations auxquelles l'homme peut se trouver exposé, via la chaîne alimentaire du fait des opérations d'immersion.

Les pays membres du programme sont: la République Fédérale d'Allemagne, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les Etats-Unis, la France, l'Italie, le Japon, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni, la Suède et la Suisse. L'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) y participe par l'intermédiaire de son laboratoire de Monaco. L'Organisation Maritime International (OMI) est représentée au comité exécutif du programme. Les diverses nations impliquées se sont réparties les études à entreprendre, compte-tenu de la diversité et de la masse des données à acquérir.

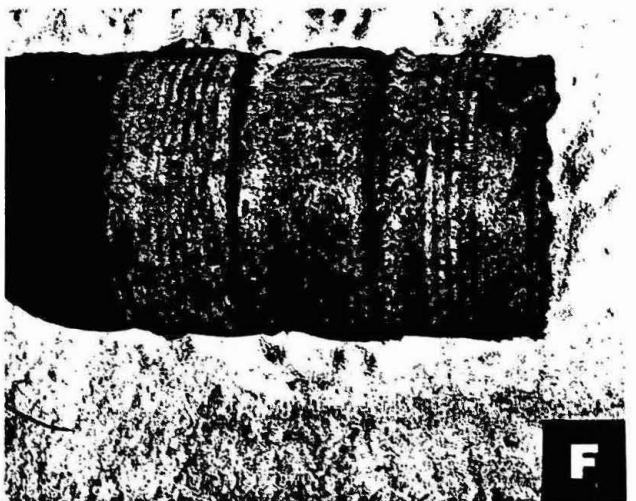
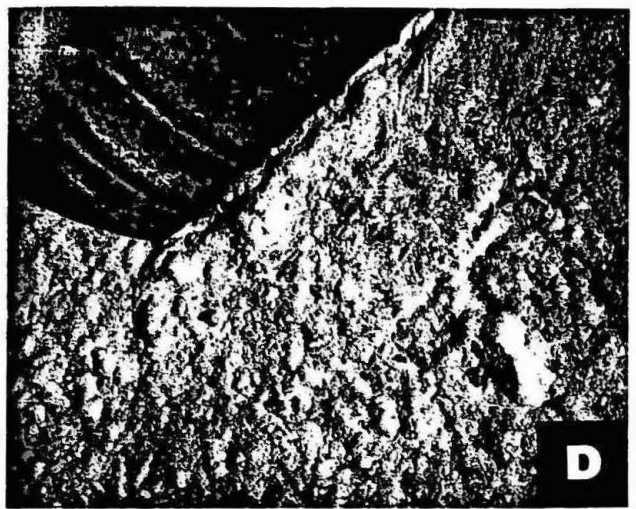
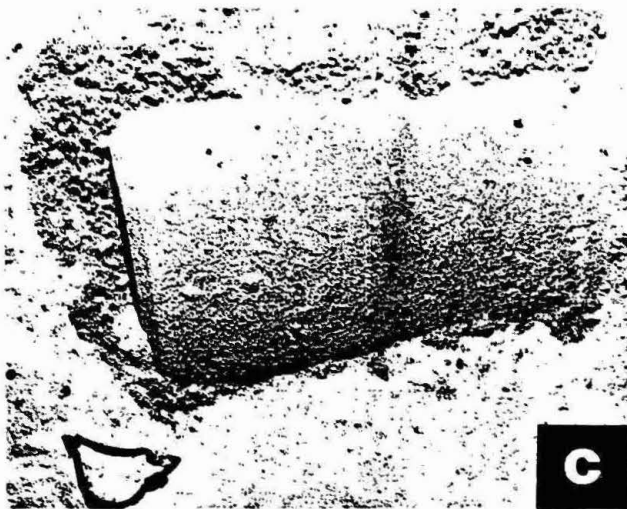
En France, le Commissariat à l'Energie Atomique (Institut de Protection et de Sureté Nucléaire (CEA/IPSN) a mené depuis 1982, en collaboration avec l'IFREMER, un programme d'études concernant l'immersion en mer de déchets radioactifs. Pour mener ce programme, les deux organismes ont établi un protocole d'accord pluriannuel.

A l'IFREMER, ces études ont été réalisées au sein de la Direction de l'Environnement et des Ressources Océaniques (DERO) dans le cadre des projets EPI (Environnement Profond Impact) du département DERO-Environnement Profond et ESPRIM (Environnement Sédimentaire Profond Impact) du département DERO-Géosciences Marines.

### **3 ETAT DES CONNAISSANCES SUR LE CADRE MORPHO-STRUCTURAL ET SEDIMENTAIRE DE LA ZONE AEN**

#### **3.1. Historique des campagnes**

Des campagnes océanographiques récentes, menées par l'IFREMER, ont permis l'acquisition d'un certain nombre de données relatives à la zone AEN.



**PLANCHE 1** : Photographs of low level radioactive containers taken by *Epaulard-IFREMER* in the NEA dumping area of the N.E. Atlantic : A, B, C, D in the Central Trough, E in the Central Hills and F in the Western Valley. (Sibuet m. et Coïc 1989)

- Norestlante II (1983)

Au cours de cette campagne de DERO/GM réalisée à bord du N/O Jean CHARCOT, un levé bathymétrique au sondeur multifaisceaux Seabeam a été effectué. Il a permis de dresser une carte bathymétrique du quart nord-ouest de la zone (Auffret, Monti, 1986). De plus, des profils sismiques ont été réalisés (Druelle, DEA 1985 ; Druelle, Auffret, 1985).

- Epicea 1 (1984) (fig. 3)

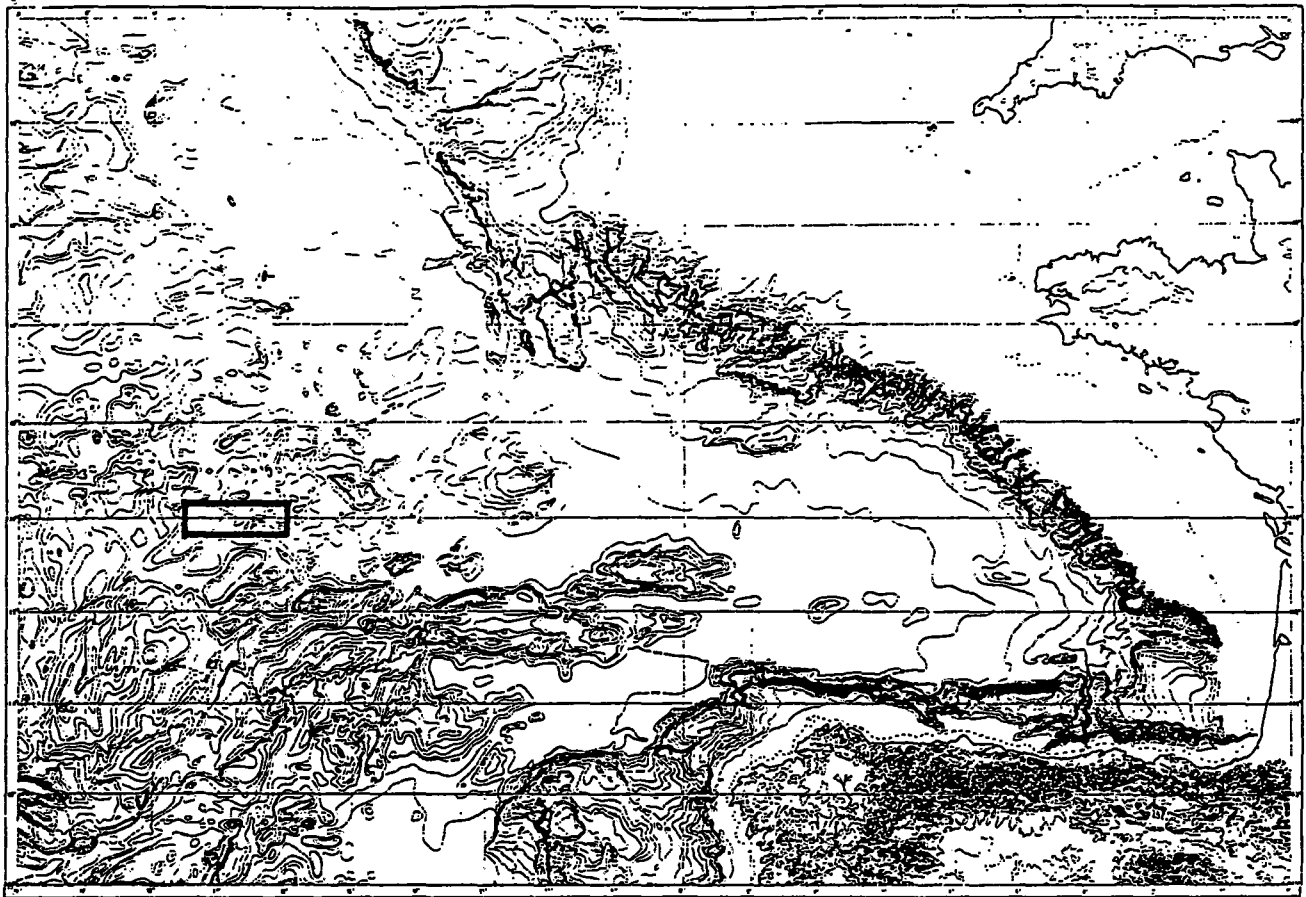
En 1984, la campagne EPICEA 1 a été organisée par l'IFREMER en collaboration avec le CEA à bord du N/O Le Suroît. L'un des principaux objectifs de cette campagne était de réaliser, à l'aide du submersible inhabité de l'IFREMER "EPAULARD", une reconnaissance photographique de la faune benthique, des traces d'activité biologique et des figures sédimentaires superficielles du site. Cette campagne a permis également d'observer la répartition et l'impact des conteneurs sur le fond (Sibuet et al., 1985).

Quatre conteneurs (A, B, C, D, PL 1), ont été photographiés dans la fosse centrale, un sur les collines centrales (E, PL 1) et un dans la vallée occidentale (F, PL 1), selon Sibuet et al. La densité de conteneurs observés est de 76 conteneurs par km<sup>2</sup>. Elle est bien supérieure à la densité théorique de 23 conteneurs par km<sup>2</sup>, calculée sur la base d'une distribution homogène des conteneurs sur l'ensemble du site d'immersion. Ceci est expliqué par le fait que le langage en continu de conteneurs ne peut pas conduire à une répartition homogène. De plus, les stations explorées se trouvent dans la partie centrale du site, caractérisée par un plus grand nombre de passages des navires chargés des immersions.

Cinq des six conteneurs photographiés sont des fûts métalliques correspondant au type le plus communément immergé. Leur poids varie entre 250 et 550 kg suivant la nature des déchets qu'ils contiennent pour des densités de l'ordre de 1,2 à 2,0.

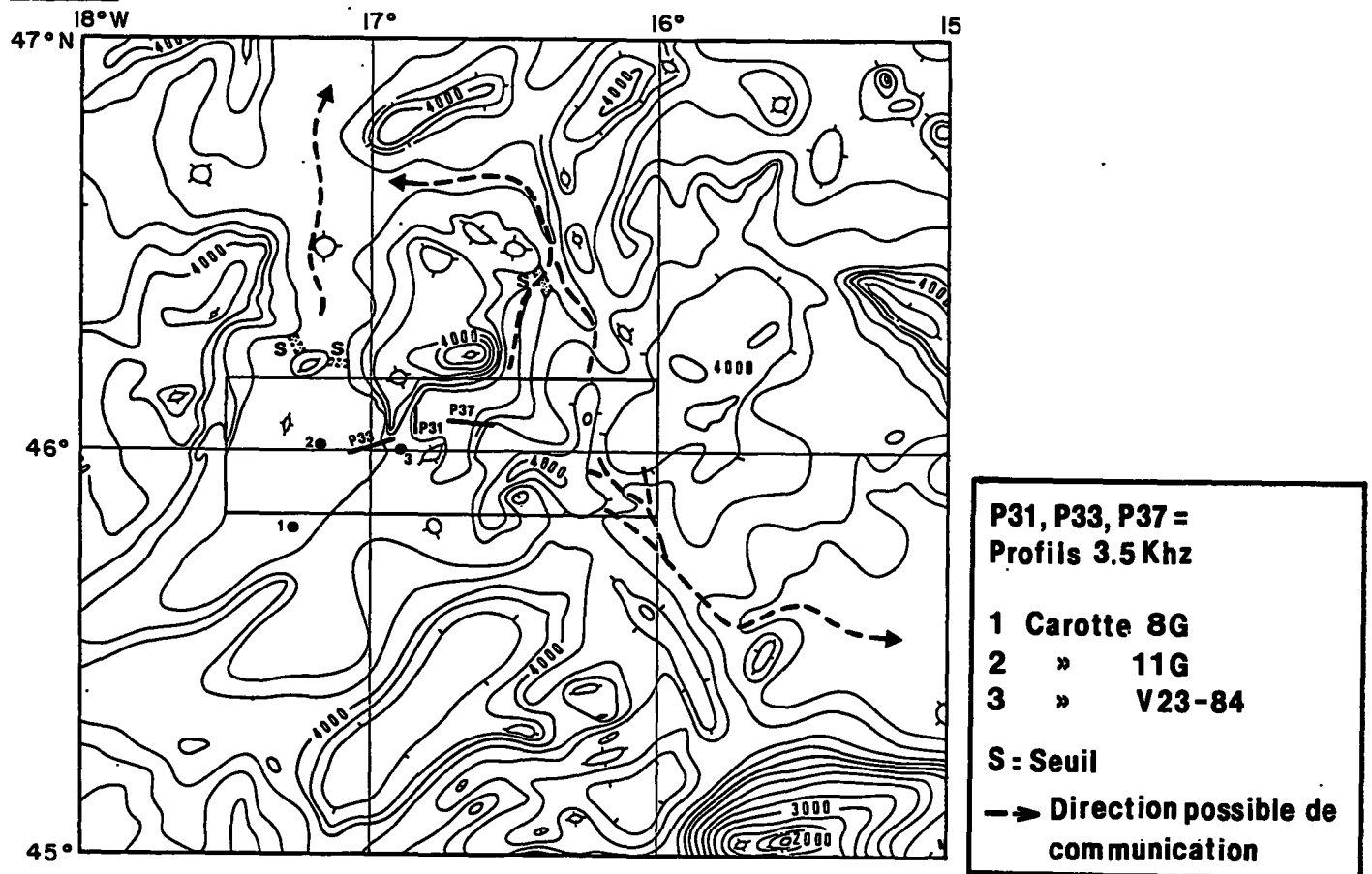
Le sixième conteneur est en béton, il a une masse comprise entre 2300 et 3500 kg pour une densité de 2,3 à 2,6. Les conteneurs B et C (en béton) ont été immergés en 1979.

Les six conteneurs photographiés semblent intacts malgré quelques déformations (peut-être primaires ?). L'impact des conteneurs lors de leur arrivée sur le fond est différent suivant ces deux types et semble fonction de la densité. Les cinq conteneurs métalliques sont très légèrement enfoncés dans le sédiment, celui en béton est plus profondément enfoui au centre d'un cratère. L'enveloppe de certains fûts métalliques semble corrodée par endroits. Aucune colonisation par la faune benthique n'est visible, alors que deux des conteneurs



**Figure 5 :** Situation de la zone dans le contexte bathymétrique de l'Atlantique N-E

**Figure 6**



étaient immergés depuis cinq ans ! Cependant, la faune sessile a été observée sur des blocs erratiques. Les diverses traces d'activité biologique répertoriées à proximité des fûts et sur l'ensemble de la zone couverte sont connues dans les grands fonds.

Les autres objectifs de cette campagne concernaient l'étude de la couverture sédimentaire au moyen du sondeur de sédiments 3,5 Khz, l'étude de la structure hydrologique de la colonne d'eau et l'étude courantologique.

#### - Epicea 2 (1988)

Durant cette campagne qui s'est déroulée en septembre 1988 à bord du N/O Jean CHARCOT, des profils au sondeur multifaisceaux SEABEAM ont été effectués afin d'achever la couverture bathymétrique de la zone (Auffret, Monti, en préparation). Des prélèvements ont également été réalisés en particulier 6 carottes KULLENBERG (figure 4) dont l'étude constitue le sujet de ce mémoire.

#### - Campagnes étrangères

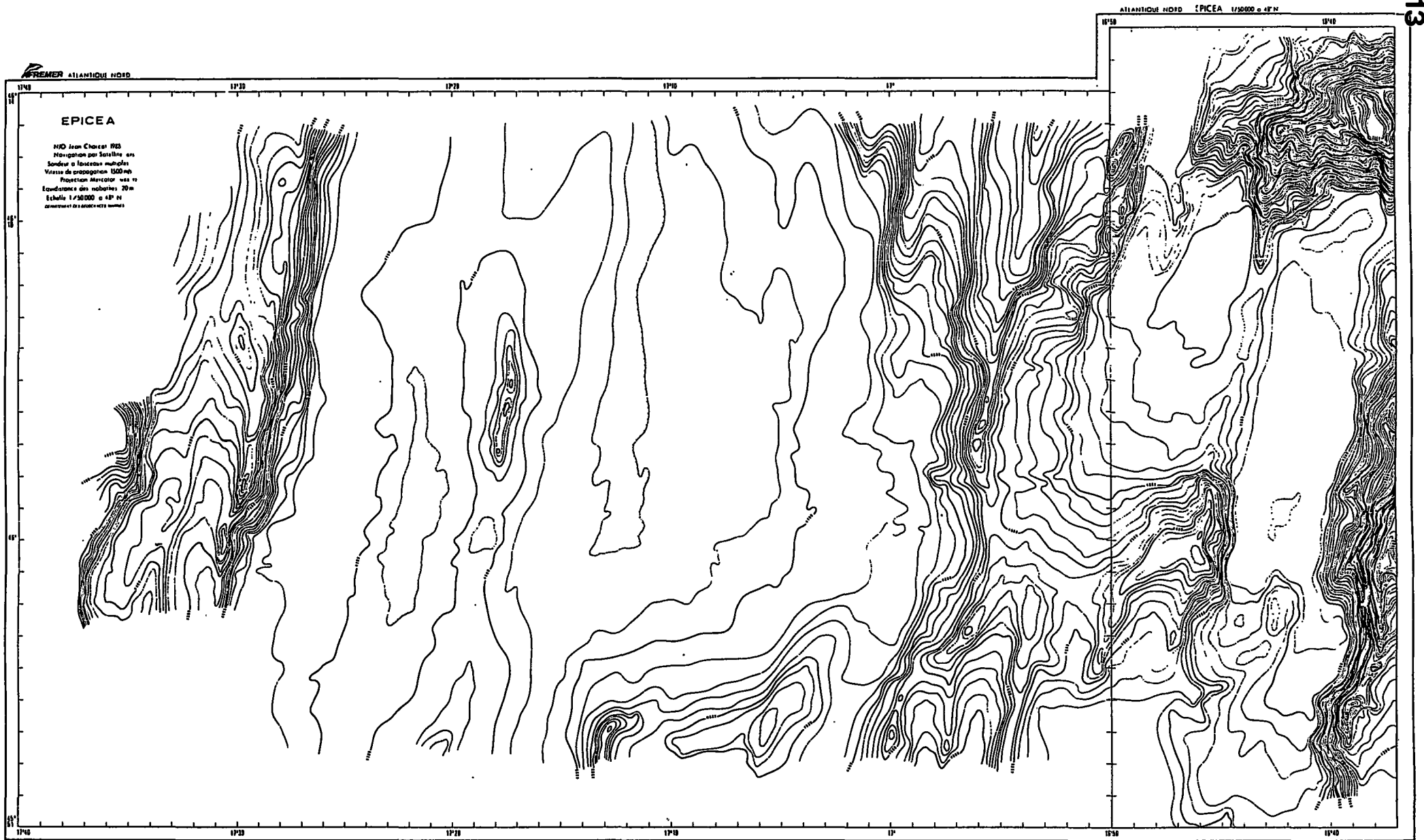
Antérieurement aux campagnes françaises, des campagnes étrangères ont été menées dans le site : il s'agit en particulier des campagnes du M/S TYRO mises en oeuvre en 1982 par une collaboration suisse, belge et hollandaise et du M.S. CIROLAMA mise en oeuvre par le Fisheries Laboratory du Royaume Uni également en 1982. Pendant ces campagnes, des carottages ont été effectués, les principaux résultats figurent dans le rapport du programme hollandais DORA (Rutgers van de Loeff and M.S.S. Lavaley, 1986).

Il faut noter également une campagne VEMA du Lamont Geological Observatory of New York qui a prélevé une carotte (V23-84) dans la zone, laquelle a fait longtemps référence (Ruddiman et Mc Intyre, 1977).

### **3.2 Cadre morphosédimentaire**

#### **3.2.1. Morphologie**

La zone AEN appartient au domaine des collines abyssales de l'Atlantique Nord Est qui est un vaste ensemble au relief accidenté, s'étendant sur environ 1000 km de la ride médio-atlantique aux plaines abyssales de Porcupine au nord, à celle du Golfe de Gascogne au sud.



**Figure 7: Carte bathymétrique**

Qualifiée souvent de fosse, elle est en fait une zone de morphologie complexe. Les figures (5) et (6) montrent que le trait morphologique le plus remarquable est une vallée traversant l'ouest de la zone, du sud au nord et débouchant dans la plaine abyssale de Porcupine. Un seuil de quelques dizaines de mètres d'amplitude pourrait interrompre cette vallée à la latitude de 46°12'N.

La carte bathymétrique (fig.7) permet de distinguer à l'ouest une grande vallée à fond relativement plat, dont la profondeur atteint 4750 mètres. Celle-ci est comprise entre deux versants dont la profondeur minimum atteint localement 3950 mètres.

La topographie est caractérisée par les directions N10° et N15° à l'ouest, passant à N360° à l'extrémité orientale. On peut aussi remarquer une direction transverse N80° dans le bassin situé immédiatement à l'est de la vallée centrale. Dans l'ensemble de la zone, les flancs est des reliefs sont les plus abrupts et parfois accidentés par de petites vallées.

L'est de la zone apparaît également très accidenté (Druelle, 1985 ; Auffret et Monti, en préparation).

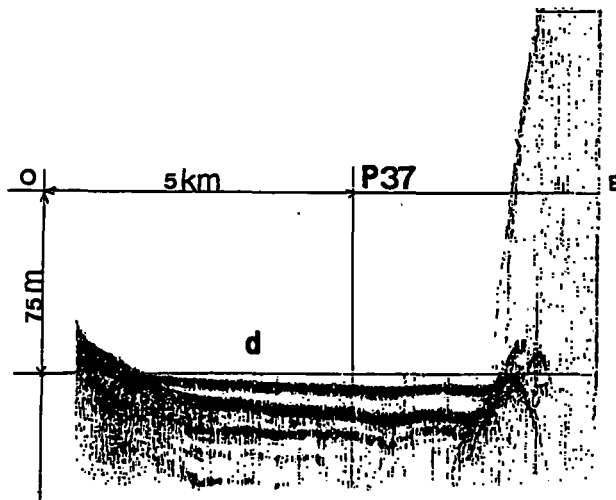
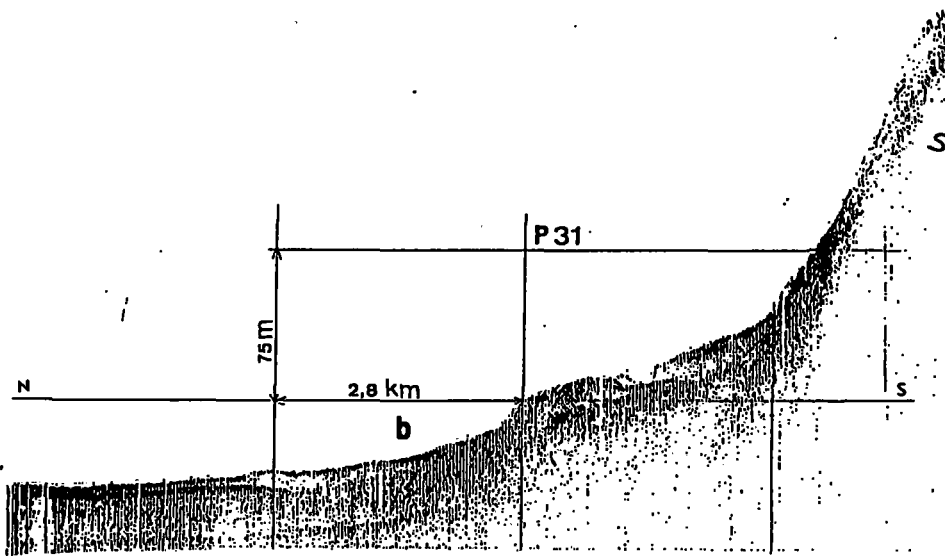
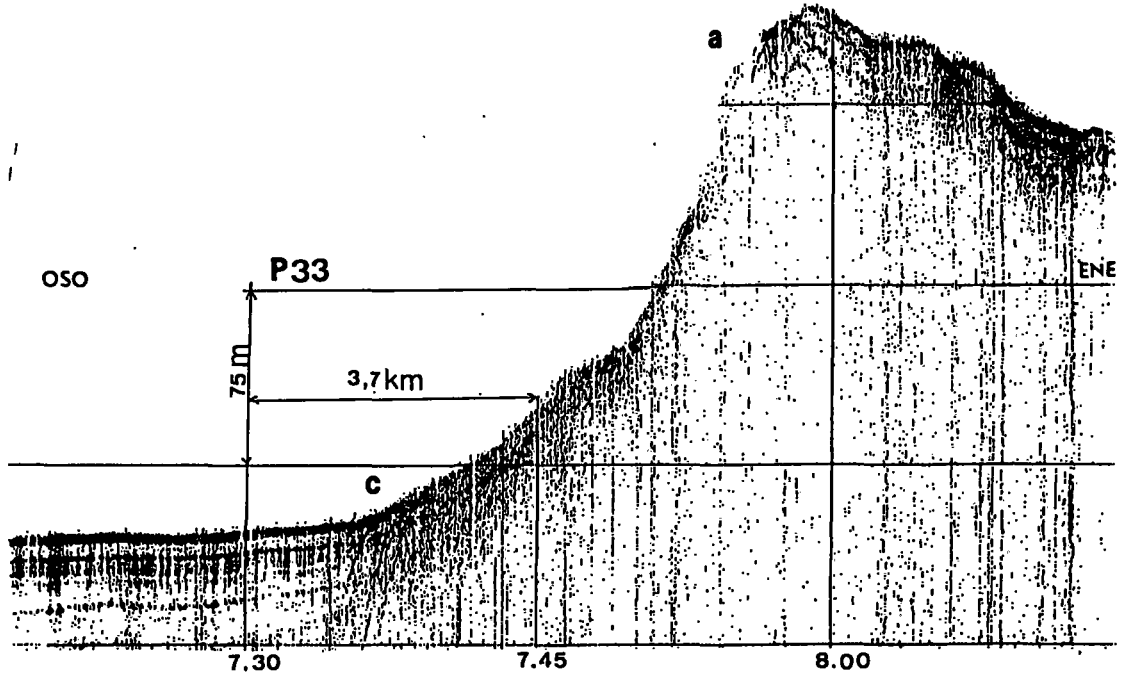
### 3.2.2. Profils sondeur de sédiment (3,5 Khz) . Figure 8

Les profils 3,5 Khz P31, P33 et P37 effectués au cours de la campagne EPICEA illustre la transition entre le flanc ouest de la ride centrale et la vallée occidentale.

Sur le profil 31, on peut noter en haut de la pente une zone dépourvue de réflecteur et à partir de la mi-pente un ressaut topographique se terminant par un faciès à hyperbole au contact de la vallée. Le ressaut topographique coïncide avec une remontée du socle océanique qui pourrait avoir agi comme barrage bloquant les apports gravitaires issus du haut de pente.

Le profil 33 sur le versant oriental de la même ride sédimentaire montre des surépaisseurs analogues attribuées également à des dépôts gravitaires (glissements ou slump).

Le profil 37 dans la fosse centrale montre un prisme superficiel de sédiment transparent épais de 10 m environ, de caractère nivelant attribuable à une série de remplissage gravitaire (turbidite pélagique). Ce prisme est superposé à plusieurs niveaux d'aspect et d'épaisseur comparables, passant latéralement à l'ouest à des dépôts de pente.



**Figure 8**  
**PROFILS 3,5 KHz**



Quatre faciès sismiques sont distingués (fig.8) et interprétés par analogie avec les observations de Jacobi et al. (1981) :

- Un faciès transparent marqué par un drapage caractérisant une sédimentation pélagique.(a)
- Un faciès hyperbolique marqueur d'une sédimentation "perturbée"(b)
- Un faciès diffus qui caractérise les dépôts de pente.(c)
- Un faciès à forts réflecteurs parallèles et horizontaux qui pourrait correspondre à des dépôts d'origine turbiditique.(d)

### 3.2.3. Prélèvements

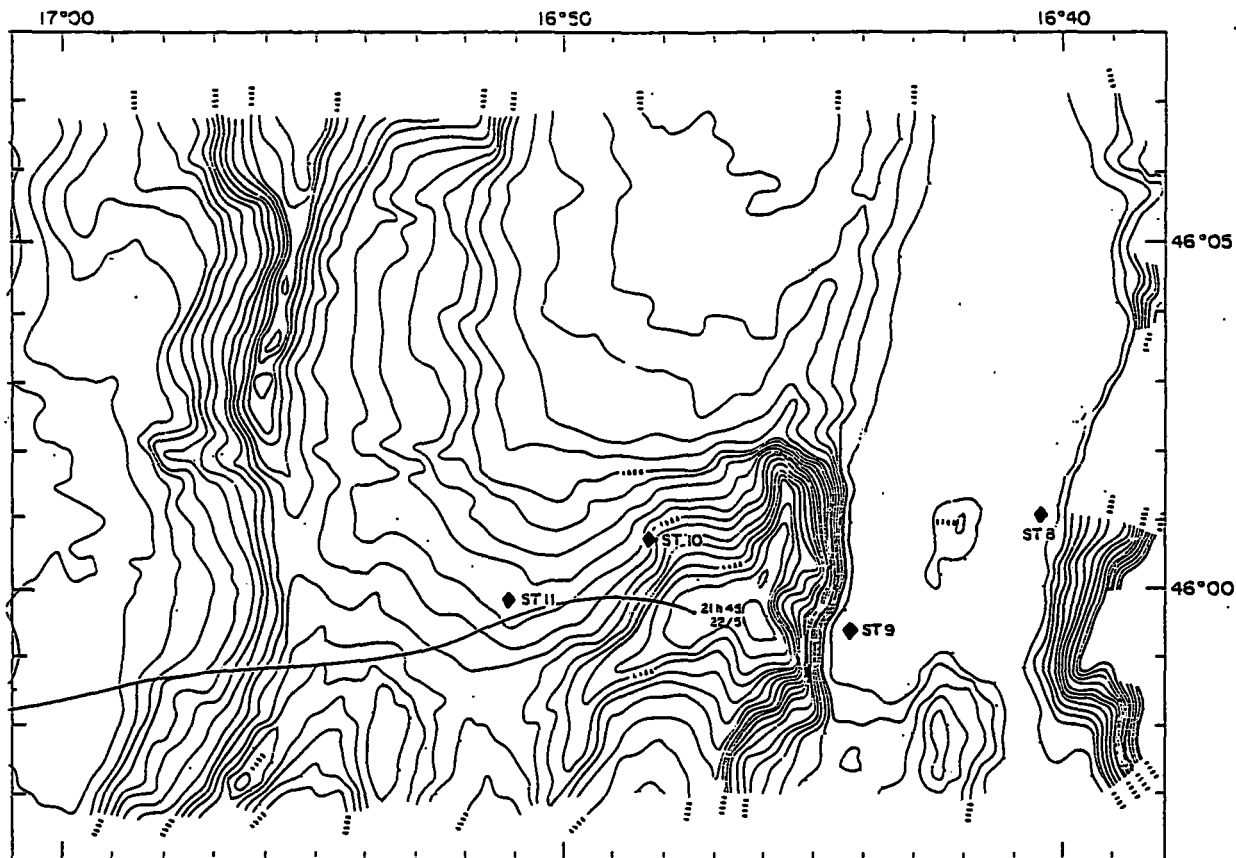
Un nombre limité de prélèvements a été réalisé dans le secteur étudié : une carotte Küllenberg et des carottes prélevées au carottier gravitaire ainsi que des carottiers boîte.

La carotte V23-84, (Ruddiman et Mc Intyre, 1976), longue de 10 m, a été prélevée sur le haut central. Elle est constituée de boues et de marnes à nannofossiles et foraminifères.

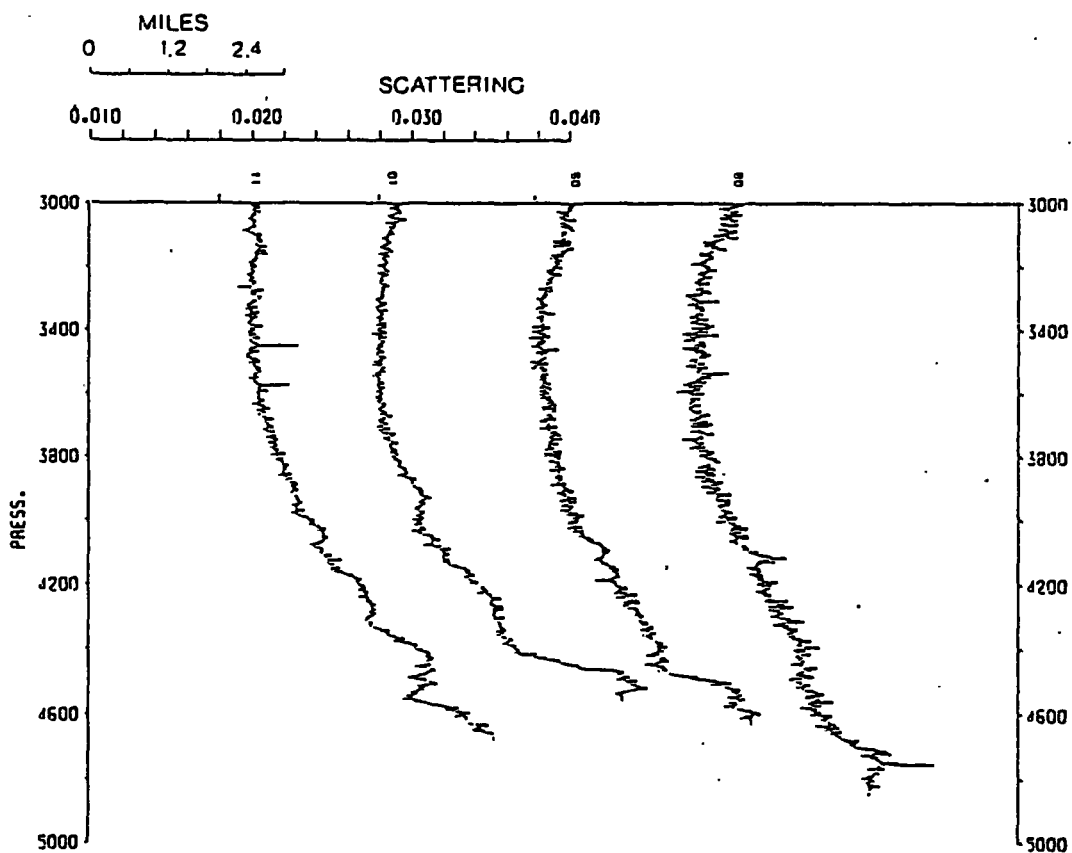
La carotte 11G (Rutgers et al., 1984) d'une longueur de 3 m est composée essentiellement de sédiments hémipélagiques : des vases carbonatées, des marnes et des boues calcaires d'âge pleistocène supérieur à holocène. Selon Rutgers et al, trois niveaux gravitaires d'épaisseur décimétrique seraient intercalés dans ces dépôts.

Un carottage du même type (8G) effectué dans la vallée occidentale au sud de la zone, présente en surface une turbidite de 175 cm d'épaisseur qui pourrait selon Rutgers et al. avoir été mise en place au cours de la période historique, voire au cours de ces dernières dizaines d'années, en raison de la présence entre 180 et 190 cm d'excès de  $^{210}\text{Pb}$ , (de période 22, 3 ans) et de nitrate au même niveau.

La teneur moyenne en carbonate de calcium des sédiments superficiels est de l'ordre de 82 % et de 0,28 % pour le carbone organique. Le taux de sédimentation estimé par datation isotopique est de 2 cm/1000 ans (Rutgers et al, 1986).



**Figure 9: Situation des stations BATHYSONDES (EPICEA 1)**



**Figure 10: Profils néphéométriques (EPICEA 2)**

### 3.3. Hydrologie

Au cours de la campagne EPICEA 1, des mesures hydrologiques ont été réalisées en six stations (Vangriesheim, sous presse). Les profils bathysonde (CTD) illustrent la distribution des masses d'eau présentes dans la zone AEN (figure9).

*De la surface vers le fond, on distingue :*

- En surface : une couche affectée par les variations saisonnières dans laquelle vivent les populations planctoniques animales (foraminifères, radiolaires ...) et végétales (nannoplancton, diatomées).
- jusqu'à 500 m : l'Eau Centrale Nord Atlantique
- de 700 à 900 m : une eau de salinité maximum correspondant à l'Eau Méditerranéenne.
- vers 1700 m : une eau de salinité minimum correspondant à l'Eau du Labrador.
- vers 2300 m : un deuxième maximum de salinité attribué soit à l'Eau Profonde Norvégienne, soit à l'Eau Méditerranéenne.
- à partir de 4000 m : l'eau de fond d'origine antarctique caractérisée par une augmentation relative de la teneur en oxygène.

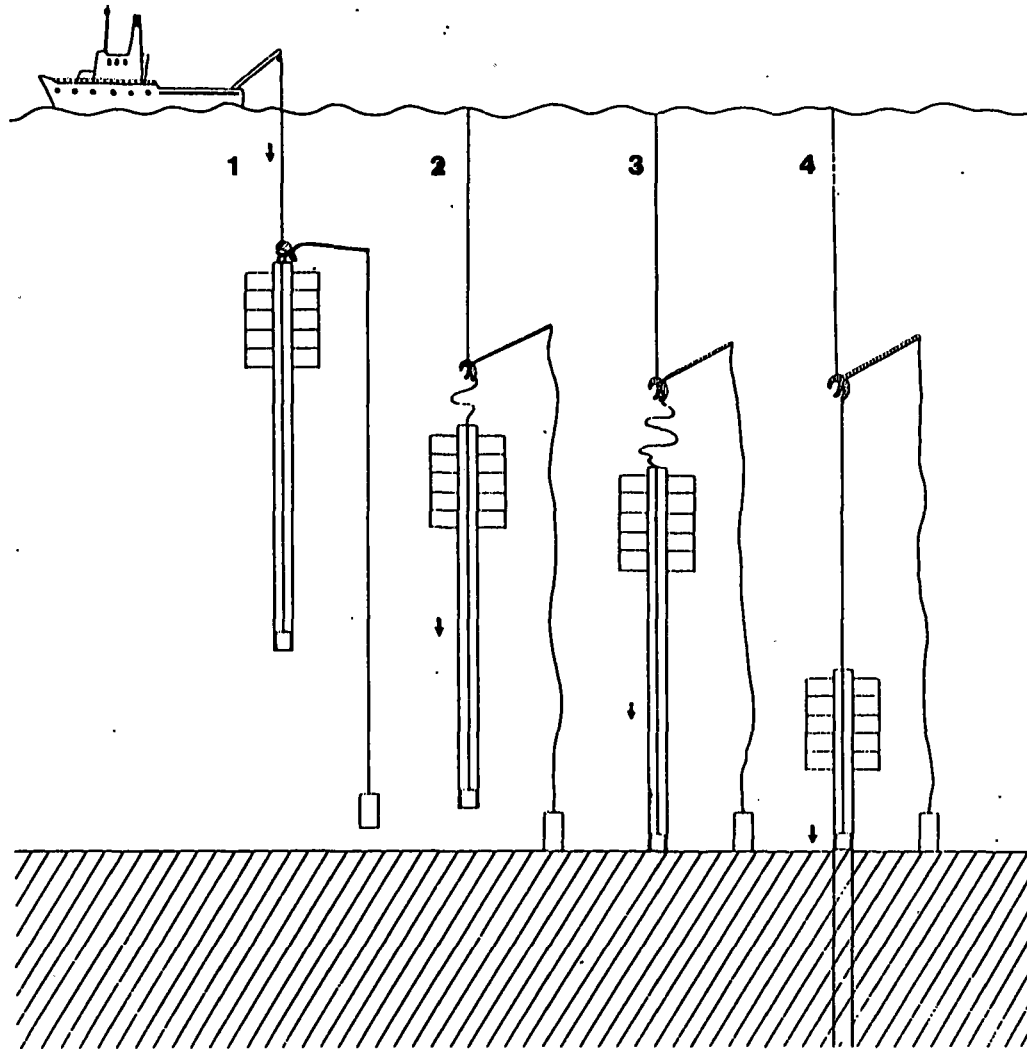
La teneur de matière en suspension est un paramètre particulièrement intéressant. Les profils néphélogométriques réalisés au cours de la campagne EPICEA 2 montrent la présence dans la zone d'une couche néphéloïde profonde dont l'épaisseur est de l'ordre de 1000 mètres.

Une augmentation remarquable des teneurs est observée près du fond (fig.10, Vangriesheim). Cette augmentation suggère l'existence de processus de remise en suspension près du fond, liés à la turbulence existant dans la couche mélangée de densité "uniforme".

**DEUXIEME PARTIE**

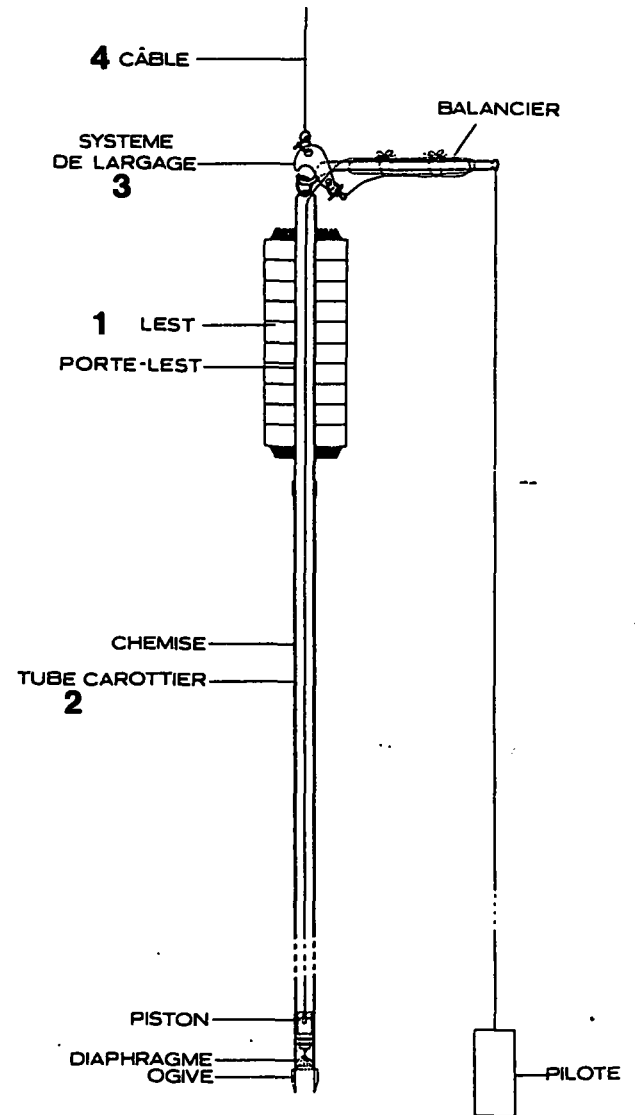
**ANALYSE DES CAROTTES**

**Chapitre 1****Techniques et méthodes**



**CAROTTIER KULLENBERG**

**Figure12 : Principe de fonctionnement**



**Figure 11 Schéma d'ensemble**

## Chapitre 1

---

### Techniques et méthodes

#### 1- TECHNIQUES DE PRELEVEMENTS EN MER

Au cours de la mission EPICEA 2, l'échantillonnage de la couche sédimentaire superficielle a été effectuée au moyen d'un carottier à piston du type "KULLENBERG".

##### 1.1. Le carottier "KULLENBERG"

C'est l'engin le plus couramment utilisé pour échantillonner les sédiments meubles. Il permet de prélever des colonnes sédimentaires non perturbées : les carottes.

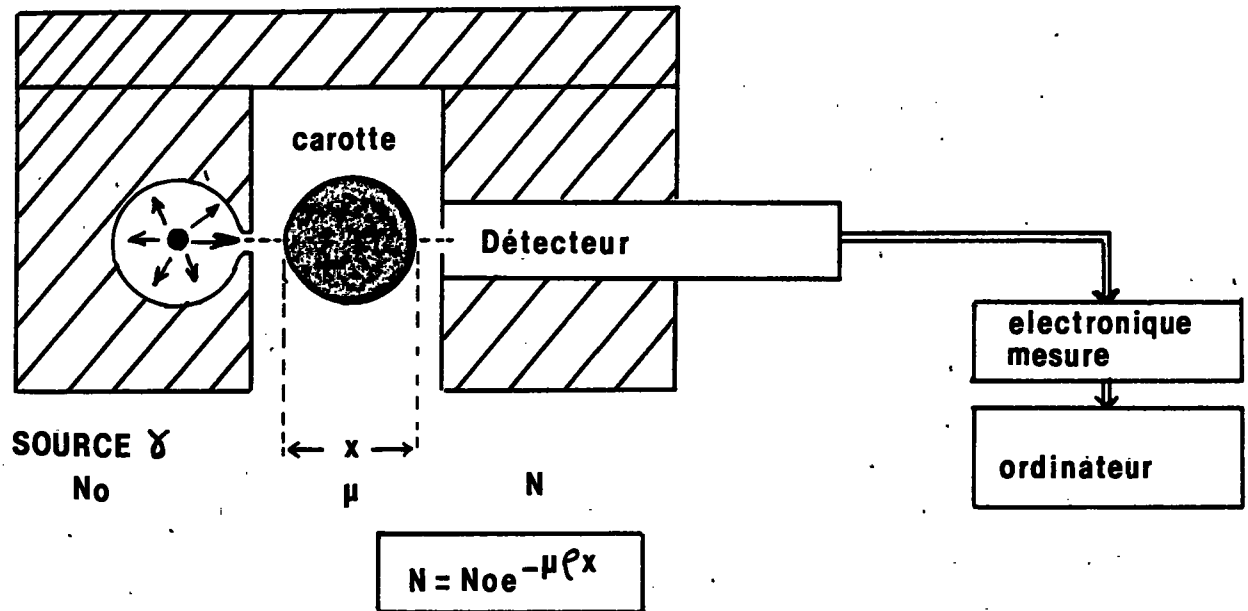
###### a) Description (fig.11)

Le carottier KULLENBERG est constitué de quatre parties principales : le lest d'environ 800 kgs (1), le tube carottier métallique (2) en plusieurs éléments, avec à l'intérieur une chemise en PVC permettant de recueillir le sédiment, le mécanisme de larguage (3) avec le poids pilote, le câble de manoeuvre (4) terminé par un piston mobile.

###### b) Principe de fonctionnement (fig12)

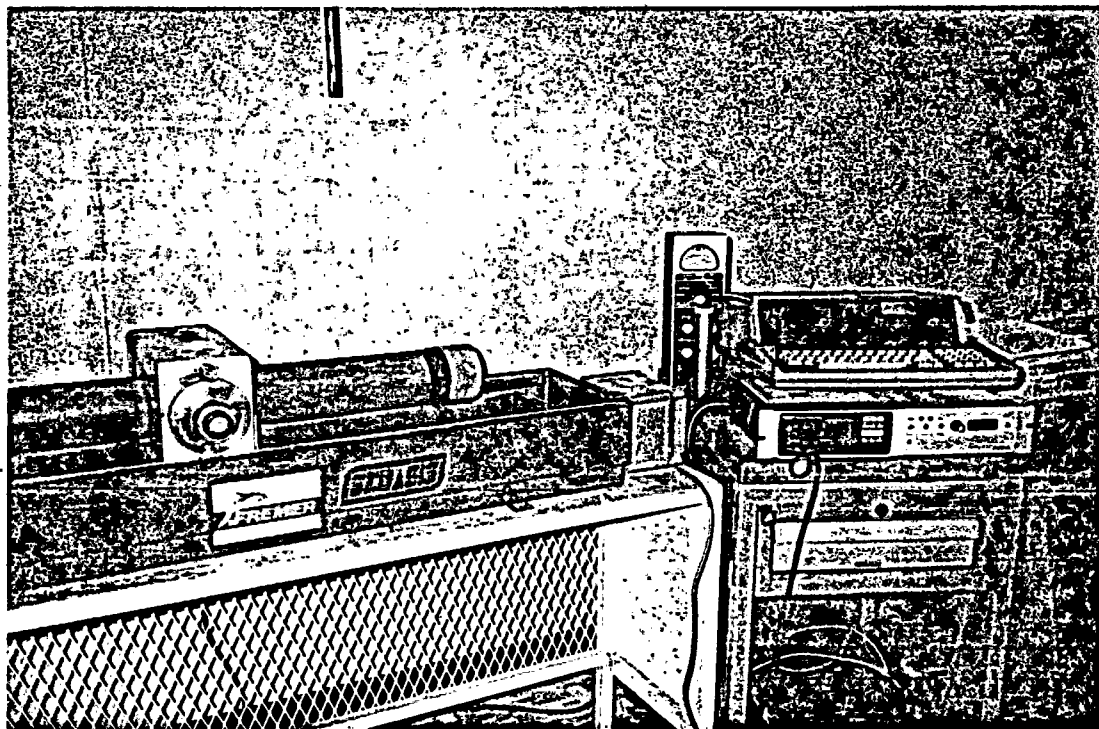
Le carottier suspendu au câble de manoeuvre se trouve relié latéralement par l'intermédiaire du bras de déclenchement au contrepoids pilote (1). Durant la descente, celui ci précède l'extrémité du tube carottier de quelques mètres, le piston se trouvant en position basse (1). Dès que le poids pilote touche le fond, le carottier est largué et tombe en chute libre (2, 3). Il s'enfonce sous son propre poids pendant que le piston, toujours appliqué sur la surface du sédiment, subit un mouvement relatif du bas vers le haut du tube (4). Ce mouvement aide à la pénétration du sédiment dans la gaine en PVC (aspiration) tout en empêchant les perturbations engendrées par "l'effet de pieux".

Le carottier est ensuite arraché du sédiment à la force du treuil et remonté sur le pont. Le tube PVC, contenant la carotte, est extrait du tube carottier et découpé en plusieurs sections de 1 mètre de longueur. Ces dernières sont étiquetées et soigneusement conditionnées à bord, avant d'être acheminées à terre, vers le laboratoire pour analyse.



Principe de la gammadensimétrie

Figure 13



Banc de mesure

Photo 7



## 2- METHODES D'ETUDE LITHOLOGIQUE

### 2.1. Gammadensimétrie

Avant l'ouverture des carottes, j'ai procédé à la mesure de la densité par une méthode non destructive : la gammadensimétrie. La densité du sédiment est un paramètre significatif dans la mesure où elle est directement liée à la lithologie et à la compaction. C'est un excellent guide pour la caractérisation des unités lithologiques.

L'appareillage utilisé est le gammadensimètre du laboratoire de sédimentologie du département Géosciences Marines en service depuis 1970 et automatisé récemment (photo7). Il permet la mesure en continu le long de la carotte, de la densité humide des sédiments.

La méthode employée dans la gammadensimétrie est fondée sur l'absorption de rayons  $\gamma$  par la matière. Le rayonnement émis par une source  $\gamma$  (Barium 133) est capté par un détecteur après passage à travers l'écran formé par les sédiments carottés. S'il y a  $N_0$  rayons gammas incidents par unité de temps qui pénètrent dans un échantillon d'épaisseur  $x$  et de densité  $\rho$ , il n'y aura que  $N$  rayons  $\gamma$  captés par le détecteur. L'atténuation du rayonnement est une fonction exponentielle de la densité de la forme : (fig 13)

$$N = N_0 e^{-\mu \rho x}$$

$\mu$  = Coefficient d'absorption massique

La mesure du rapport  $N_0/N$  permet la détermination de la densité apparente du sédiment ou densité humide par l'intermédiaire d'un étalonnage réalisé à partir d'échantillons de densité connue.

L'appareillage est composé d'un banc de mesure sur lequel est posée la carotte, le long de celle-ci se déplace un chariot porte-source  $\gamma$  et porte-sonde. Le banc est piloté par ordinateur (Hewlett-Packard HP 85). Les données de densité sont acquises sur bande magnétique et par la suite intégrées dans le système LOGSATE.

## SYMBOLES GRAPHIQUES





















| SYMBOLE   | CODE | NOMENCLATURE            |
|---|------|-------------------------|
|    | PRT  | Perturbation            |
|    | STB  | Sommet de turbidite     |
|    | BTB  | Base de turbidite       |
|    | SPE  | Sommet de pelagite      |
|    | BPE  | Base de pelagite        |
|    | SLP  | Slump                   |
|    | BRT  | Bioturbation            |
|   | TRO  | Terrier Ouvert          |
|  | TER  | Terrier                 |
|  | LMT  | Lamination Texturale    |
|  | LAM  | Lamination              |
|  | LMC  | Lamination Chimique     |
|  | GR+  | Granoclasement +        |
|  | GR-  | Granoclasement -        |
|  | GLM  | Galet Mou               |
|  | LTC  | Lithoclast              |
|  | CVQ  | Cendre Volcanique       |
|  | FLL  | Faille                  |
|  | TCR  | Tache de Reduction      |
|  | FOX  | Front d'oxydo-reduction |

Tableau 1

## 2.2. Ouverture et description visuelle de la carotte

Les carottes sont sciées longitudinalement en deux parties sur un banc de découpe approprié, développé par le bureau d'étude de la Direction de l'Ingénierie et de la Technologie de l'IFREMER. Une moitié de la carotte est utilisée pour les différentes analyses, l'autre moitié est archivée dans la Lithothèque Nationale d'Echantillons Marins située au Centre IFREMER de Brest et gérée par le BRGM. L'analyse sédimentologique commence par la description visuelle de la carotte et l'établissement d'un "log descriptif".

### a) *Détermination de la couleur*

C'est le premier paramètre décrit après l'ouverture. La couleur du sédiment est indiquée par comparaison avec une charte de couleur internationale (MUNSELL SOIL COLOR CHART) et exprimée sous forme codée, (exemple : 5Y 5/2).

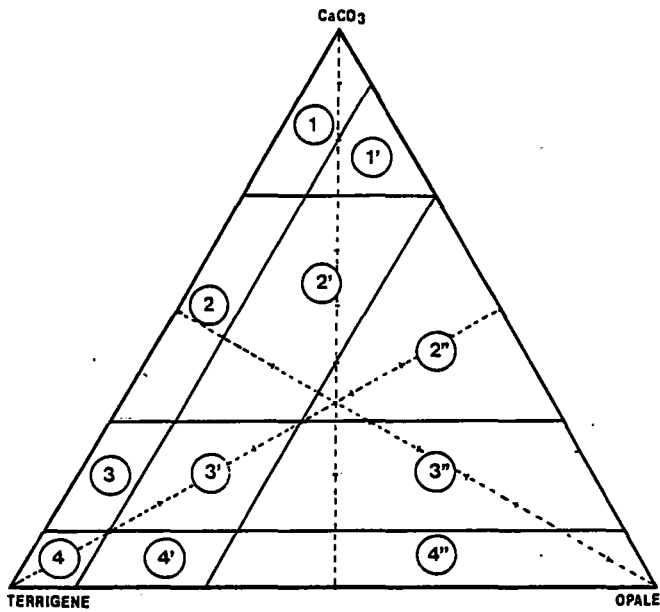
Cette méthode apparaît aujourd'hui archaïque et devrait être remplacée par une méthode nouvelle : la colorimétrie électronique. Cette dernière présente l'avantage d'être objective, c'est-à-dire indépendante des paramètres extérieurs (influence de l'observateur, conditions de luminosité...).

### b) *Description de la texture et des figures sédimentaires*

La texture du sédiment (teneur en argile, silt ou sable) est indiquée. Les structures sédimentaires liées aux conditions de dépôt (laminations, grano-classement) ou à l'activité des organismes (bioturbation) sont représentées sous forme codée. (tableau 1)

## 2-3 Analyse des échantillons

Après avoir décrit la carotte, des échantillons sont prélevés pour les différentes analyses dont les résultats permettront de caractériser les sédiments. Les données obtenues sont ensuite gérées à l'aide du logiciel LOGSATE (présenté en annexe).



- |                   |                             |                             |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ① Boue calcaire   | ①' Boue calcaire, siliceuse |                             |
| ② Boue marneuse   | ②' Boue marno-siliceuse     | ②'' Boue silico-marneuse    |
| ③ Vase calcareuse | ③' Vase calcaro-siliceuse   | ③'' Boue silico-calcaireuse |
| ④ Vase            | ④' Vase siliceuse           | ④'' Boue siliceuse          |

DIAGRAMME LITHOLOGIQUE

|                               |   |   |                                       |
|-------------------------------|---|---|---------------------------------------|
| CaCO <sub>3</sub> > 70 %      | [ | Foraminifère < 10%                                  | Boue à nannofossiles                  |
|                               |   | 10% < Foraminifère < 25%                            | Boue à nannofossiles et foraminifères |
|                               | ] | 25% < Foraminifère < 50%                            | Boue à foraminifères et nannofossiles |
|                               |   | Foraminifère > 50%                                  | Boue à foraminifères                  |
| 30% < CaCO <sub>3</sub> < 70% | [ | carbonates de nature indéterminée                   | Boue calcaire                         |
|                               |   |   |                                       |
| selon le % de foraminifères   | ] | boue marneuse                                       | à nannofossiles                       |
|                               |   | boue marneuse                                       | à nannofossiles et foraminifères      |
|                               | ] | boue marneuse                                       | à foraminifères et nannofossiles      |
|                               |   | boue marneuse                                       | à foraminifères                       |
| 10% < CaCO <sub>3</sub> < 30% | [ | carbonate de nature indéterminée                    | Boue marneuse                         |
|                               |   |   |                                       |
| selon le % de foraminifères   | ] | vase carbonatée                                     |                                       |
|                               |   | vase carbonatée                                     | à nannofossiles                       |
|                               | ] | vase carbonatée                                     | à nannofossiles et foraminifères      |
|                               |   | vase carbonatée                                     | à foraminifères et nannofossiles      |
| CaCO <sub>3</sub> < 10%       | [ | carbonate de nature indéterminée                    | vase carbonatée                       |
|                               |   | vase ou argile pélagique                            |                                       |
|                               |   | sable >   vase sableuse                             |                                       |
|                               |   | silt + argile                                       |                                       |
|                               |   | sable <   vase silto argilleuse ou argile pélagique |                                       |
|                               |   | silt + argile                                       |                                       |

Tableau 1a

### 2.3.1. Teneur en eau

L'échantillon est pesé avant et après passage à l'étuve à 60°C. On en déduit le poids de l'eau contenu dans le sédiment.

$$\frac{\text{Poids sédiment sec}}{\text{Poids total sédiment humide}} \times 100 = \text{teneur en eau pondérale}$$

La détermination de la teneur en eau, complémentaire de la mesure de la densité humide par gammadensimétrie, permet l'estimation de la porosité du sédiment.

### 2.3.2. Analyse de la fraction > 63 microns

L'échantillon est séché à l'étuve pendant 24 heures, puis pesé et remis en suspension dans l'eau pour délitage. Le sédiment est ensuite lavé sur un tamis de maille 63 microns, la fraction grossière récupérée est de nouveau étuvée puis pesée. On obtient ainsi le pourcentage par rapport à la fraction fine silteuse et argileuse. Un examen de cette fraction >63  $\mu$  à la loupe binoculaire permet d'évaluer le pourcentage d'éléments terrigènes, de reconnaître les microfossiles et d'estimer, éventuellement, l'importance de la fragmentation des tests des organismes (foraminifères).

$$\frac{\text{Poids fraction (>63 } \mu)}{\text{Poids sec sédiment}} \times 100 = \% > 63 \mu$$

### 2.3.3. Dosage du carbonate de calcium :

La connaissance du pourcentage de carbonate de calcium dans le sédiment est nécessaire pour préciser la nature du sédiment : biogène, hémipélagique ou terrigène.

Pour mesurer le taux de carbonate de calcium dans le sédiment, la technique utilisée est simple : il s'agit du calcimètre BERNARD (fig. ). Les échantillons de sédiments séchés sont broyés au mortier de porcelaine, pesés à 250 mg, puis attaqués à l'acide chlorhydrique dilué (HCl) dans des fioles, ce qui entraîne un dégagement gazeux de CO<sub>2</sub> suivant la formule chimique :



## NOMENCLATURE ET SYMBOLES LITHOLOGIQUES

| SYMBOLE | CODE | NOMENCLATURE                                   |
|---------|------|--|
|         | BNF  | Boue a Foraminiferes et Nannofossiles          |
|         | VSAC | Vase Silto-Angileuse Carbonatee                |
|         | VST  | Vase Silteuse                                  |
|         | BMN  | Boue Marneuse a Nannofossiles                  |
|         | BMNF | Boue Marneuse a Nannofossiles et Foraminiferes |
|         | BD   | Boue a Diatomees                               |
|         | VSTC | Vase Silteuse Carbonatee                       |
|         | BM   | Boue Marneuse                                  |
|         | VSA  | Vase Silto-Angileuse                           |

Tableau 1b

Le dégagement de CO<sub>2</sub> déplace le niveau du volume d'eau contenu dans un tube, le long d'une réglette graduée. Il suffit donc de lire le niveau du volume d'eau avant et après l'attaque acide. Le volume de gaz dégagé est proportionnel à la quantité de CaCO<sub>3</sub> contenue dans le sédiment. On étalonne avec une quantité équivalente à 250 mg de CaCO<sub>3</sub> pur. Les pourcentages obtenus ont une précision de l'ordre du 1 %.

$$\% \text{ CaCO}_3 = \frac{\text{VCO}_2 \text{ dégagé} \times 100}{\text{VCaCO}_3 \text{ pur}}$$

#### 2.3.4. Examen des frottis

Cet examen permet de reconnaître puis d'évaluer les constituants du sédiment. C'est sur ce type de préparation qu'a été effectuée l'identification des nanofossiles (C Müller, Rapport d'étude, 1989).

Pour confectionner un frottis, on prélève quelques mm<sup>3</sup> de sédiments de préférence au même endroit que l'échantillon prélevé pour les analyses de CaCO<sub>3</sub> et de fraction grossière. Le sédiment est déposé sur une lame de verre, délayé dans de l'eau distillée, séché sur une plaque chauffante, imprégné de baume du Canada, puis recouvert par une lamelle. Les frottis sont examinés ensuite au microscope optique ou au microscope électronique à balayage.

#### 2.4 Nomenclature des types lithologiques

La nomenclature utilisée est adaptée de la terminologie employée pour l'étude des sédiments dans le cadre du programme international ODP (Ocean Drilling Program) (Auffret et al., rapport ESOPE sous presse).

Les types sédimentaires sont distingués en fonction de la teneur en carbonate de calcium et la nature des composants terrigènes et biogènes (Tableaux 1a-1b)

#### 2.5 Définition des unités lithologiques

La description des carottes s'effectue suivant le concept des unités lithologiques. Une unité lithologique est une portion de la carotte jugée homogène et correspondant "à priori" à un régime sédimentaire prédominant lors du dépôt des sédiments constitutifs de l'unité. Ceci n'implique pas forcément qu'il s'agit d'un régime purement pélagique, hémipélagique, turbiditique ... mais que l'interférence entre ces différents types



Photo 8 : Exemple d'association de nannofossiles rencontrés dans les sédiments (*Coccolithus pelagicus*, *Cycloccolithus leptoporus*).

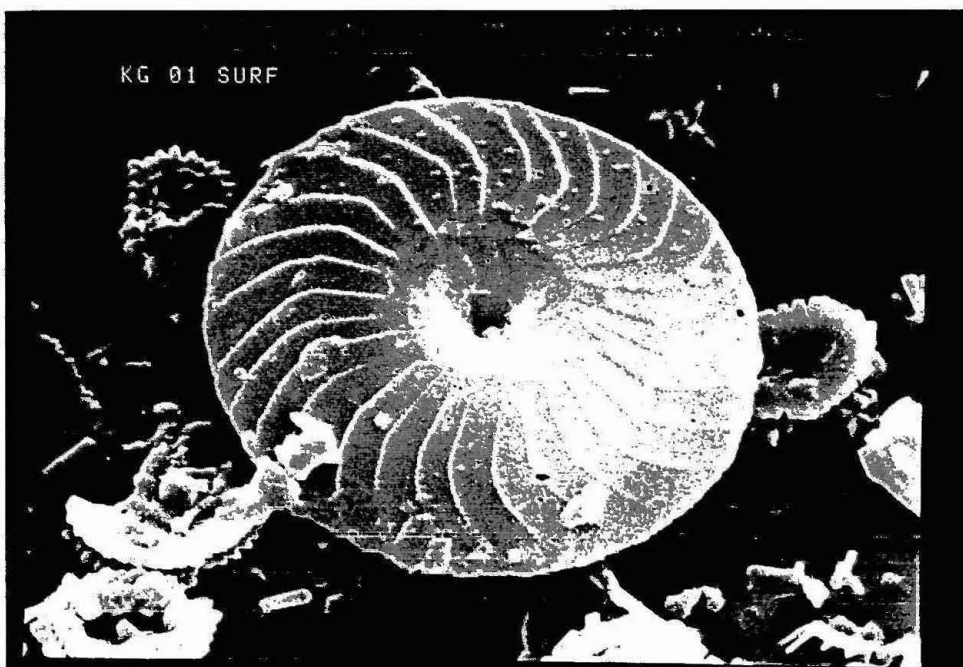


Photo 9 : Détail de *Cycloccolithus leptoporus*

(Photos MEB - Ph. Crassous)



de sédimentation demeure la même durant le temps pendant lequel les sédiments se sont déposés.

### 3 - METHODE D'ETUDE STRATIGRAPHIQUE

L'interprétation des carottes sédimentaires passe par l'établissement d'une stratigraphie. La méthode utilisée pour le datation des sédiments traités dans ce mémoire est basée sur l'étude des nannofossiles calcaires : les coccolithes. Elle a été réalisée par Carla MÜLLER (Contrat de sous-traitance, 1989).

#### 3.1 Détermination des zones stratigraphiques ("Nannozones")

Les coccolithes (du grec kokkos = graine) sont de minuscules plaques calcaires composites, assemblées pour former la coque ("Coccosphères") des coccolithophoridés, algues brunes unicellulaires et planctoniques. Après la mort des organismes, les tests tombent au fond de l'océan, on les retrouve dans la plupart des sédiments marins carbonatés. L'importance géologique des coccolithes est grande : leur vaste distribution géographique ainsi que leur grande vitesse d'évolution en font d'excellents fossiles stratigraphiques (Bréheret, 1977). (Photos 8,9)

L'élaboration de la biostratigraphie s'effectue en observant les populations des diverses espèces présentes dans les échantillons du haut en bas des carottes étudiées, et en estimant leur fréquence. Cet inventaire est effectué par examen des frottis de sédiment au microscope optique ou électronique à balayage.

L'établissement de nannozones (Martini, 1976) permet selon les associations de nannofossiles de situer un échantillon dans un intervalle stratigraphique donné. La nannozone la plus récente NN21 couvre la période allant de 268 000 ans à l'actuel.

#### 3.2 Chronologie du Quaternaire supérieur

La fin du Quaternaire (Pleistocène supérieur) est caractérisée par une succession de phases glaciaires et interglaciaires dont la durée moyenne est de 100 000 ans (fig.14, Pujol 1980). La dernière glaciation "le Würm" s'est achevée il y a environ 10 000 ans. C'est le début de l'Holocène.

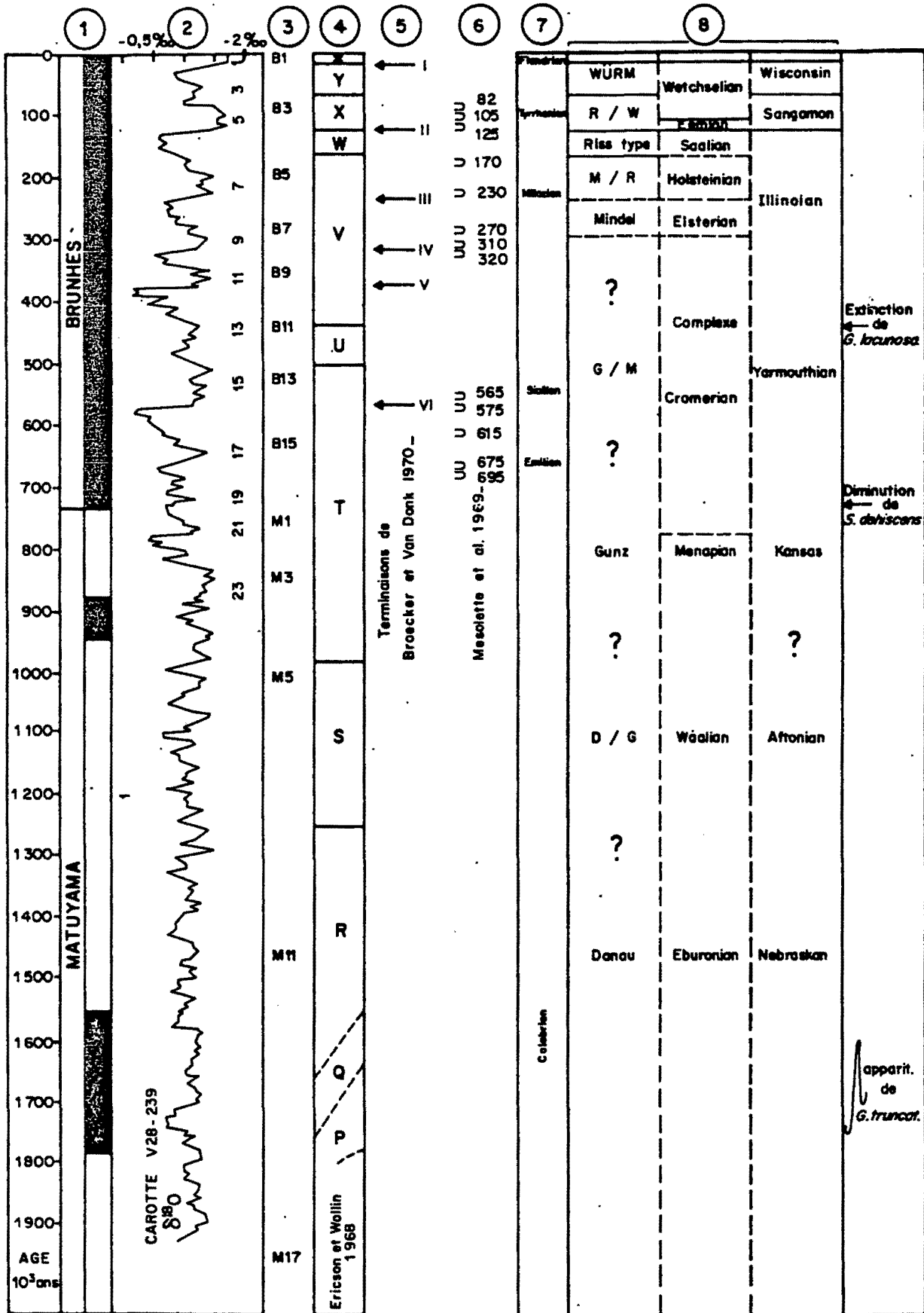


Fig. 10 - Le Quaternaire : échelles stratigraphiques et nomenclature ;

1 - Inversion magnétique - 2 - Courbe isotopique (SCHAKLETON, 1976) - 3 - Maximum des taux de carbonates (HAYS et al., 1969) - 4 - Biozones en domaine tropical - 5 - Terminaisons - 6 - Hauts niveaux marins - 7 - Etages marins - 8 - Nomenclature continentale.

| Epoque                      | Age (BP)              |
|-----------------------------|-----------------------|
| Holocène                    | 10 000 ----> actuel   |
| Glaciation de Würm          | 75 000 ----> 10 000   |
| Interglaciaire Riss/Würm    | 125 000 ----> 75 000  |
| Glaciation de Riss          | 200 000 ----> 125 000 |
| Interglaciaire Mindell/Riss |                       |
| Glaciation de Mindell       |                       |

(BP = "Before Present")

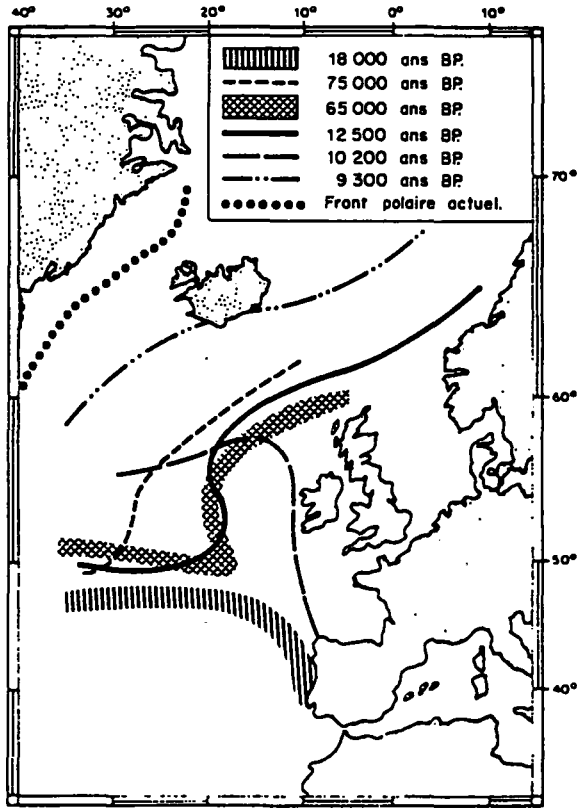
Le Würm comprend plusieurs stades de refroidissement et de réchauffement (Pujol, 1980). A l'intérieur de la zone NN21 la stratigraphie isotopique distingue huit stades (Shackleton, 1976). Les stades impairs 1, 3, 5, 7 correspondent à des périodes de réchauffement et de haut niveau marin, les stades pairs 2, 4, 6, 8 à des périodes de refroidissement et de bas niveau marin.

Pour identifier ces différents stades dans les carottes on peut utiliser un certain nombre de repères stratigraphiques. La succession des phases froides et chaudes dans l'Atlantique Nord Est s'accompagne de changements dans la nature des sédiments :

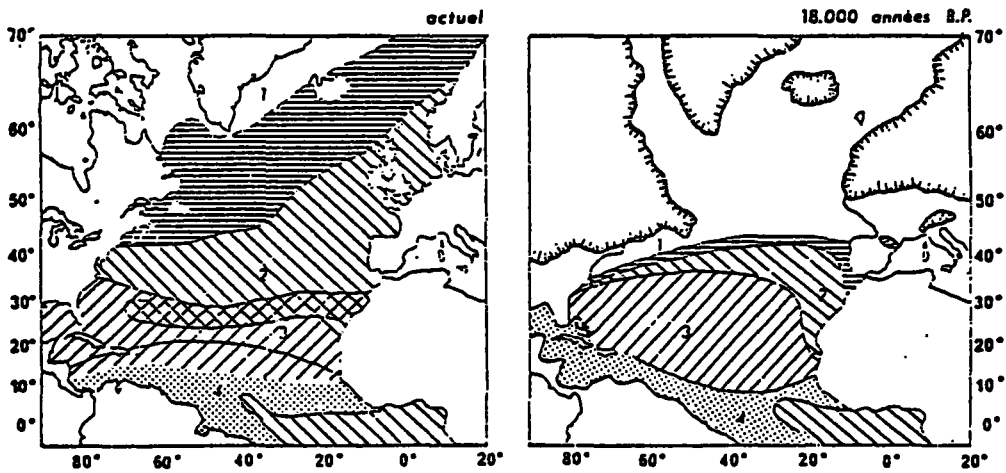
- les phases froides sont caractérisées par la prédominance de la sédimentation terrigène d'origine glaciaire (délestage de glaces flottantes ou d'icebergs) pauvre en carbonate (faible productivité biologique en surface, mannofossiles rares)
- les phases chaudes sont caractérisées par la prédominance de la sédimentation pélagique biogène riche en carbonate (forte productivité, mannofossiles et foraminifères abondants) ou en silice (diatomées).

Ces variations de productivité sont traduites sur la courbe de teneur en  $\text{CaCO}_3$  par des minima et des maxima dont les âges sont estimés à + ou - 5 000 ans, ceci d'après les travaux antérieurs (Ruddiman et Mc Intyre, 1976 ; Béheret, 1977).

Trois niveaux de cendre volcanique ont été mis en évidence dans des carottes prélevées dans l'Atlantique Nord Est (Ruddiman et Glover, 1972), ils ont été datés respectivement à 9 000 ans BP, 65 000 ans BP et 340 000 ans BP, seuls les deux premiers concernent la période considérée.



**Figure 15** · Déplacement du front polaire. (Puzos, 1990)



**ASSEMBLAGES DE COCCOLITHES** distribués dans les sédiments de surface, actuellement, et lors du dernier épisode glaciaire

- 1. Assemblage subpolaire
- 2. Assemblage transitionnel
- 3. Assemblage subtropical
- 4. Assemblage tropical

**Figure 16**

(d'après McIntyre, Kipp et al., 1976)

Deux niveaux particuliers de vase indurée dolomitique sont présents dans les carottes ; ils ont été rencontrés dans d'autres carottes prélevées dans la zone et datés par des mesures au Carbone 14, respectivement à 20 000 ans et 34 000 ans BP (Rudgers van der Loeff et Lavaleyte, 1986).

On trouvera ci-dessous un tableau regroupant les marqueurs utilisés pour établir le cadre chronologique ayant servi de référence pour l'étude des carottes.

|                                     |       |             |
|-------------------------------------|-------|-------------|
| Maximum 1 CaCO <sub>3</sub>         | ----> | actuel      |
| Niveau de verre volcanique 1        | ----> | 9 000 ans   |
| Niveau silteux dense S <sub>2</sub> | ----> | 20 000 ans  |
| Minimum 1 CaCO <sub>3</sub>         | ----> | 21 000 ans  |
| Niveau silteux dense S <sub>3</sub> | ----> | 34 000 ans  |
| Maximum 2 CaCO <sub>3</sub>         | ----> | 60 000 ans  |
| Minimum 2 CaCO <sub>3</sub>         | ----> | 64 000 ans  |
| Niveau verre volcanique 2           | ----> | 65 000 ans  |
| Maximum 3 CaCO <sub>3</sub>         | ----> | 96 000 ans  |
| Minimum 3 CaCO <sub>3</sub>         | ----> | 130 000 ans |

Le déplacement du front polaire depuis le dernier maximum glaciaire (18000 ans BP) et les assemblages de coccolithes associés sont illustrés dans les figures 15 et 16 ci-contre.

### 3.3 Indicateurs de paléoenvironnement

L'interprétation des conditions climatiques prévalant lors de la mise en place des dépôts est fondée sur quelques critères simples :

- La présence d'une fraction terrigène silto-sableuse abondante (quartz, feldspaths, lithoclasts), la rareté des nannofossiles, la dissolution des carbonates sont des indices de climat froid.
- L'abondance des carbonates, des nannofossiles (particulièrement *Gephyrocapsa ericsonii*) et des foraminifères traduisent des périodes de réchauffement, comparables au climat actuel.

## Chapitre 2

**Résultats de l'étude lithostratigraphique :**

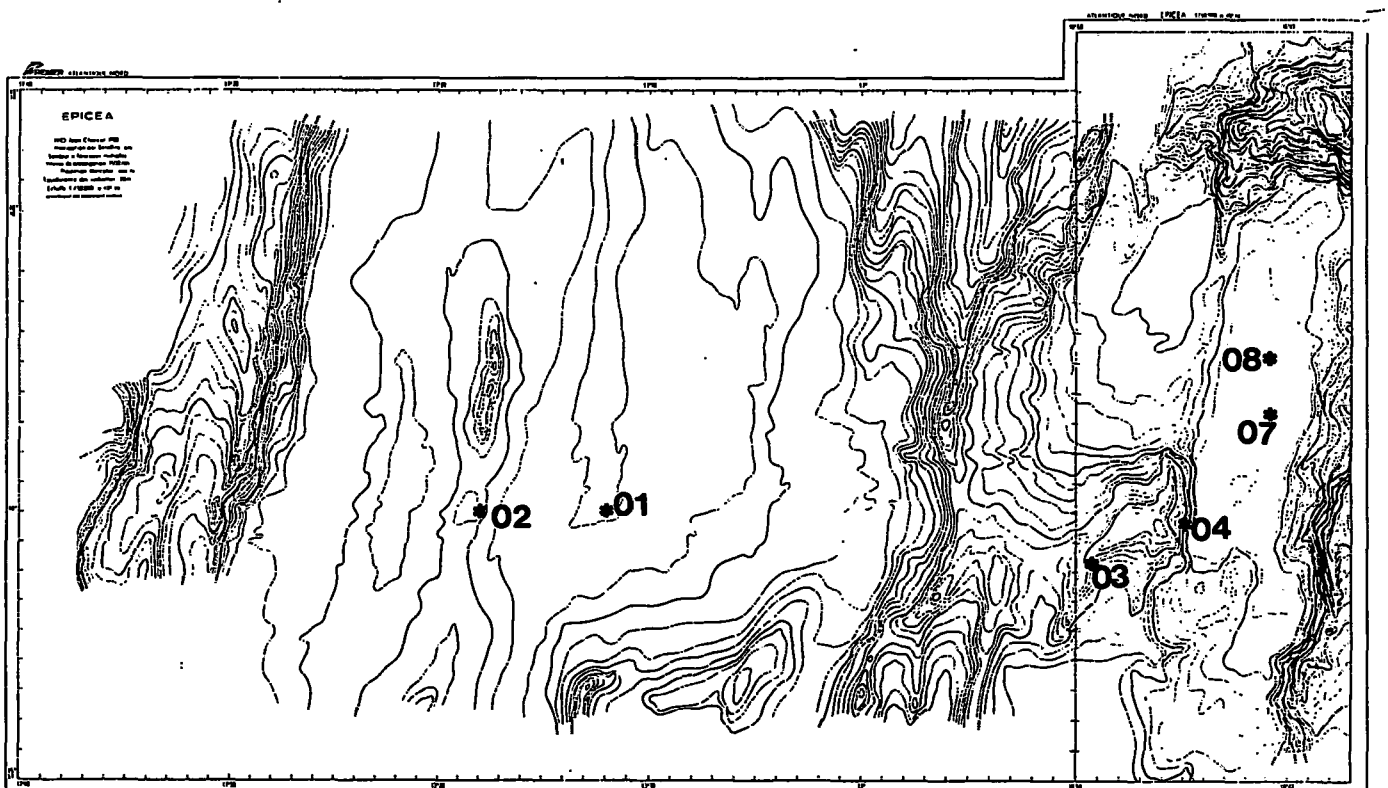
**Caractérisation de sédiments**

### Présentation des résultats

On trouvera ci-après, par zone topographique, une description de chaque carotte en terme d'unités lithologiques, avec indication de la stratigraphie. Les résultats d'analyses sont présentés sous forme de tableaux suivis d'une fiche synthétique correspondant à l'ensemble de la carotte et de fiches synthétiques par sections. Les symboles graphiques utilisés dans ces fiches ont été donnés dans les tableaux 1 (p. 27) et 1b (p. 31). Les éditions ont été réalisées à l'aide du logiciel LOGSATE présenté en annexe.

Tableau récapitulatif des carottes

| Mission : EPICEA 2 |           | Navire : J. Charcot |          | Date : 02/10/88 → 17/10/88 |            |                    |
|--------------------|-----------|---------------------|----------|----------------------------|------------|--------------------|
| N° carotte         | LATITUDE  | LONGITUDE           | PROF (m) | LONG (cm)                  | Nbre sect. | COMMENT.           |
| 01                 | 46°00.2'N | 17°12.1'W           | 4730     | 780                        | 8          | Vallée occidentale |
| 02                 | 46°00.1'N | 17°18'W             | 4650     | 297                        | 3          | id.                |
| 03                 | 45°58.6'N | 16°49.7'W           | 4330     | 605                        | 6          | Collines centrales |
| 04                 | 46°00.4'N | 16°49.4'W           | 4700     | 189                        | 2          | id.                |
| 07                 | 46°03.7'N | 16°41.6'W           | 4700     | 180                        | 2          | Fosse centrale     |
| 08                 | 46°05.2'N | 16°41.1'W           | 4690     | 541                        | 6          | id.                |

Plan de position



## Chapitre 2

---

### Résultats de l'étude lithostratigraphique : caractérisation des sédiments.

#### 1. ZONE DE LA VALLEE OCCIDENTALE

##### 1.1. Carotte KSO1

|            |                          |              |        |
|------------|--------------------------|--------------|--------|
| Position : | $\phi = 46^{\circ}00,2N$ | Profondeur : | 4730 m |
|            | $G = 17^{\circ}12,1W$    | Longueur :   | 780 cm |

La carotte se compose de 3 unités.

##### Unité 1 : de 0 à 265 cm

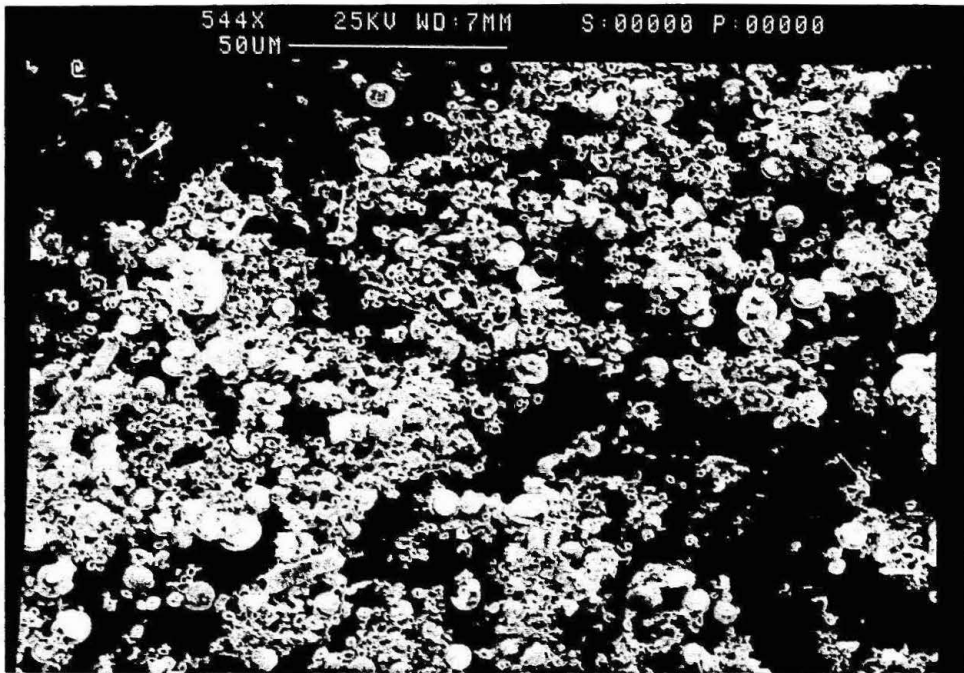
Cette unité est constituée de 0 à 40 cm par des boues à nannofossiles et foraminifères de couleur beige clair (2,5Y-8/4) présentant, de 15 à 35 cm, des petits terriers allongés. La teneur en  $CaCO_3$  est de 80 %. Les nannofossiles sont abondants et bien conservés. Les associations sont dominées par *Emiliana huxleyi*, *Gephyrocapsa ericsonii*, *Cyclococcolithus leptoporus*. On observe une passée de silt fin à 25 cm et deux lithoclasts à 38 cm et 40 cm (roche éruptive).

De 40 à 135 cm, on rencontre des vases silteuses de couleur beige grisâtre (2,5Y-5/2) relativement homogènes. Les nannofossiles sont sporadiques ou absents. Des lithoclasts sont présents à 60 cm (galet de calcaire à grain fin) et 65 cm.

Dans cette séquence, sont intercalés des niveaux de couleur grise (2,5Y-6/2), plus denses, bien mis en évidence par la courbe de gammadensité (41 à 44 cm, 61 à 65 cm). Leur densité atteint 2,2. Ces niveaux caractéristiques sont dépourvus de nannofossiles et sont très riches en carbonates détritiques.

De 135 à 240 cm, on trouve des boues marneuses à nannofossiles beiges (2,5Y-7/2) bioturbées de 113 à 135 cm avec des terriers bien conservés (chondrites).

Les nannofossiles sont très abondants et bien conservés. L'association est dominée par *Coccolithus pelagicus*, *Cyclococcolithus leptoporus*, *Emiliana huxleyi*, *Gephyrocapsa ericsonii*. Des niveaux gris caractéristiques, identiques à ceux décrits précédemment, sont présents de 135 à 143 cm et de 183 à 186 cm (plus diffus).

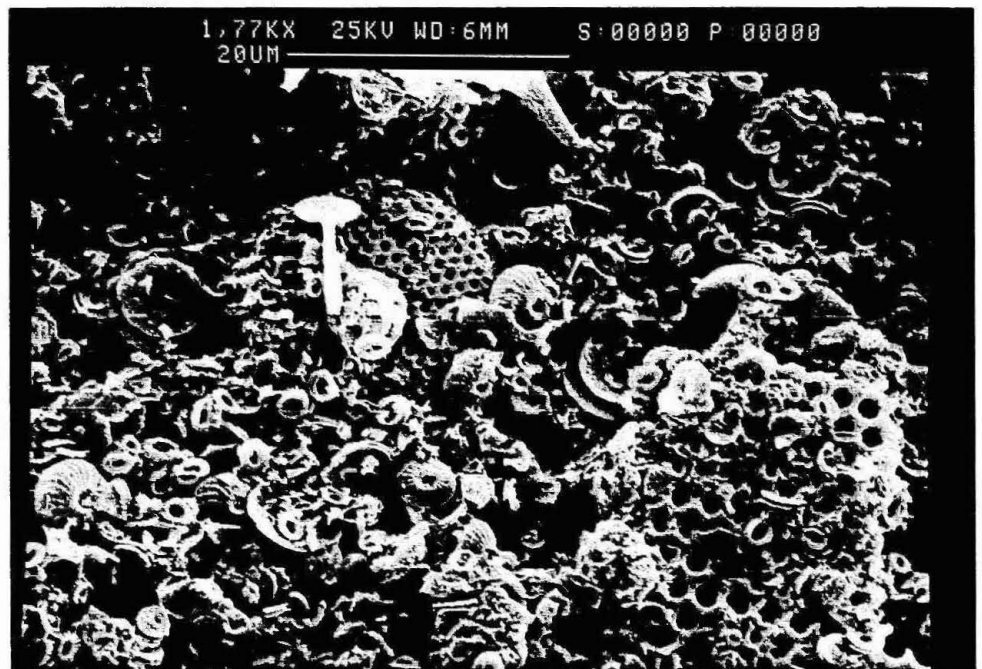


Boue à nannofossiles

Photo 10

Boue à nannofossiles et diatomées

Photo 11



Détail :  
*Cycloccolithus leptoporus*  
(vue proximale et distale)

Photo 12

De 240 à 265 cm, les sédiments rencontrés sont des vases silto-argileuses, beiges foncées (2,5-4/4) avec à 240 cm, un niveau noirâtre. Les nannofossiles sont très rares. On note l'abondance de matériel détritique anguleux, d'argiles et de remaniements. Vers la base de ce niveau (255 cm), on note un enrichissement en *Coccolithus pelagicus*.

#### Unité 2 : de 265 cm à 535 cm

Cette unité est constituée de boue à nannofossiles, foraminifères et diatomées, homogène et de couleur beige clair (2,5Y-7/4). Les nannofossiles sont abondants et bien conservés, l'association est dominée par *Gephyrocapsa ericsonii* et *Coccolithus pelagicus*. Les diatomées sont également abondantes, des lits sont présents à 392 cm et de 463 à 470 cm.

Des niveaux de boue marneuse de couleur beige (2,5Y-7/4), bioturbés, sont intercalés dans cette série de 290 à 305 cm, de 340 à 348 cm, de 455 à 462 cm.

#### Unité 3 : de 535 cm à la base (780 cm)

Elle est composée de 535 à 720 cm de boue marneuse de couleur gris brun (2,5Y-5/2) avec des lits ou des taches de réduction, concentrées de 560 à 620 cm. Les nannofossiles sont rares à très rares ; Par contre, le matériel détritique, les argiles et les remaniements sont plus importants. De 545 à 548 cm, les nannofossiles montrent des traces de dissolution et les diatomées disparaissent.

De 720 à 775 cm, on observe des boues marneuses à nannofossiles de couleur grise (2,5Y-7/2). Les nannofossiles sont fréquents. L'association est dominée par *Coccolithus pelagicus* et *Cyclococcolithus leptoporus*.

A la base de la carotte, de 775 à 780 cm, on rencontre des boues à nannofossiles de couleur blanche (2,5Y-8/1). Ce niveau est caractérisé par la dominance d'une très petite espèce de coccolithe du genre *gephyrocapsa* sp.

#### Stratigraphie

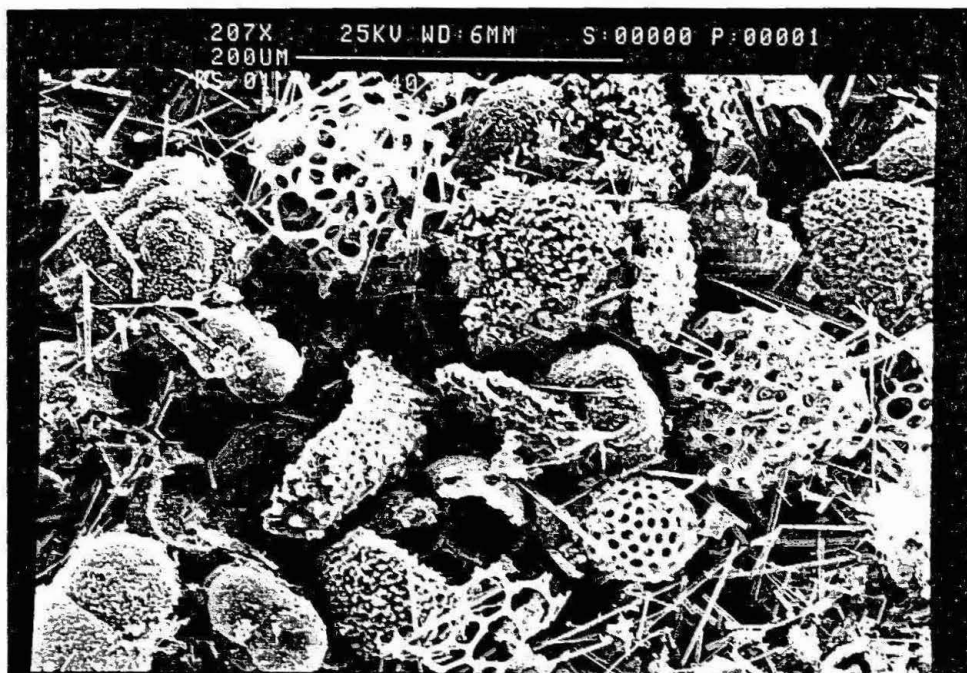
La carotte entière appartient probablement à la zone à *Emiliania huxleyi* (NN21) du Pleistocène supérieur.

---

Une illustration des différents types de sédiment rencontrés dans la carotte KS01 est donnée dans les pages 44 et 46, photos 10 à 15. Les photos ont été réalisées au MICROSCOPE ELECTRONIQUE A BALAYAGE - CAMBRIDGE STEREOSCAN du département DERO-EP (Ph. Crassous).

Boue à foraminifères et radiolaires avec spicules

Photo 13



358X 25KV WD:7MM S:00000 P:00002  
100UM  
KS 01 NIV GRIS 2



Niveau gris induré à dolomie

Photo 14

Boue à diatomées

Photo 15



## E P I C E A

Carotte : 01  
Date : 02/10/88

Longueur : 780 cm  
Sonde : 4730 m

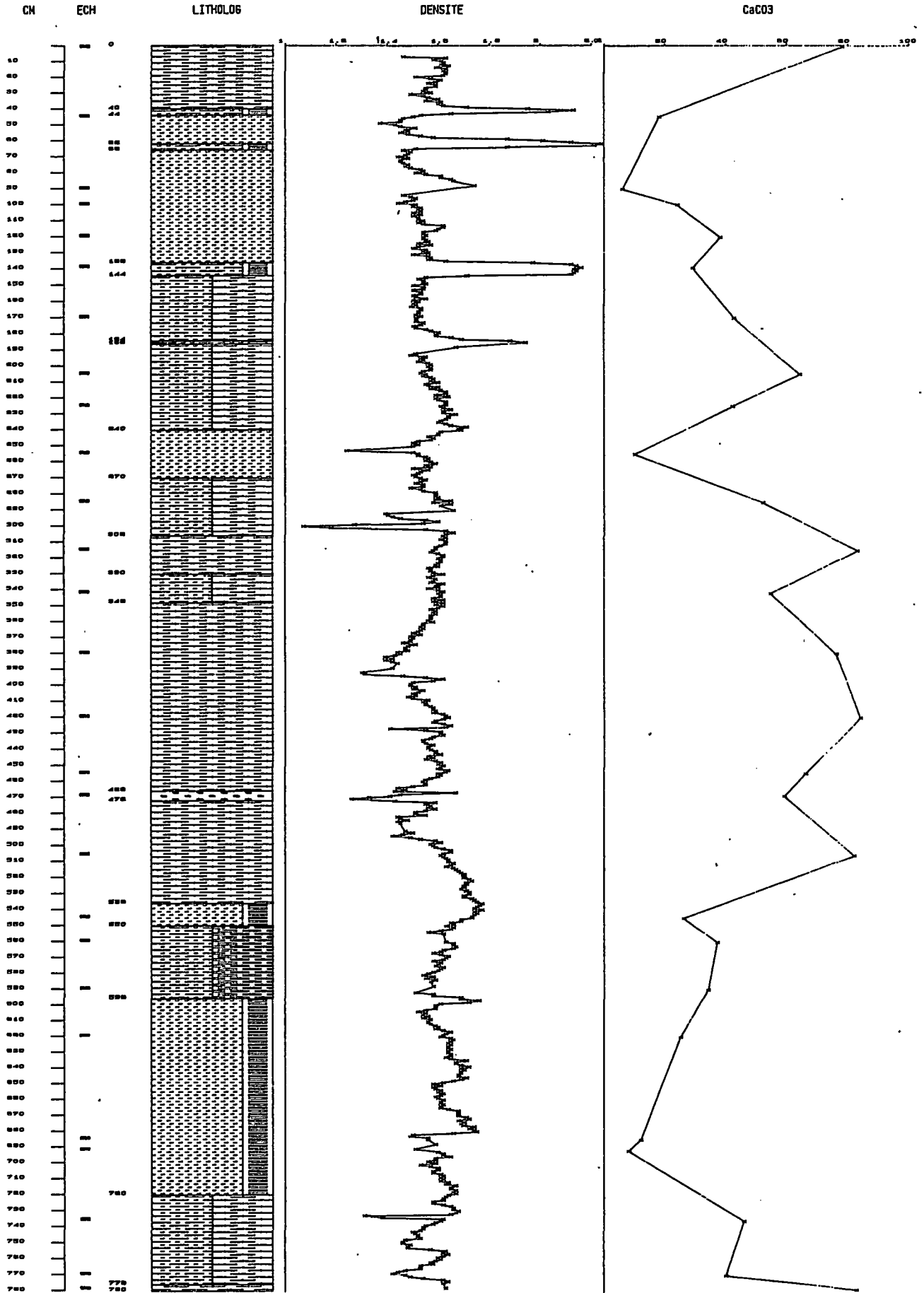
Latitude : 46°00'2 N  
Longitude : 17°12'1 W

INTERVALLE: ( 0 - 780 )

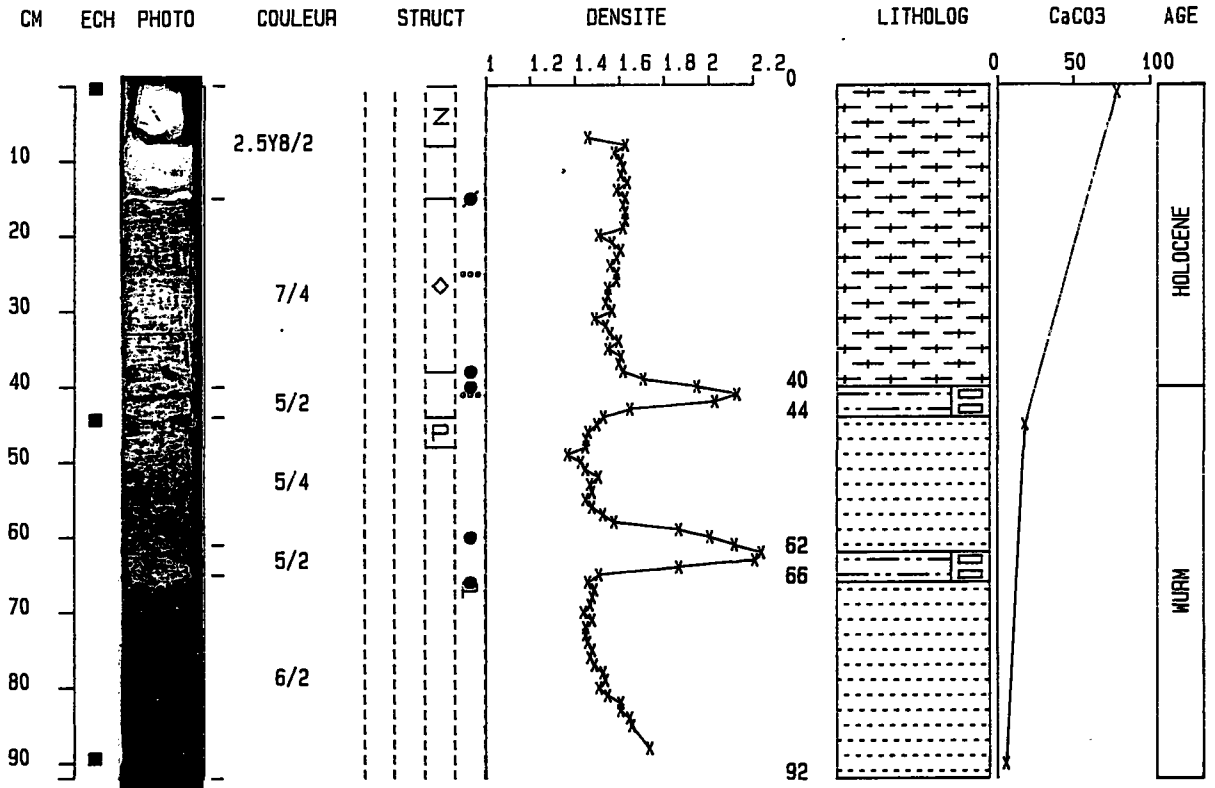
| PROF.<br>cm | CAC03<br>IFRMR<br>% | FR>63µ<br>IFRMR<br>% | SEDIMENT<br>IFRMR |      |
|-------------|---------------------|----------------------|-------------------|------|
|             |                     |                      | Zone(cm)          | Code |
| 1           | 78.00               | 15.50                | 0-40              | BNF  |
| 45          | 18.00               | 20.00                | 40-44             | VSAC |
| 90          | 6.00                | 12.00                | 44-61             | VST  |
| 100         | 24.00               |                      | 61-65             | VSAC |
| 120         | 38.00               |                      | 65-135            | VST  |
| 139         | 29.00               | 19.00                | 135-143           | VSAC |
| 170         | 42.50               | 9.00                 | 143-183           | BMN  |
| 205         | 64.00               |                      | 183-186           | VSAC |
| 225         | 42.00               |                      | 186-240           | BMN  |
| 255         | 10.00               | 5.00                 | 240-270           | VST  |
| 285         | 52.00               |                      | 270-305           | BMN  |
| 315         | 83.00               | 10.00                | 305-330           | BNF  |
| 342         | 54.50               |                      | 330-348           | BMNF |
| 380         | 76.00               | 4.00                 | 348-465           | BNF  |
| 420         | 84.00               |                      | 465-471           | BD   |
| 455         | 66.00               |                      | 471-535           | BNF  |
| 469         | 59.00               | 4.00                 | 535-550           | VSTC |
| 506         | 82.00               | 16.00                | 550-595           | BM   |
| 545         | 26.00               |                      | 595-720           | VSTC |
| 560         | 37.00               | 3.00                 | 720-775           | BMNF |
| 590         | 34.00               |                      | 775-780           | BNF  |
| 620         | 25.00               | 1.50                 |                   |      |
| 685         | 12.00               | 38.00                |                   |      |
| 692         | 8.00                |                      |                   |      |
| 736         | 46.00               |                      |                   |      |
| 770         | 40.00               |                      |                   |      |
| 779         | 83.00               | 13.00                |                   |      |

IFREMER / DERO-GM

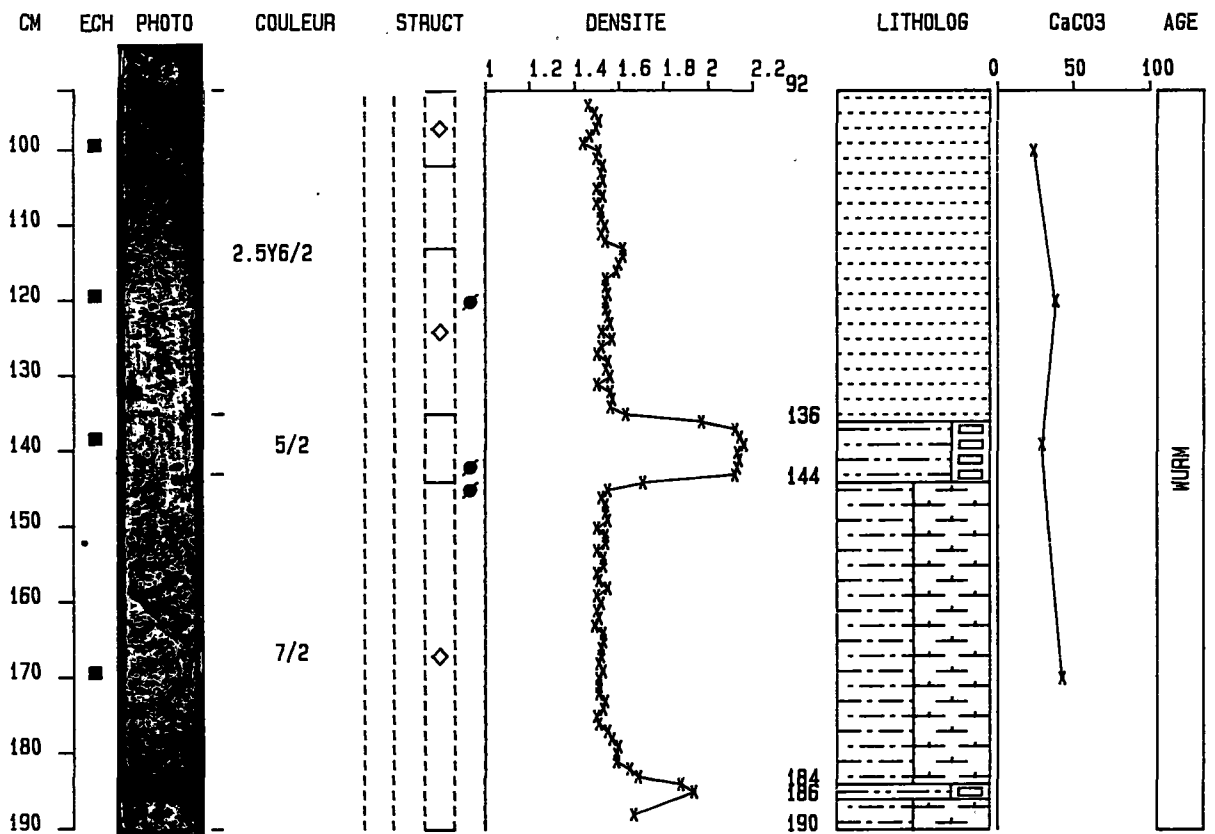
# EPICEA CAROTTE: 01 SECTION: 1 ( 0 - 780 )



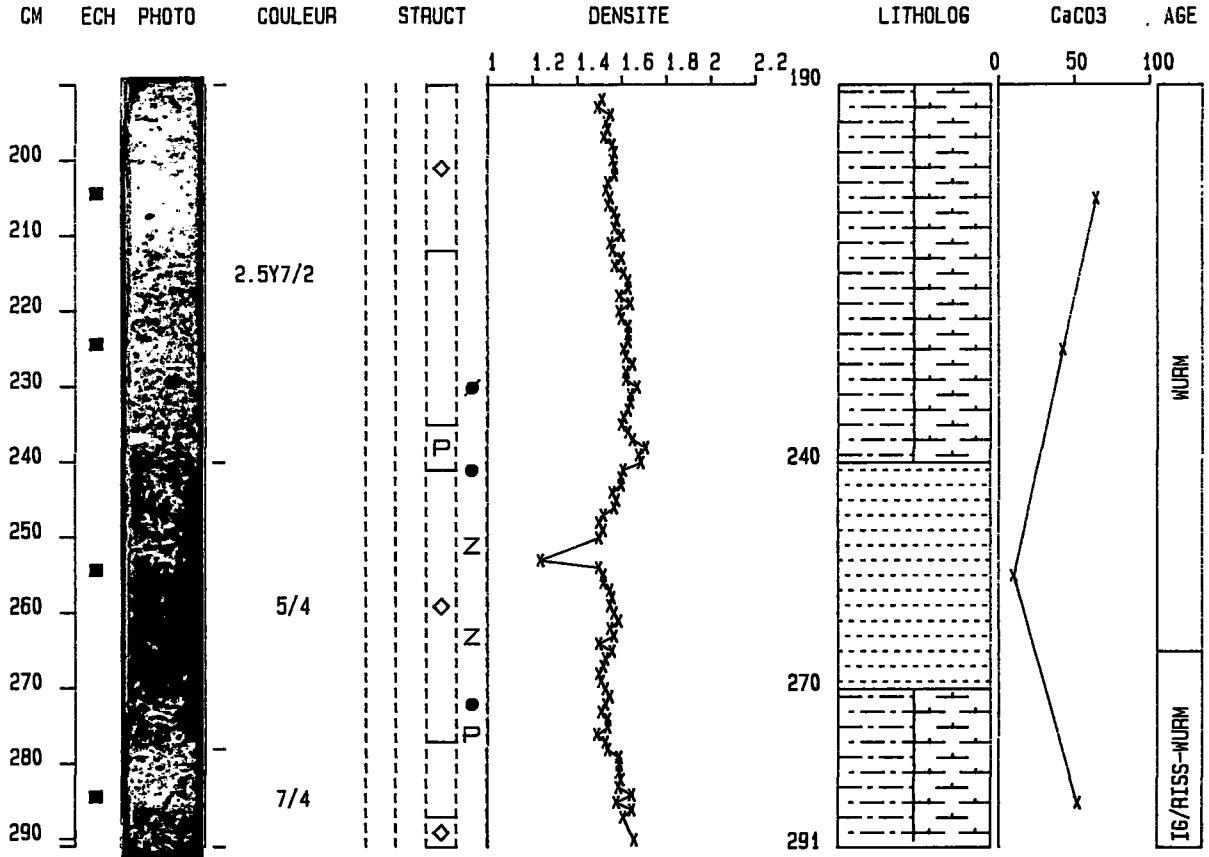
EPICEA CAROTTE: 01 SECTION: 1 ( 0 - 92 )



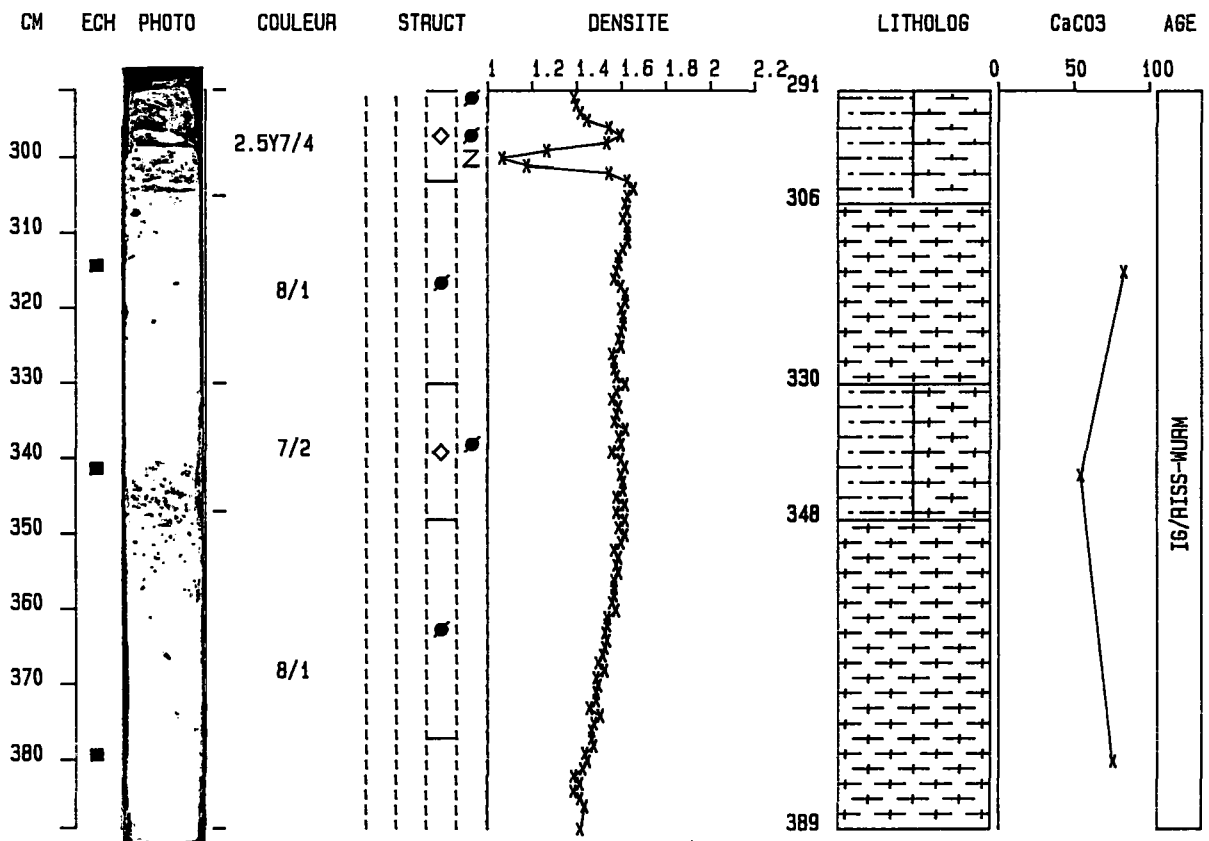
EPICEA CAROTTE: 01 SECTION: 2 ( 92 - 190 )



EPICEA CAROTTE: 01 SECTION: 3 ( 190 - 291 )

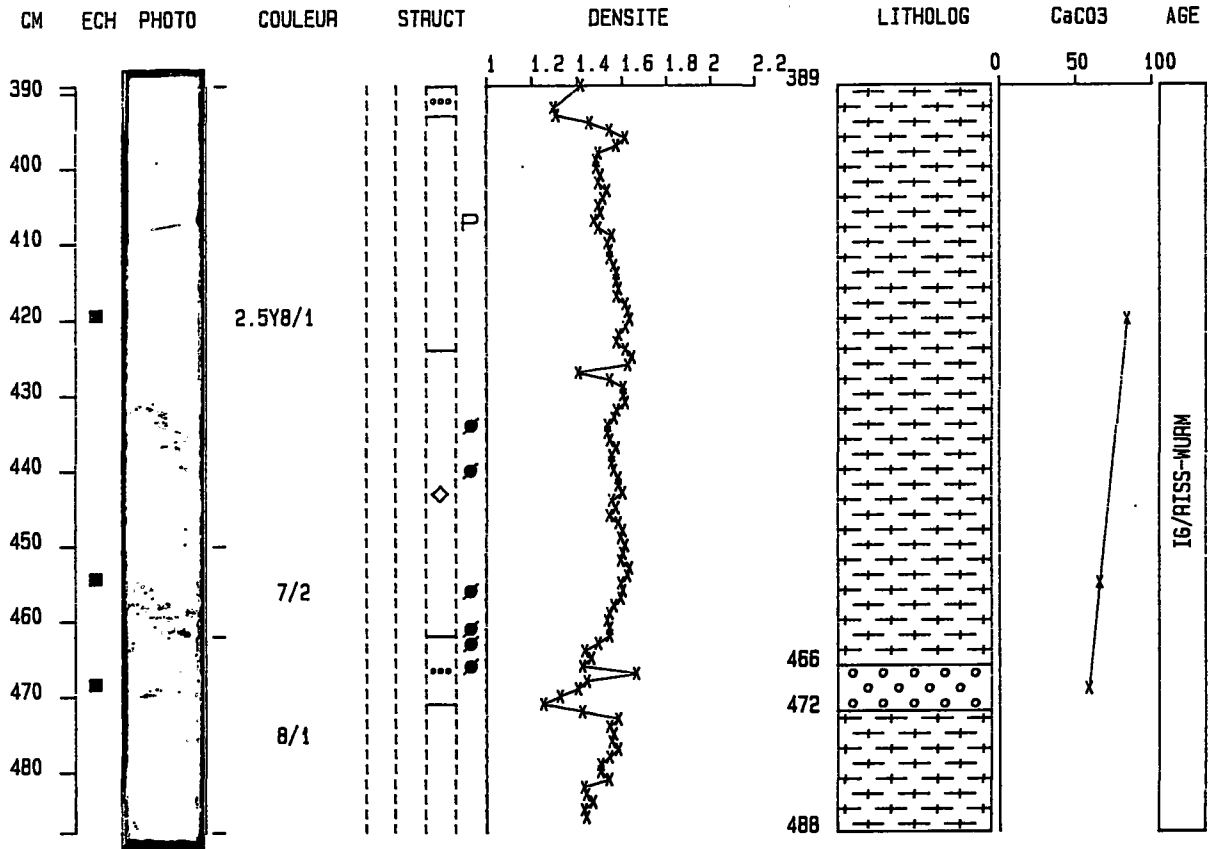


EPICEA CAROTTE: 01 SECTION: 4 ( 291 - 389 )

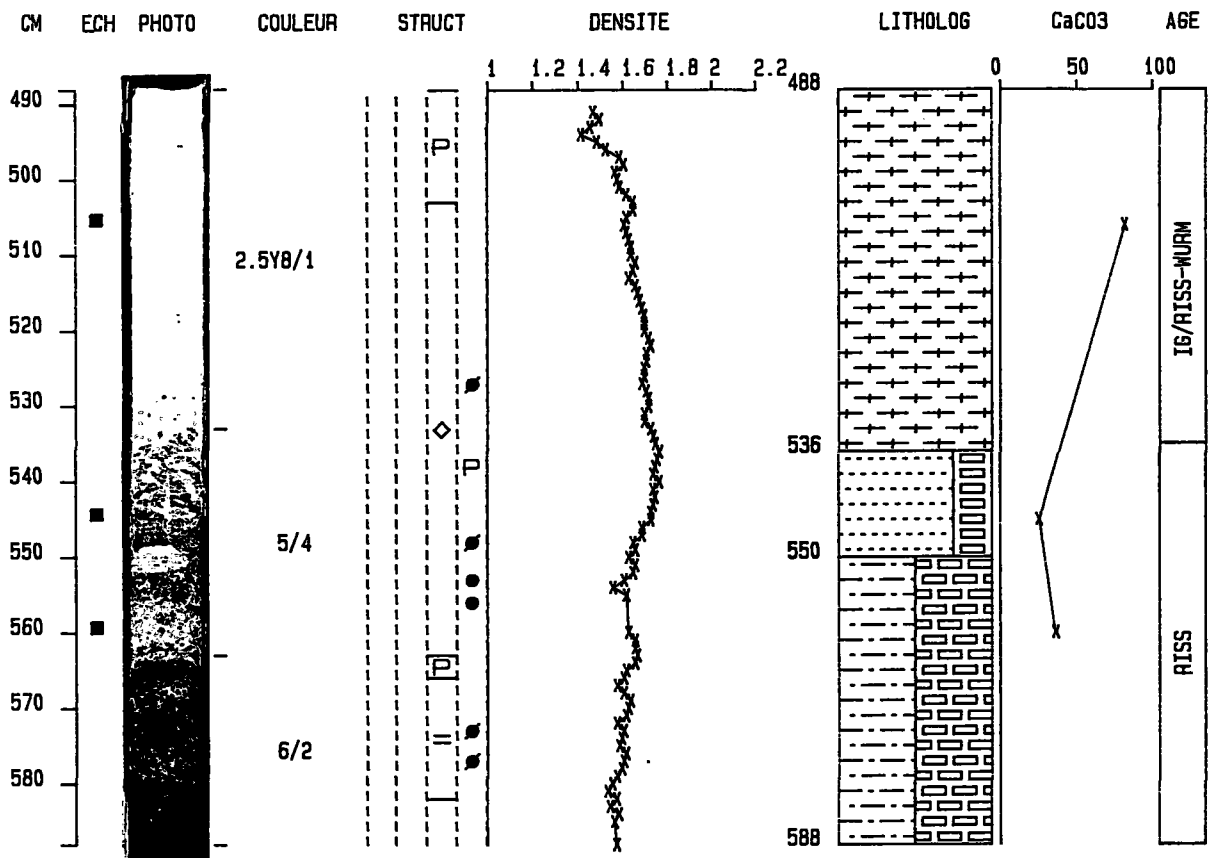




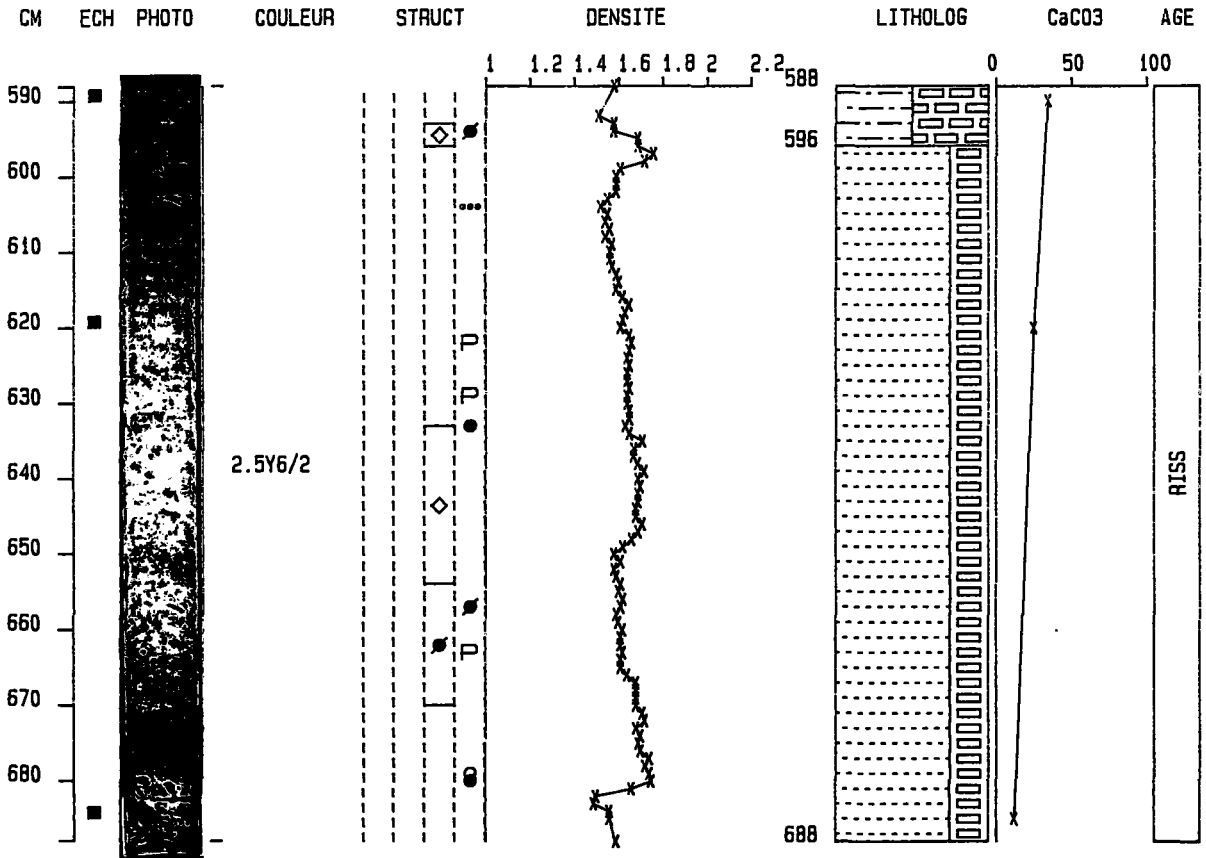
EPICEA CAROTTE: 01 SECTION: 5 ( 389 - 488 )



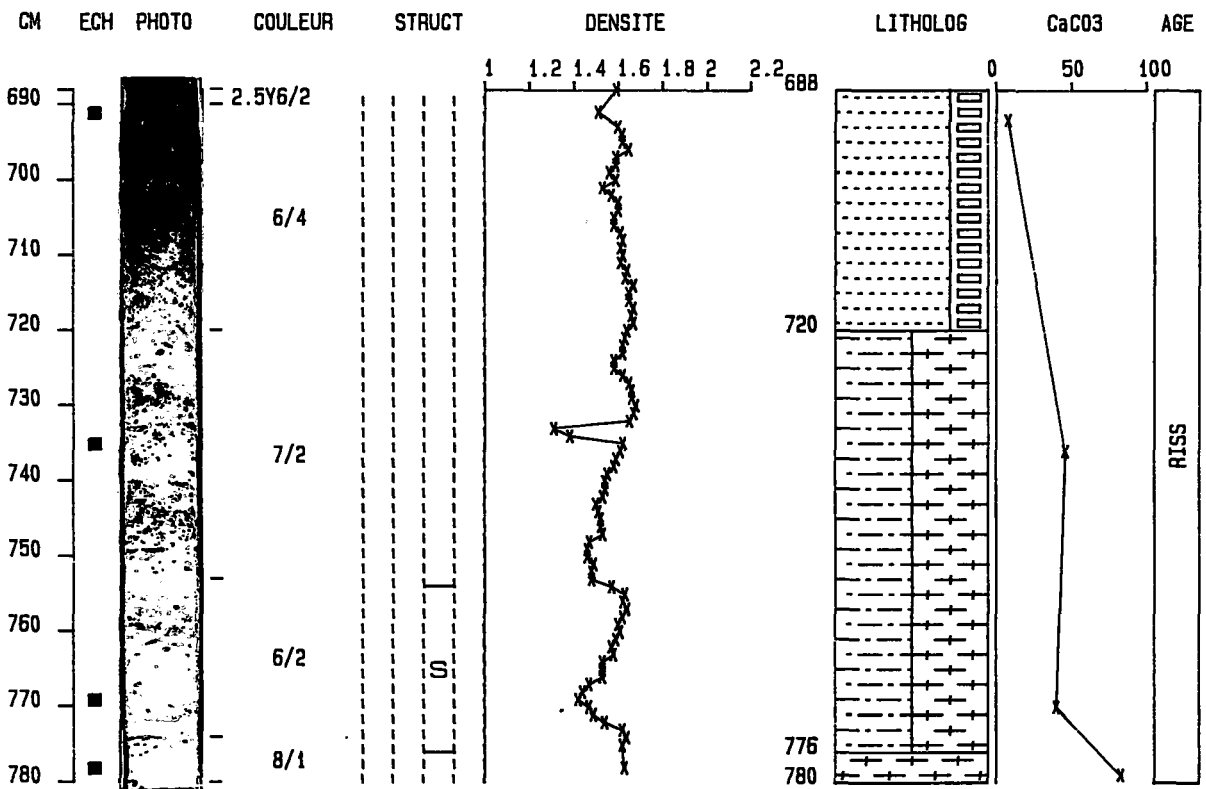
EPICEA CAROTTE: 01 SECTION: 6 ( 488 - 588 )



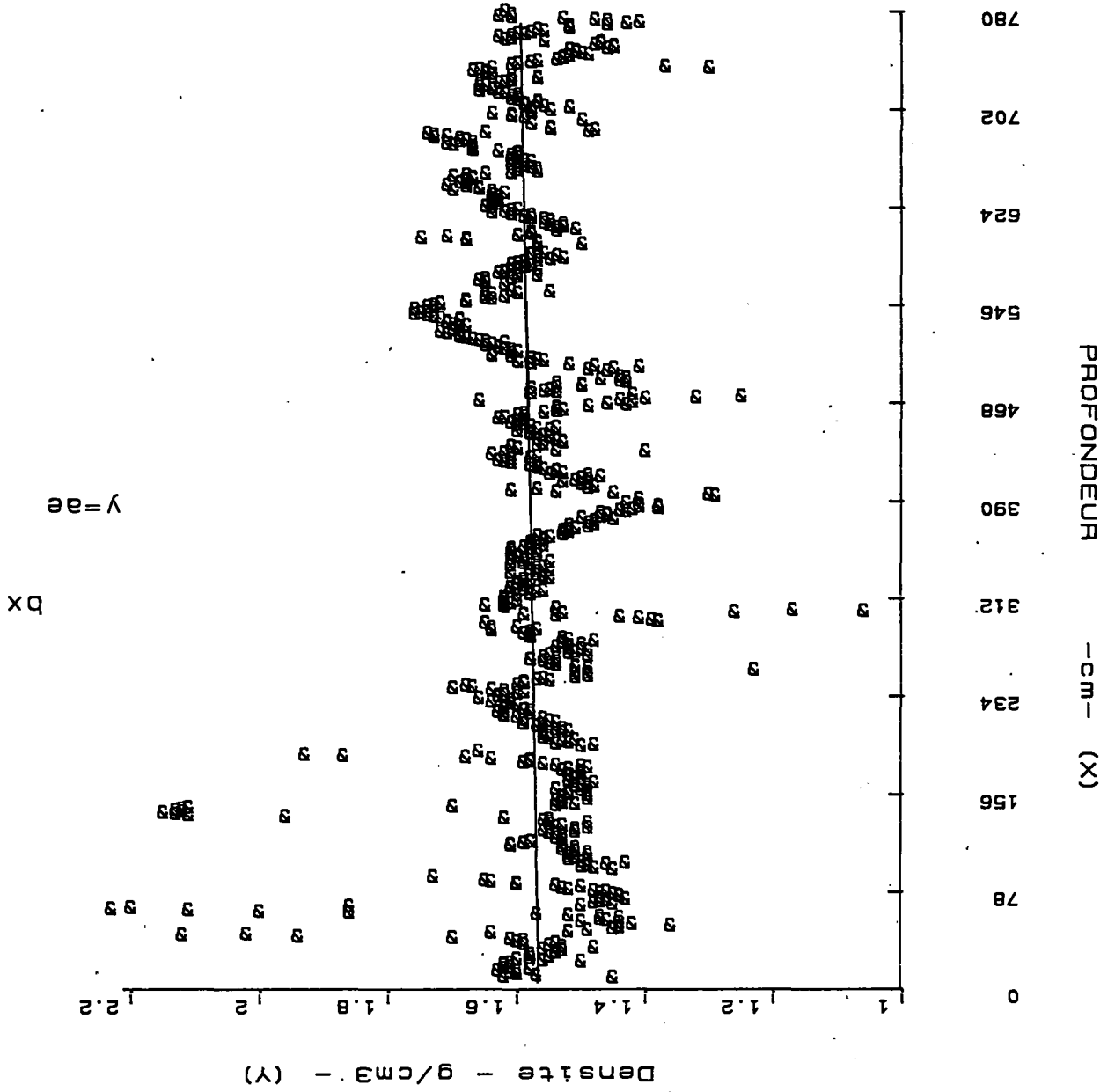
EPICEA CAROTTE: 01 SECTION: 7 ( 588 - 688 )



EPICEA CAROTTE: 01 SECTION: 8 ( 688 - 780 )



EPICEA KS 01 CORRELATION DENSITE PROFONDEUR



|            |        |        |        |
|------------|--------|--------|--------|
| Intervalle | a      | b      | r²     |
| 0 - 780    | 1.5687 | 0.0000 | 0.0067 |

## 1.2. Carotte KS02

Position :             $\phi = 46^{\circ}00,1N$                             Profondeur    : 4650 m  
                            $G = 17^{\circ}18,1W$                             Longueur       : 297 cm

Dans cette carotte, on peut distinguer deux unités.

### Unité 1 : de 0 à 252 cm

Elle est constituée, en surface, de 0 à 15 cm de boue à nannofossiles et foraminifères de couleur beige clair (2,5Y-7/4), homogène, très fluide (perturbation ?). Sa teneur en  $CaCO_3$  atteint 80 %, la fraction grossière (20 %) est essentiellement composée de foraminifères. Les nannofossiles sont abondants et bien conservés. L'association comporte surtout les espèces suivantes : *Cycloccolithys Leptoporus*, *Gephyrocapsa ericsonii*, *Syracosphaera pulchra*, *Emiliana huxleyi*. *Coccolithus pelagicus* est rare.

De 15 à 215 cm, nous rencontrons une série hétérogène, composée d'une alternance ou d'un mélange de différentes lithologies.

De 15 cm à 100 cm, on observe une alternance de boue à nannofossiles de couleur beige (2,5Y-7/4) riche en nannofossiles bien conservés, avec également quelques diatomées, et de vase calcaire de couleur brune (2,5Y-4/4) moins riche en nannofossiles, avec des carbonates et des remaniements. Dans cette série, sont intercalés des niveaux gris, denses de 41 à 45 cm, de 57 à 63 cm, de 69 à 75 cm et de 93 à 96 cm. Les nannofossiles y sont rares, par contre les carbonates détritiques et le quartz sont abondants. Le niveau 57-63 cm contient deux lithoclasts (calcaire à grain fin et basalte gris, fin ?).

De 100 à 149 cm, on passe à une boue à nannofossiles et foraminifères de couleur beige clair (2,5Y-8/1) riche en nannofossiles, en diatomées. Quelques silicoflagellés sont présents. Les espèces de coccolithes dominantes sont *Gephyrocapsa ericsonii* et *Emiliana huxleyi*. *Coccolithus pelagicus* est abondant.

De 150 à 215 cm, nous rencontrons une séquence hétérogène déformée, constituée d'un mélange de vase silteuse de couleur grise (2,5Y-5/2) et de boue à nannofossiles de couleur beige clair (2,5Y-8/1).

De 215 à 217 cm, on observe une couche de vase silteuse de couleur grise (2,5Y-5/2) montrant des déformations moins nettes. Elle est pauvre en nannofossiles, riche en argiles et en matériel déritique.

Unité 2 : de 252 à la base (297 cm)

La carotte se termine par cette unité de boue à nannofossiles de couleur blanche (2,5Y-8/1). Les nannofossiles sont abondants et bien conservés. L'association est dominée par une très petite espèce du genre *gephyrocapsa* sp. déjà observée à la base de la carotte KS01 décrite précédemment. Les diatomées sont fréquentes.

Stratigraphie

La carotte entière appartient à la zone à *Emiliana huxleyi* (NN21) du Pléistocène supérieur.

## E P I C E A

Carotte : 02  
Date : 06/10/88

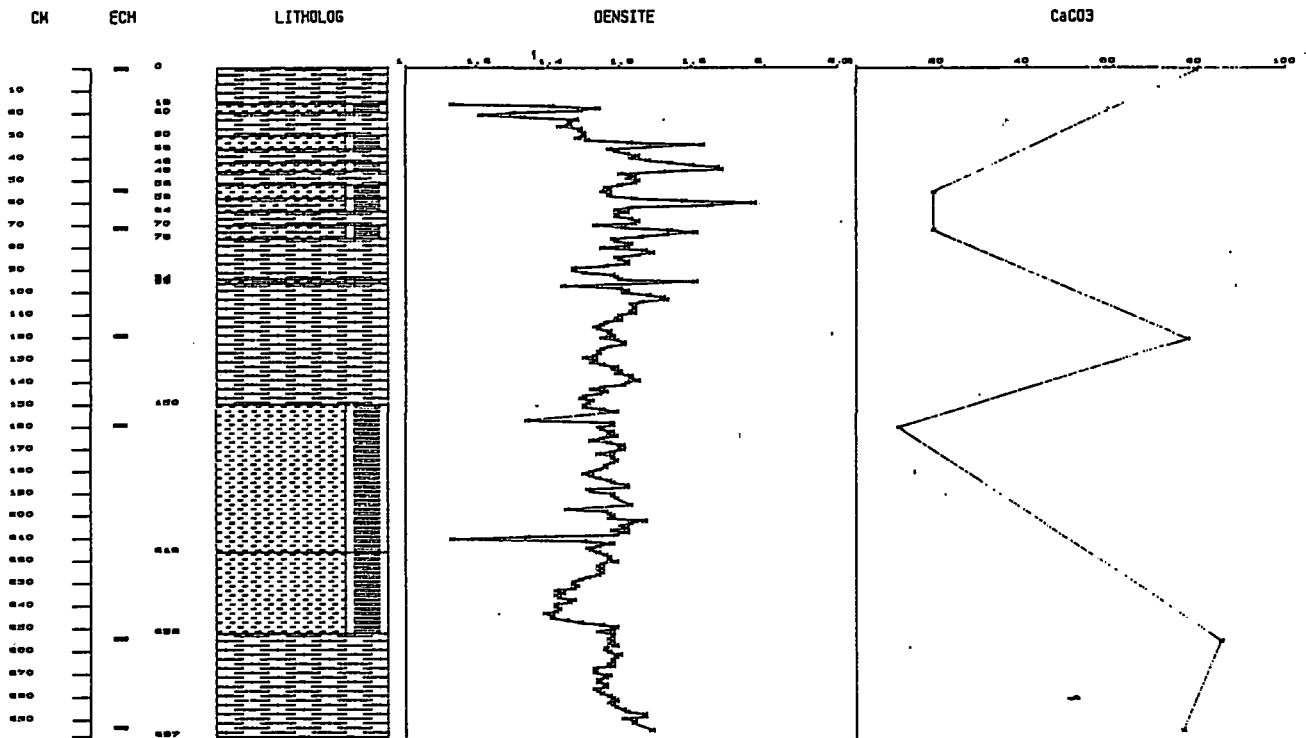
Longueur : 297 cm  
Sonde : 4650M m

Latitude : 46°00.1' N  
Longitude : 017°18.1' W

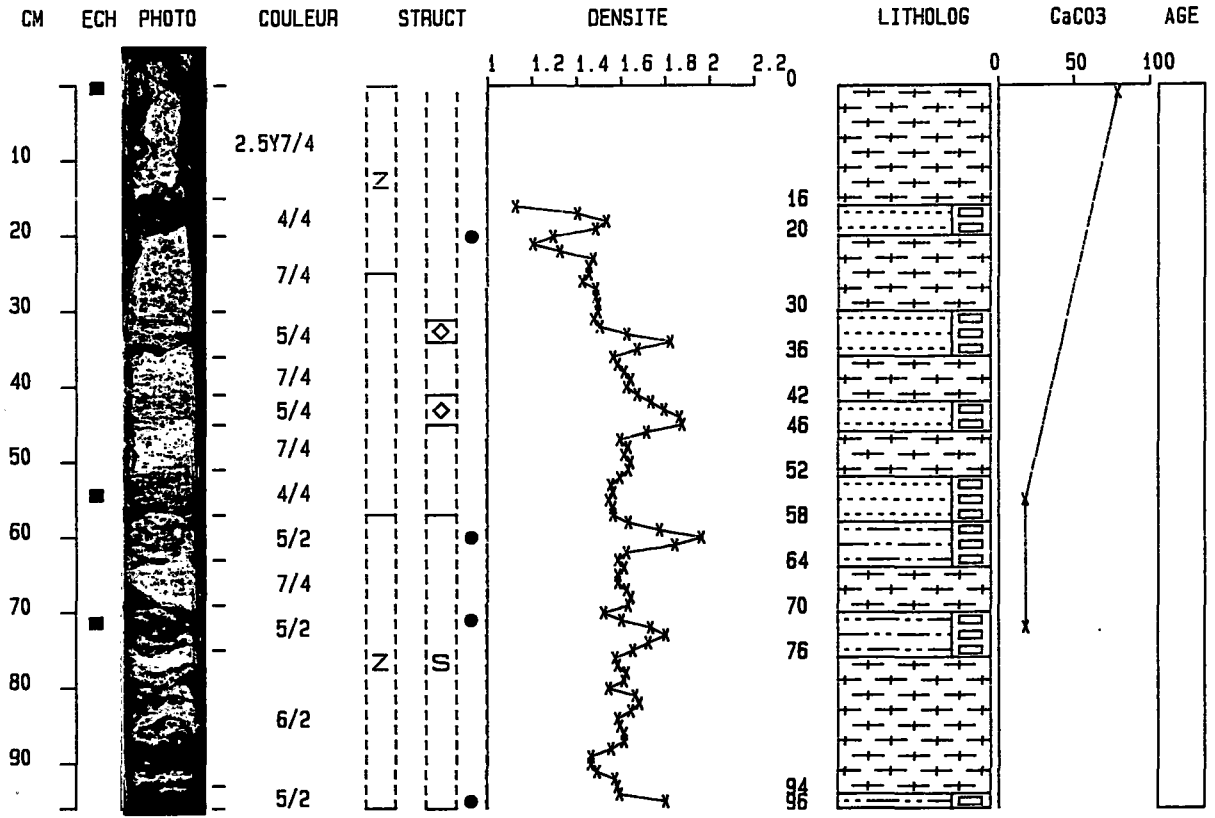
INTERVALLE: ( 0 - 297 )

| PROF.<br>cm | CACO3<br>IFRMR<br>% | FR>63 $\mu$<br>IFRMR<br>% | TEN.<br>EAU<br>IFRMR<br>% | SEDIMENT<br>IFRMR |      |
|-------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------|------|
|             |                     |                           |                           | Zone(cm)          | Code |
| 1           | 79.00               | 21.00                     | 49.00                     | 0-15              | BNF  |
| 55          | 18.00               | 15.00                     | 49.00                     | 15-20             | VSTC |
| 72          | 18.00               | 21.00                     | 37.00                     | 20-30             | BNF  |
| 120         | 77.00               | 11.00                     | 47.00                     | 30-36             | VSTC |
| 160         | 10.00               | 31.00                     | 45.00                     | 36-41             | BNF  |
| 255         | 85.00               | 12.00                     | 48.00                     | 41-45             | VSTC |
| 294         | 76.00               | 12.00                     | 45.00                     | 45-51             | BNF  |
|             |                     |                           |                           | 51-57             | VSTC |
|             |                     |                           |                           | 57-63             | VSAC |
|             |                     |                           |                           | 63-69             | BNF  |
|             |                     |                           |                           | 69-75             | VSAC |
|             |                     |                           |                           | 75-93             | BNF  |
|             |                     |                           |                           | 93-96             | VSAC |
|             |                     |                           |                           | 96-149            | BNF  |
|             |                     |                           |                           | 149-215           | VSTC |
|             |                     |                           |                           | 215-252           | VSTC |
|             |                     |                           |                           | 252-297           | BNF  |

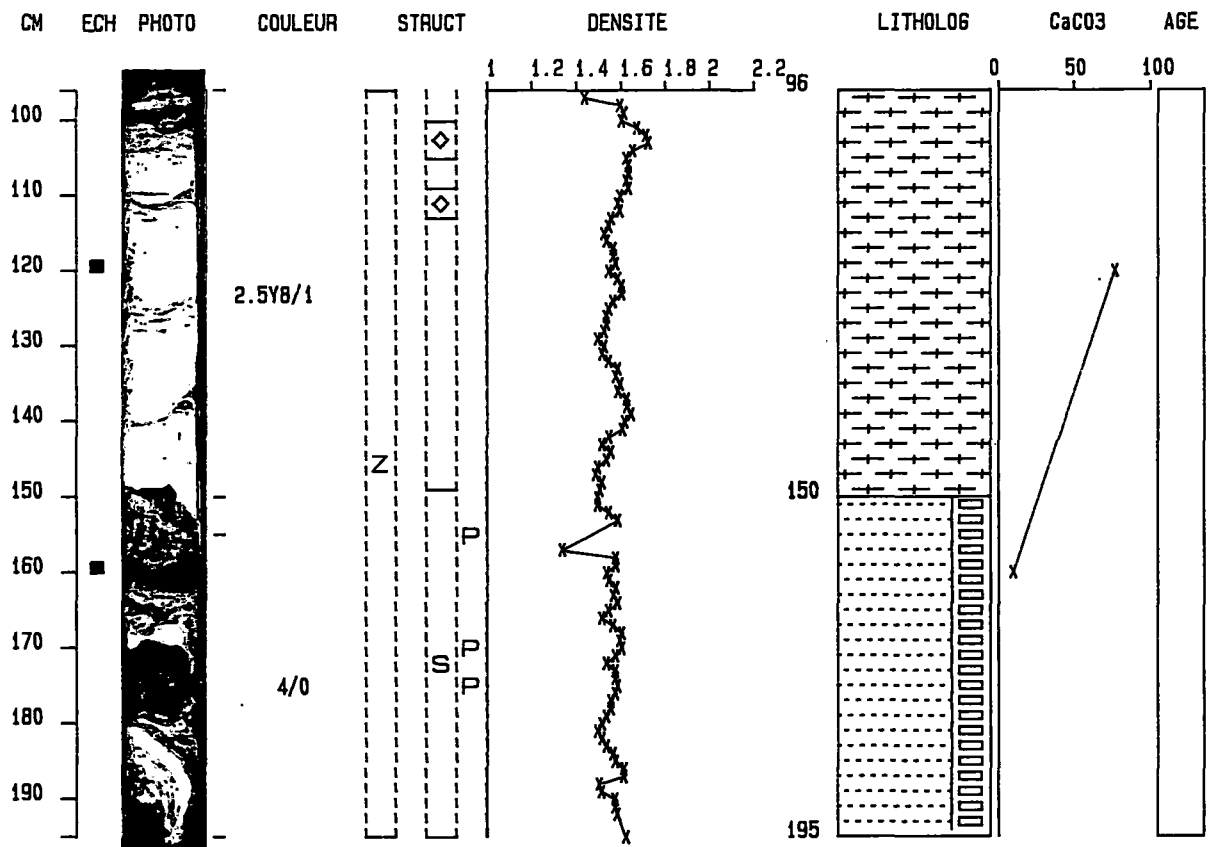
EPICEA CAROTTE: 02 SECTION: 1 ( 0 - 297 )



EPICEA CAROTTE: 02 SECTION: 1 ( 0 - 96 )

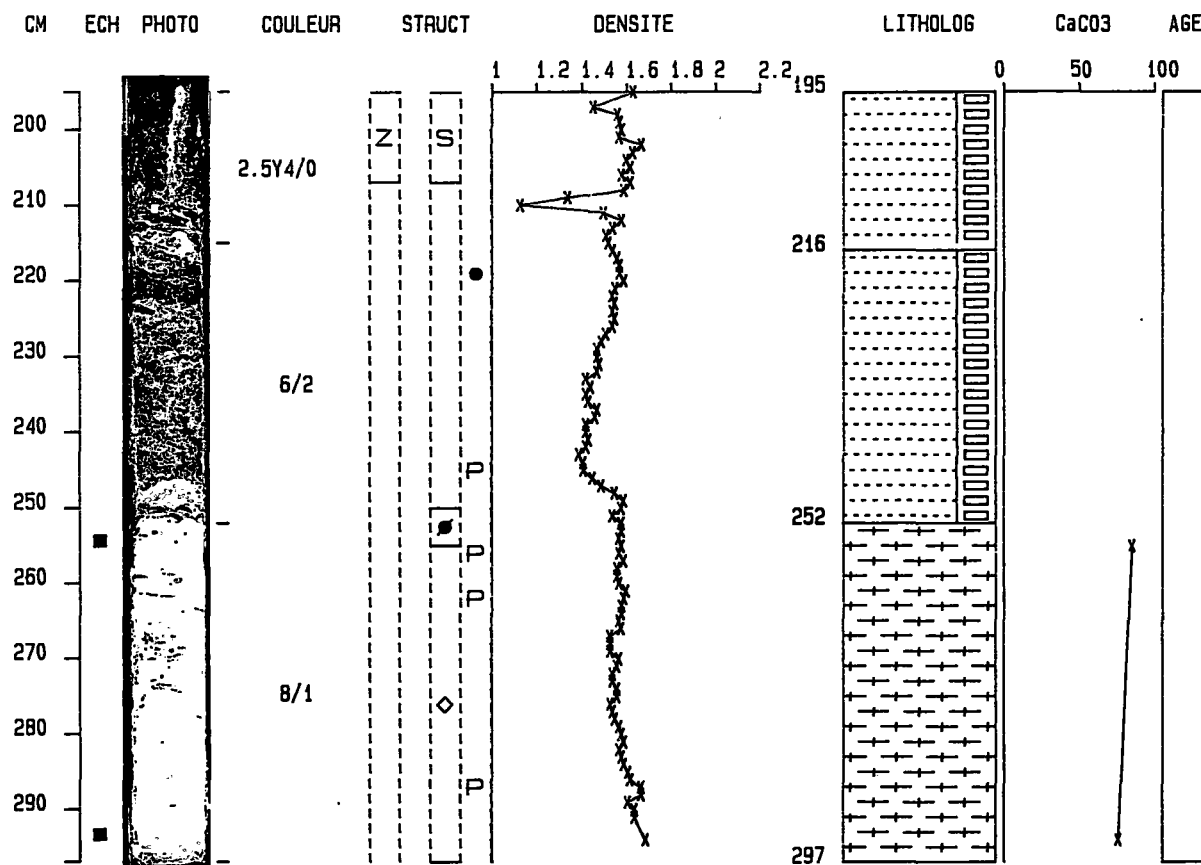


EPICEA CAROTTE: 02 SECTION: 2 ( 96 - 195 )





EPICEA CAROTTE: 02 SECTION: 3 ( 195 - 297 )



## 2. ZONE DES COLLINES CENTRALES

### 2.1. Carotte KS03

Position :             $\phi = 45^{\circ}58,6'N$                     Profondeur        : 4330 m  
                                $G = 16^{\circ}49,7'W$                     Longueur            : 605 cm

Dans cette carotte, on distingue quatre unités :

#### Unité 1 : de 0 à 80 cm

Cette unité est constituée en surface de 0 à 15 cm de boue à nannofossiles et foraminifères de couleur beige clair (2,5Y-7/4). Sa teneur en  $CaCO_3$  est de 80 %, la fraction grossière (22 %) est composée essentiellement de foraminifères. Les nannofossiles sont abondants et bien conservés. L'association comporte les espèces suivantes : *Cyclococcolithus leptoporus*, *Syracosphaera pulchra*, *Gephyrocapsa ericonii*, *Emiliana huxleyi*. *Coccolithus pelagicus* est plus abondante que dans les carottes KS01 et KS02.

De 15 cm à 80 cm, la lithologie dominante est une vase silteuse calcaire de couleur brune (2,5Y-5/4). Les nannofossiles sont rares, ils montrent des traces de dissolution importante à 75 cm. Il y a quelques remaniements. L'association est dominée par des grands specimens de *Emiliana huxleyi*, par contre *Coccolithus pelagicus* est rare. Des niveaux gris indurés caractéristiques sont intercalés de 15 à 19 cm, de 28 à 31 cm et de 48 à 51 cm. Ils sont très riches en carbonates détritiques avec un peu de dolomie. Les nannofossiles y sont absents. On observe par endroit des lithoclasts : à 16 cm, 59 cm (roche volcanique contenant de l'olivine), 69 cm.

#### Unité 2 : de 80 cm à 190 cm

Elle est constituée de boue à nannofossiles et foraminifères de couleur blanche (2,5Y-8/2), homogène, faiblement bioturbée. Sa teneur en  $CaCO_3$  est supérieure à 80 % ; la fraction grossière (20 %) est composée surtout de foraminifères.

Les nannofossiles sont abondants. L'association est dominée par *Coccolithus pelagicus* et *Gephyrocapsa ericonii*. Des diatomées sont également présentes.

### Unité 3 : de 190 à 440 cm

De 190 à 210 cm, on rencontre un niveau de vase silteuse bariolée ( $\cong 2,5Y-5/4$ ). Les nannofossiles sont partiellement fragmentés et montrent des traces de dissolution.

De 210 à 320 cm, le sédiment est une vase silteuse carbonatée de couleur gris brun ( $2,5Y-5/2$ ), homogène, localement bioturbée (220-230 cm, 275-280 cm, 320-345 cm, 355-375 cm). Les nannofossiles sont moins abondants. Par contre, il y a augmentation du matériel détritique et des remaniements. *Coccolithus pelagicus* est rare.

De 320 à 355 cm, on observe une boue marneuse à nannofossiles de couleur grise ( $2,5Y-5/2$ ), bioturbée. Les nannofossiles sont abondants. *Coccolithus pelagicus* et *Gephyrocapsa ericsonii* sont les espèces dominantes.

De 355 à 440 cm, on passe à une boue marneuse de couleur grise ( $2,5Y-5/2$ ), homogène, moins riche en nannofossiles. Ces derniers sont dilués par du matériel détritique plus important, des argiles et des remaniements. *Coccolithus pelagicus* est rare.

### Unité 4 : de 440 cm à la base

Le sédiment est une boue à nannofossiles et foraminifères de couleur beige clair ( $2,5Y-7/2$ ) bioturbée. Les nannofossiles sont très abondants et bien conservés. L'association est dominée par *Coccolithus pelagicus* et *Gephyrocapsa* sp. d'une très petite taille, espèce déjà rencontrée dans les carottes KS01 et KS02.

De 500 à 520 cm, un niveau de vase silteuse calcaire de couleur brune ( $2,5Y-5/2$ ) est intercalé. Il est pauvre en nannofossiles, ceux-ci montrent des traces de dissolution. Il y a peu de carbonate détritique et de remaniements.

De 595 à la base (605 cm), on rencontre un niveau gris induré caractéristique, identique à ceux décrits dans l'unité 1. Les nannofossiles sont sporadiques ; par contre, les carbonates détritiques y sont abondants.

### Stratigraphie

La carotte appartient à la zone à *Emiliana huxleyi* (NN21) du Pleistocène supérieur.

## E P I C E A

Carotte : 03  
Date : 08/10/88

Longueur : 605 cm  
Sonde : 4330m m

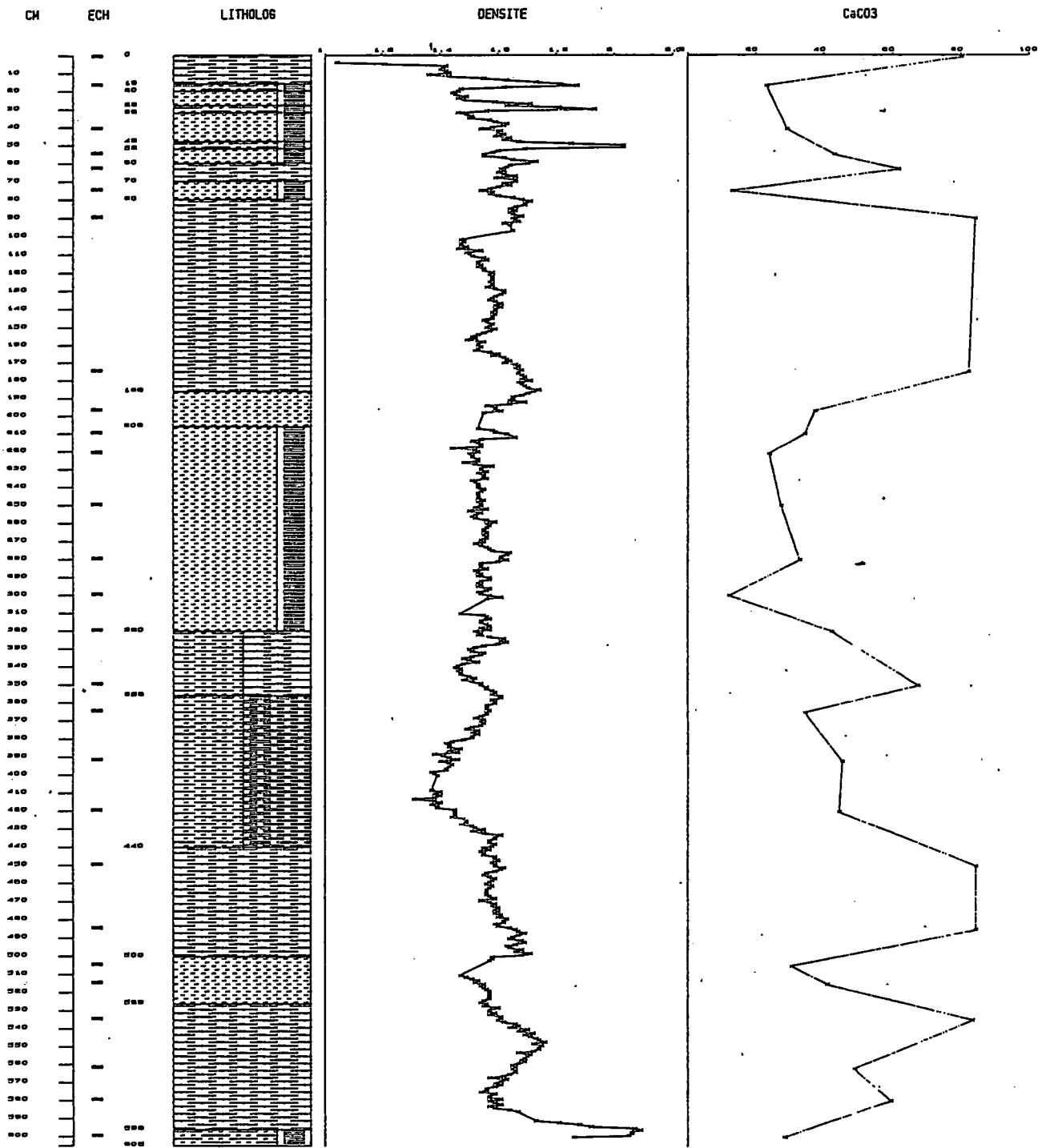
Latitude : 46°58.6'N  
Longitude : 16°49'.7 W

INTERVALLE: ( 0 - 605 )

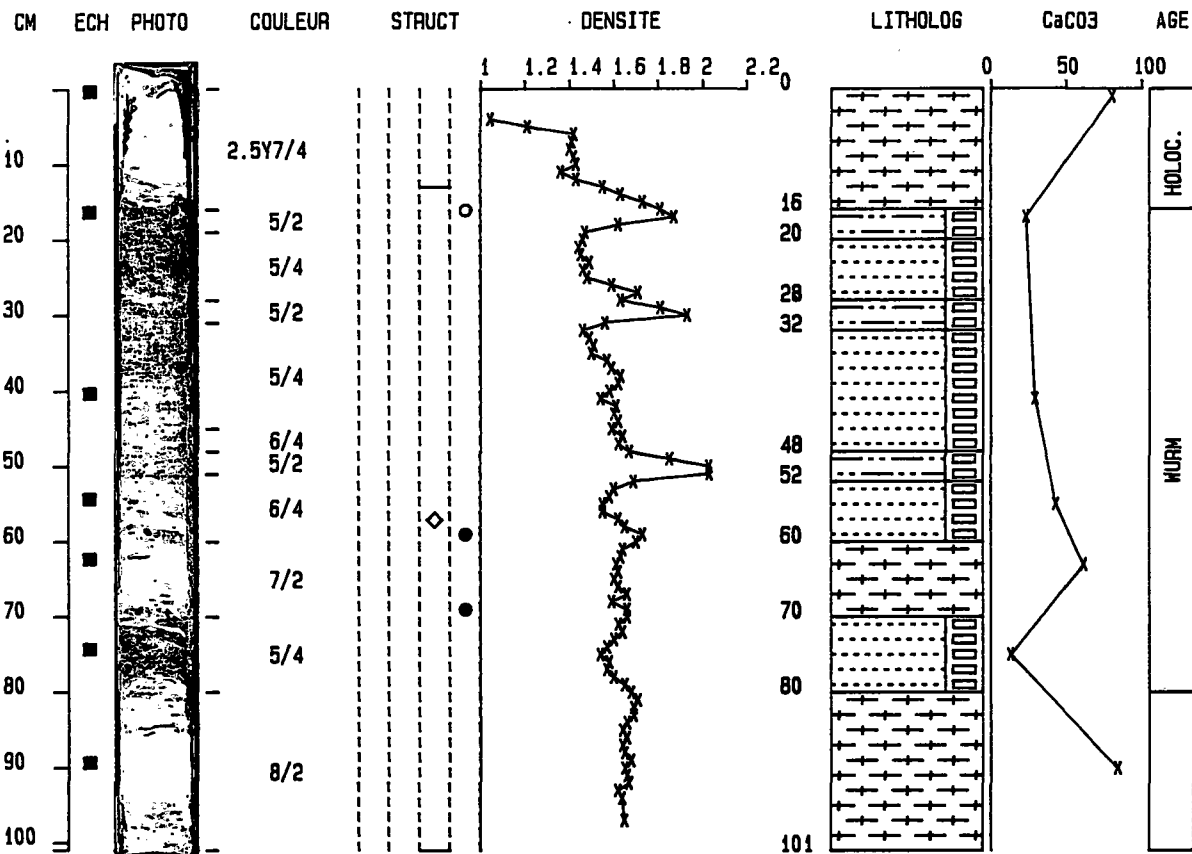
| PROF.<br>cm | CAC03<br>IFRMR<br>% | FR>63µ<br>IFRMR<br>% | TEN.<br>EAU<br>IFRMR<br>% | SEDIMENT<br>IFRMR |      |
|-------------|---------------------|----------------------|---------------------------|-------------------|------|
|             |                     |                      |                           | Zone (cm)         | Code |
| 1           | 80.00               | 22.00                | 50.00                     | 0-16              | BNF  |
| 17          | 23.00               | 41.50                |                           | 16-19             | VSAC |
| 18          |                     |                      | 54.00                     | 19-28             | VSTC |
| 41          | 29.00               |                      |                           | 28-31             | VSAC |
| 55          | 43.00               |                      |                           | 31-48             | VSTC |
| 63          | 61.50               |                      |                           | 48-51             | VSAC |
| 75          | 13.00               |                      |                           | 51-60             | VSTC |
| 90          | 84.00               | 16.50                | 44.00                     | 60-70             | BNF  |
| 175         | 82.00               | 22.50                | 43.00                     | 70-80             | VSTC |
| 197         | 37.00               |                      |                           | 80-185            | BNF  |
| 210         | 34.00               | 3.50                 | 52.00                     | 185-206           | VST  |
| 221         | 23.50               |                      |                           | 206-320           | VSTC |
| 250         | 27.00               |                      |                           | 320-355           | BMN  |
| 280         | 32.50               |                      |                           | 355-440           | BM   |
| 300         | 12.00               | 21.50                | 46.00                     | 440-500           | BNF  |
| 320         | 42.00               |                      |                           | 500-525           | VST  |
| 350         | 67.00               | 17.00                | 49.00                     | 525-595           | BNF  |
| 365         | 34.00               |                      |                           | 595-605           | VSAC |
| 392         | 45.00               | 6.50                 | 56.00                     |                   |      |
| 420         | 44.00               |                      |                           |                   |      |
| 450         | 84.00               | 19.00                | 46.00                     |                   |      |
| 485         | 84.00               |                      |                           |                   |      |
| 505         | 30.00               | 6.00                 | 48.00                     |                   |      |
| 515         | 40.50               |                      |                           |                   |      |
| 535         | 83.00               | 18.75                | 45.00                     |                   |      |
| 562         | 48.50               |                      |                           |                   |      |
| 580         | 59.00               |                      |                           |                   |      |
| 600         | 28.00               | 17.00                | 24.00                     |                   |      |

IFREMER / DERO-GM

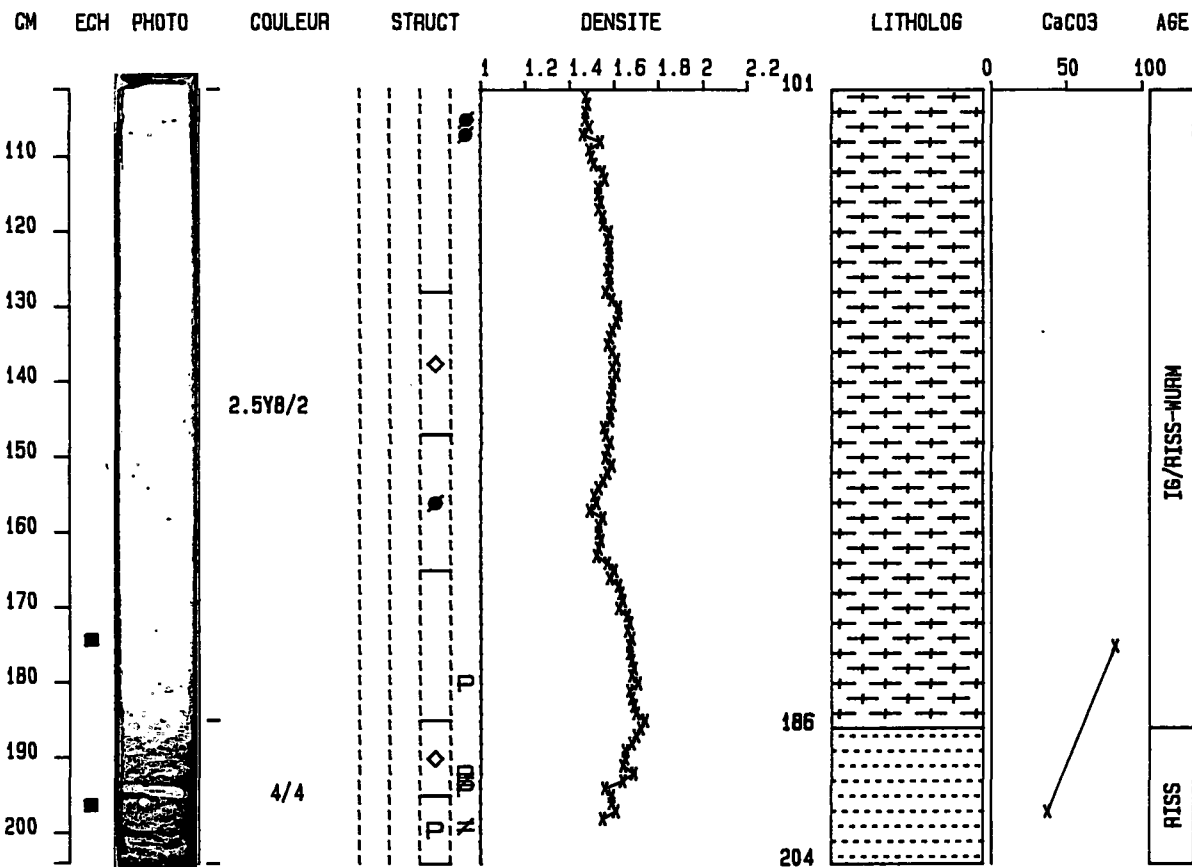
EPICEA CAROTTE: 03 SECTION: 1 ( 0 - 605 )



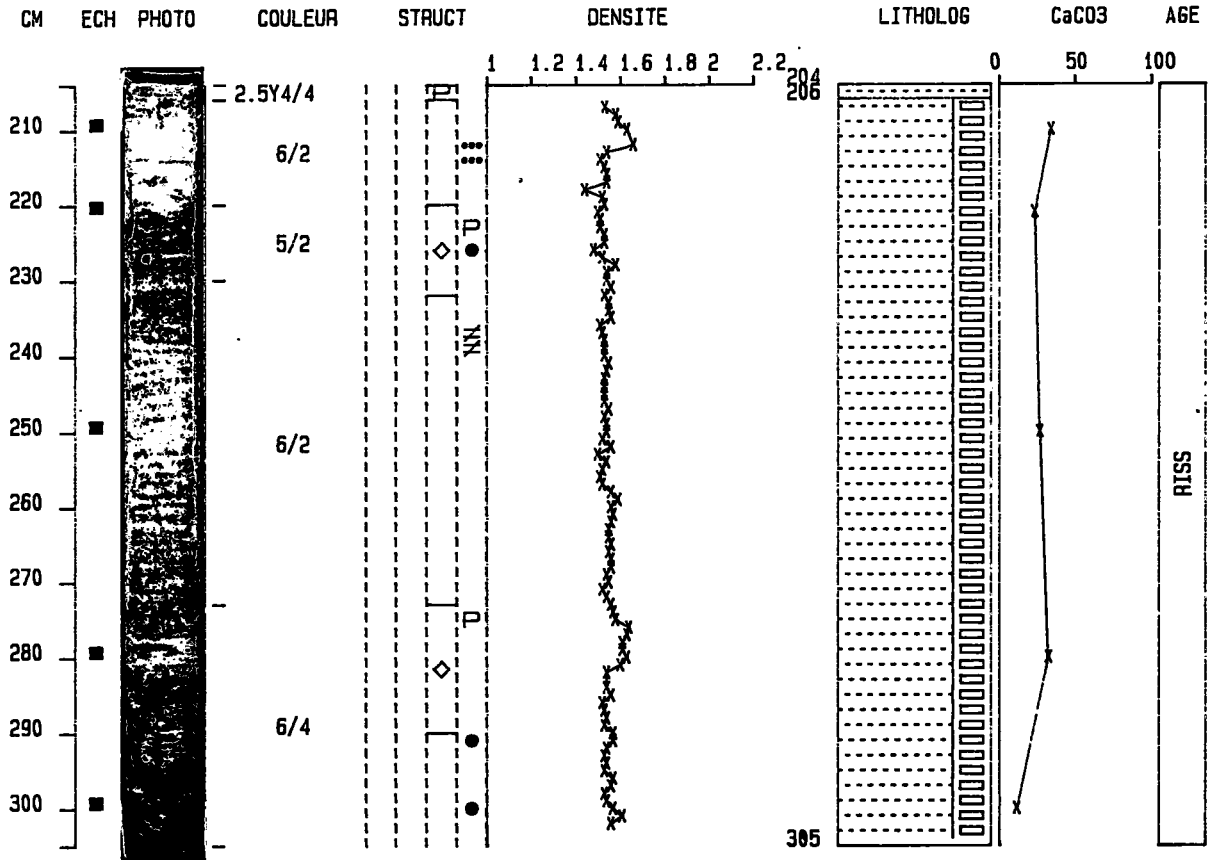
EPICEA CAROTTE: 03 SECTION: 1 ( 0 - 101 )



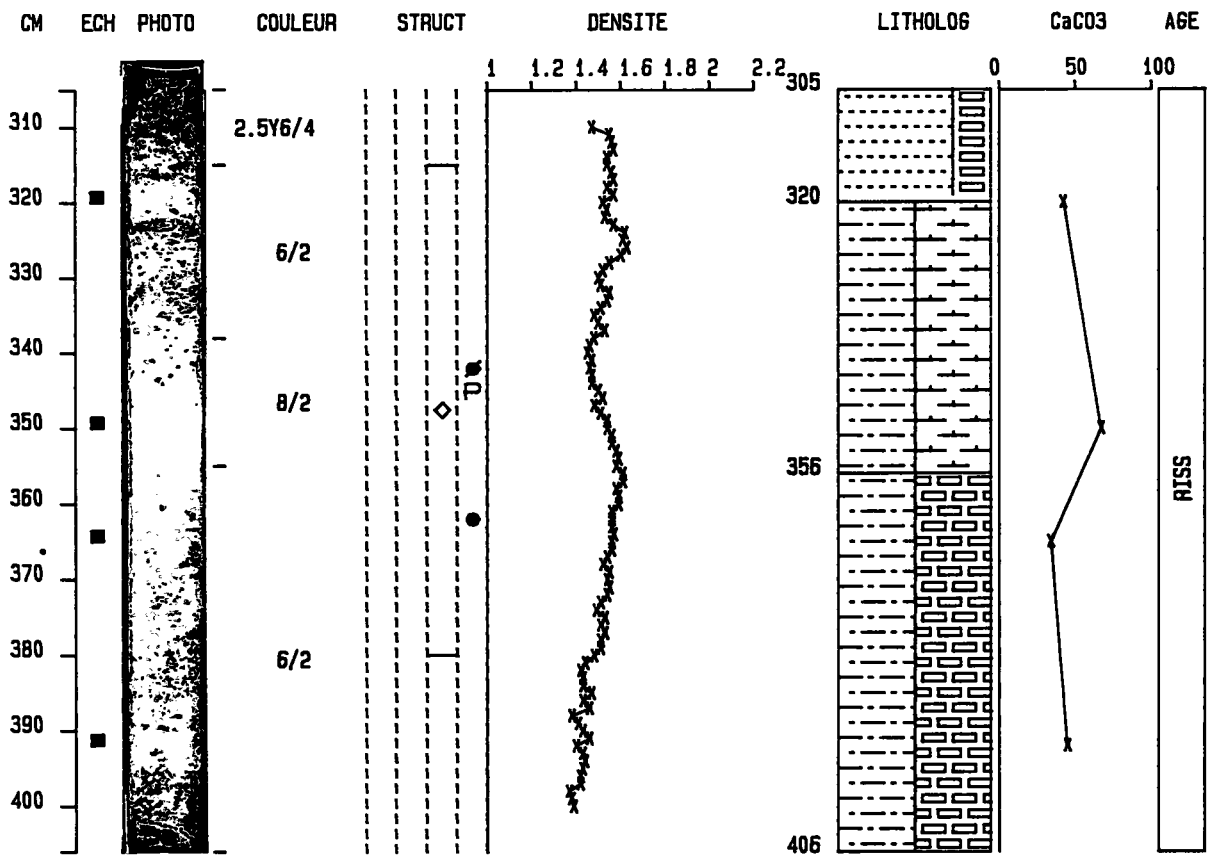
EPICEA CAROTTE: 03 SECTION: 2 ( 101 - 204 )



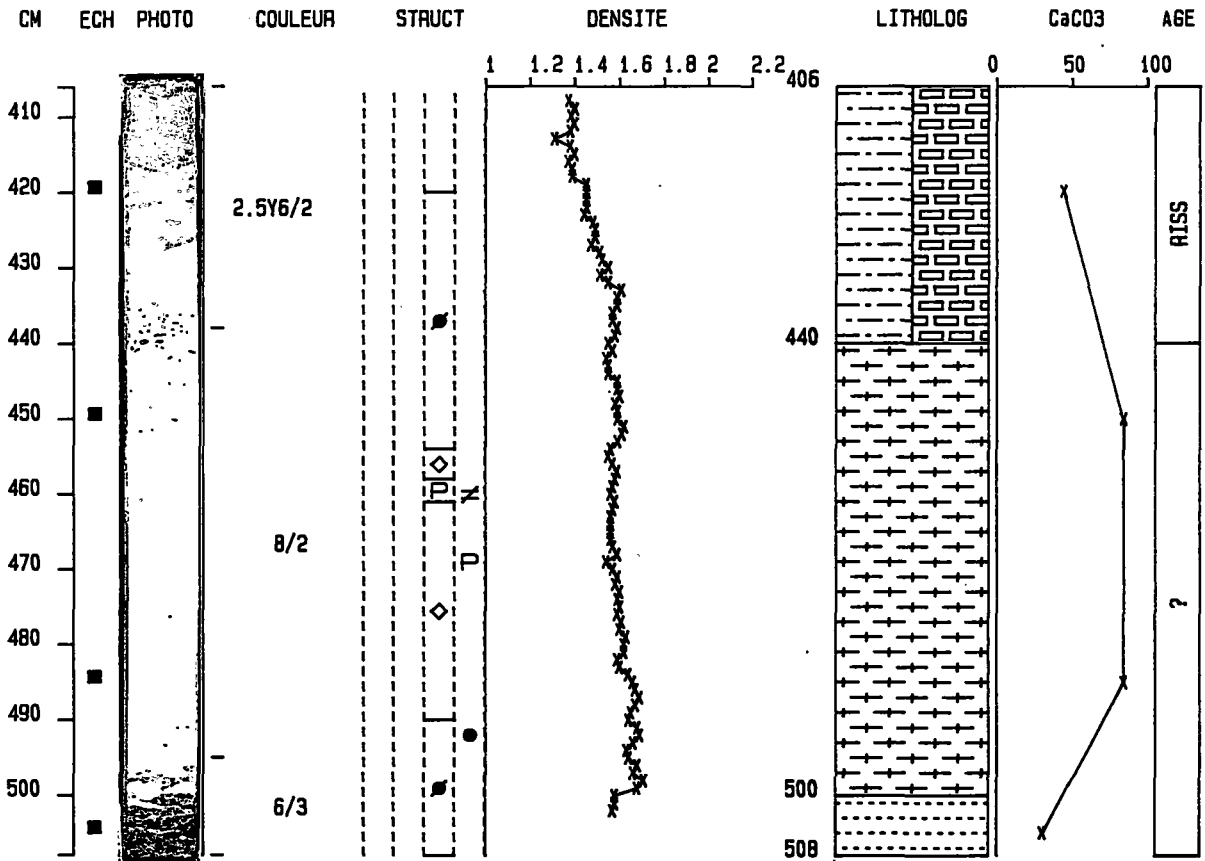
EPICEA CAROTTE: 03 SECTION: 3 ( 204 - 305 )



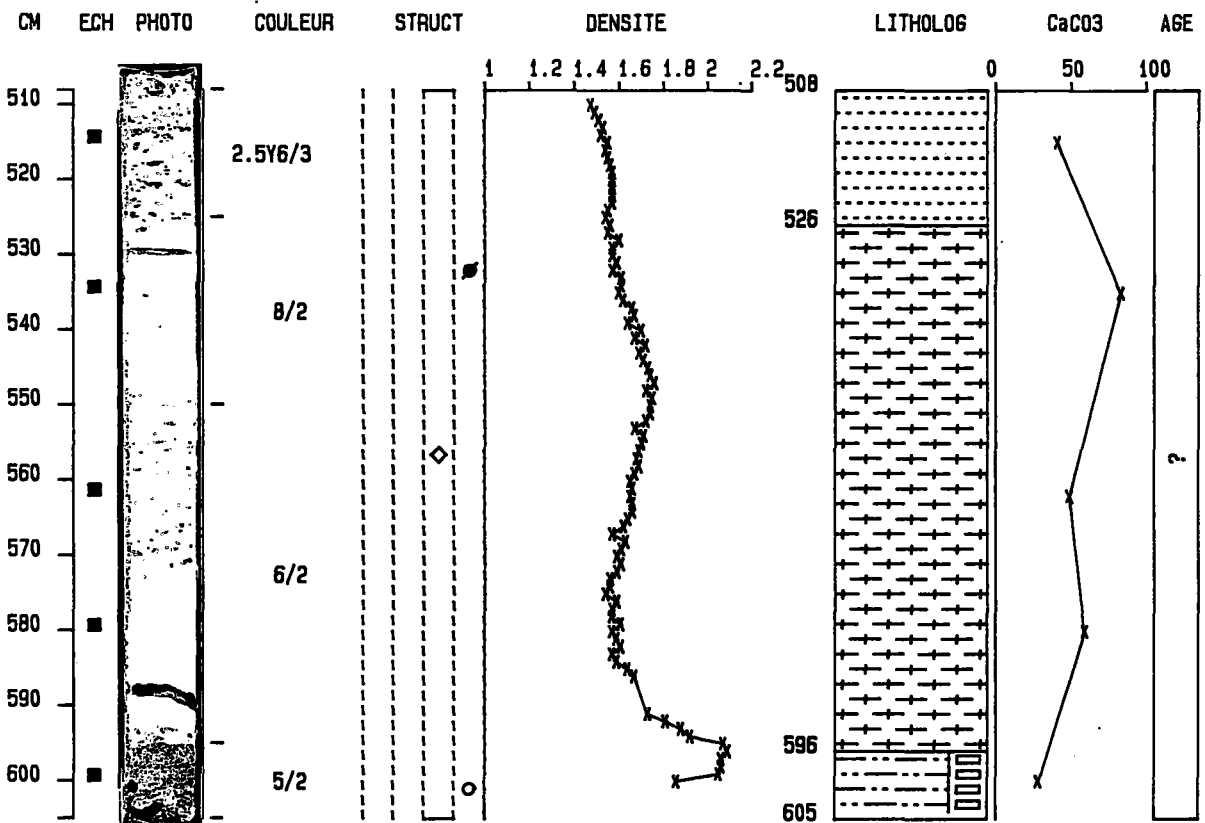
EPICEA CAROTTE: 03 SECTION: 4 ( 305 - 406 )



EPICEA CAROTTE: 03 SECTION: 5 ( 406 - 508 )

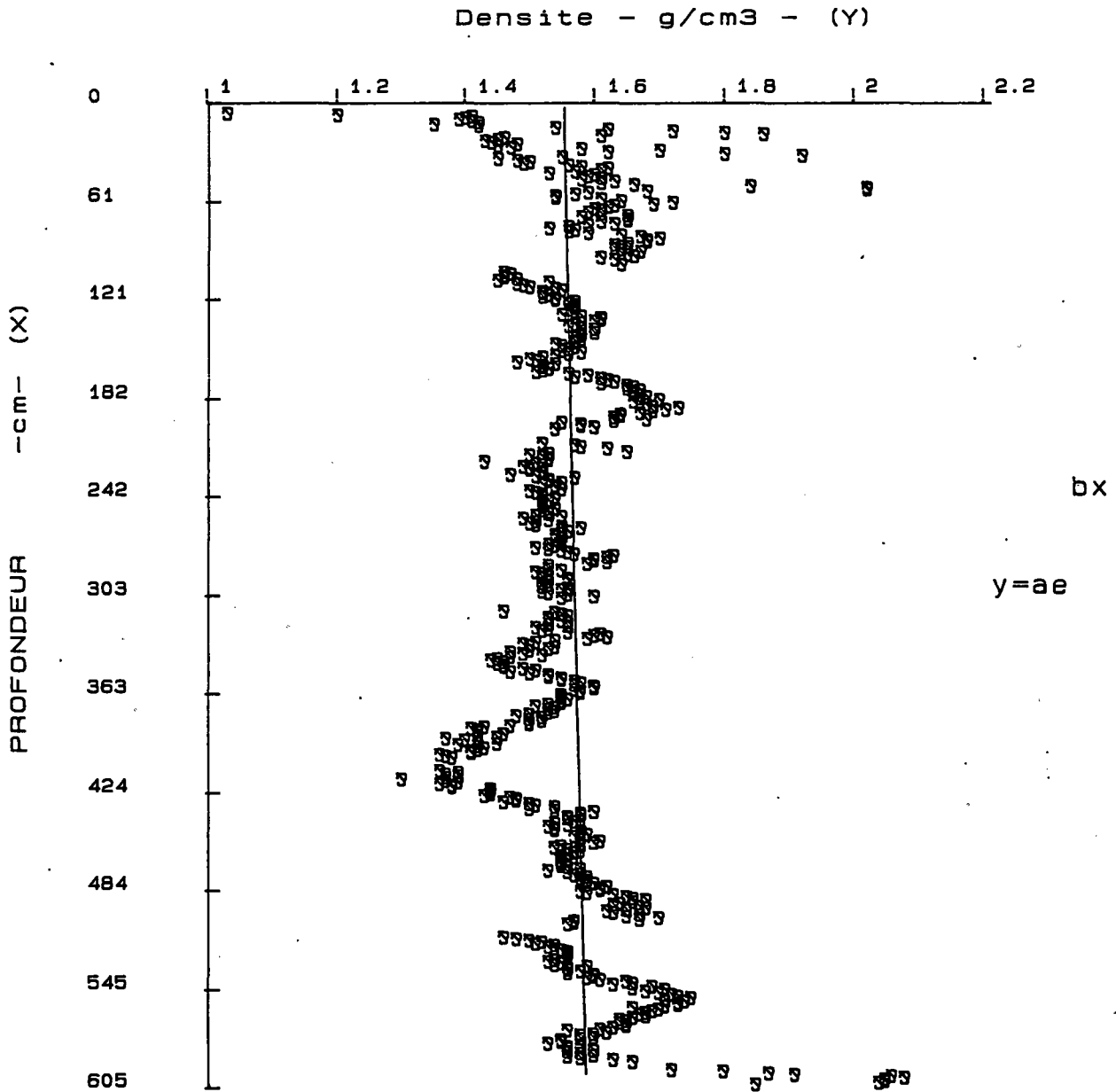


EPICEA CAROTTE: 03 SECTION: 6 ( 508 - 605 )





EPICEA KS 03 CORRELATION DENSITE PROFONDEUR



| Intervalle | a      | b      | r <sup>2</sup> |
|------------|--------|--------|----------------|
| 0 - 605    | 1.5549 | 0.0000 | 0.0118         |

## 2.2. Carotte KS04

Position :             $\varphi = 46^{\circ}00,4'N$             Profondeur    : 4735 m  
                                $G = 16^{\circ}45,4'W$             Longueur        : 189 cm

Dans cette carotte, on distingue une seule unité.

En surface, de 0 à 7 cm, on trouve une boue à nannofossiles et foraminifères de couleur beige clair (2,5Y-7/2). La teneur en  $CaCO_3$  est de 82 %, la fraction grossière (30 %) est composée surtout de foraminifères. Les nannofossiles sont abondants et bien conservés. L'association est dominée par *Emiliana huxleyi* et *Gephyrocapsa ericsonii*. *Coccolithus pelagicus* est rare.

De 7 à 31 cm, on passe à une vase silteuse calcaire de couleur brune (2,5Y-5/4) riche en matériel détritique et en carbonates. Il y a quelques remaniements, les nannofossiles sont rares.

De 31 à 55 cm, on trouve la même lithologie que précédemment, mais de couleur plus claire (2,5Y-6/4) et plus riche en nannofossiles. On note la présence de lithoclasts à 10 cm et 20 cm.

De 55 cm à 100 cm, le sédiment est une boue à nannofossiles et foraminifères de couleur beige clair (2,5Y-8/2), bioturbée (terrier à 58 cm). Les nannofossiles sont très abondants et bien conservés. L'association est dominée par *Gephyrocapsa sp.* de petite taille. On observe des fragments de diatomées. *Coccolithus pelagicus* est rare.

De 100 à 145 cm, on rencontre une boue marneuse de couleur gris beige (2,5Y-7/2) plus riche en matériel détritique. Les nannofossiles sont moins abondants. L'association est dominée par *Coccolithus pelagicus* et *Syracosphaera mediterranea*.

Un niveau gris dense est présent de 131 à 137 cm. Il est riche en carbonates détritiques. Les nannofossiles sont absents.

De 145 à 165 cm, le sédiment est une vase silto-argileuse de couleur brune (2,5Y-5/4).

La base de la carotte, de 165 cm à 189 cm, est une boue à nannofossiles et foraminifères de couleur blanche (2,5Y-8/1) riche en nannofossiles bien conservés. L'espèce *Gephyrocapsa ericsonii* est dominante. *Coccolithus pelagicus* est absent.

Stratigraphie

La carotte appartient à la zone à *Emiliana huxleyi* (NN21) du Pleistocène supérieur.

## E P I C E A

Carotte : 04  
Date : 09/10/88

Longueur : 189 cm  
Sonde : 4375M m

Latitude : 46°00.4' N  
Longitude : 16°49.4 W

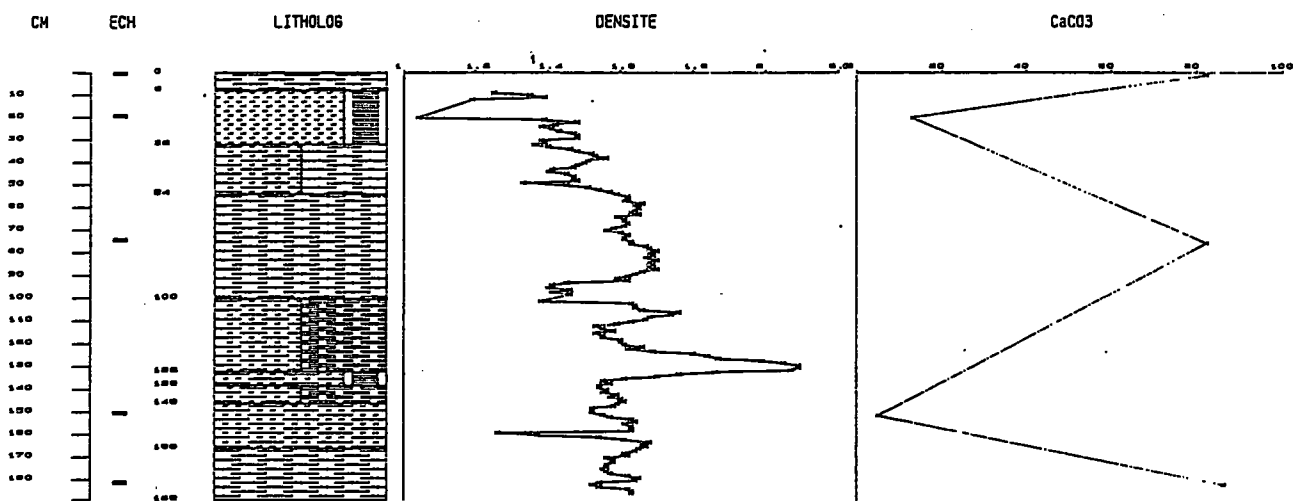
INTERVALLE: ( 0 - 189 )

| PROF.<br>cm | CAC03<br>IFRMR<br>% | FR>63 $\mu$<br>IFRMR<br>% | TEN.<br>EAU<br>IFRMR<br>% |
|-------------|---------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1           | 82.00               | 30.00                     | 43.00                     |
| 20          | 13.00               | 24.00                     | 41.00                     |
| 75          | 82.00               | 19.00                     | 43.00                     |
| 151         | 5.00                | 46.00                     | 49.00                     |
| 182         | 86.00               | 12.50                     | 42.00                     |

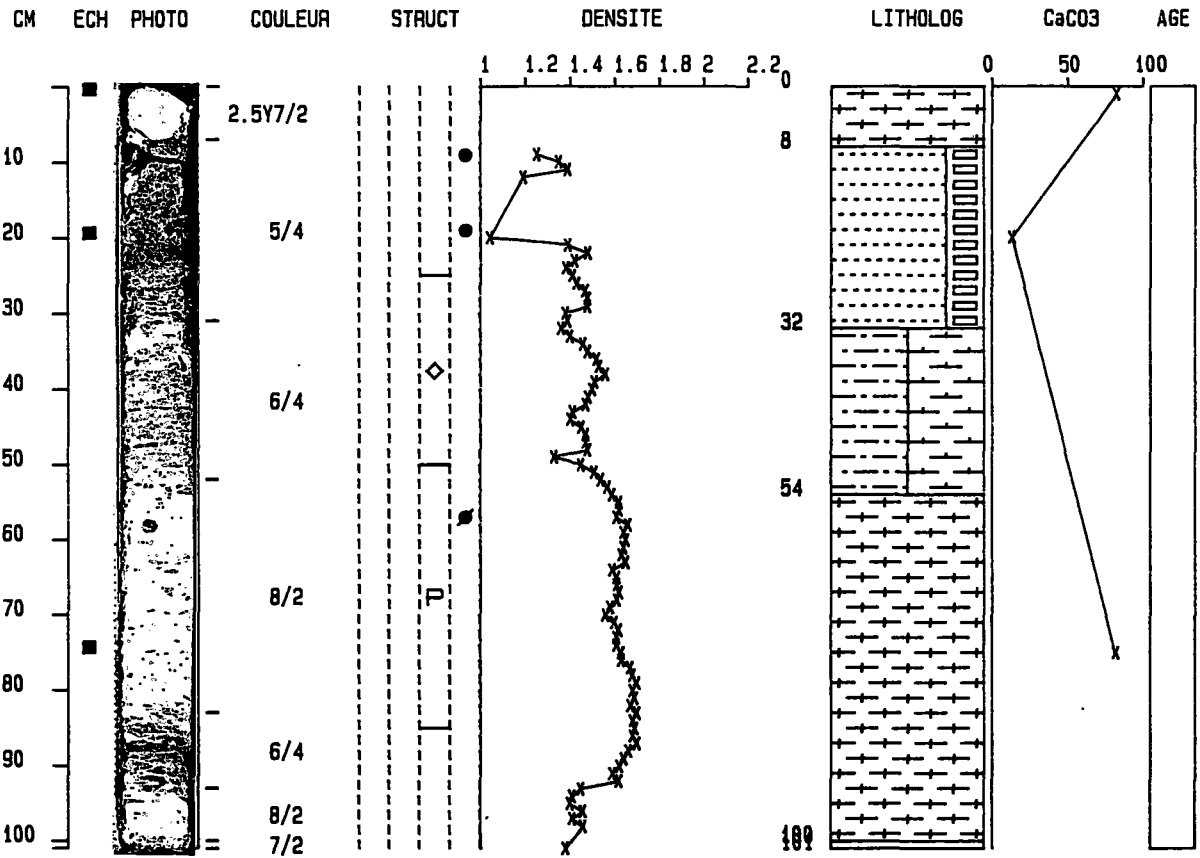
| SÉDIMENT<br>IFRMR |      |
|-------------------|------|
| Zone(cm)          | Code |
| 0-7               | BNF  |
| 7-31              | VSTC |
| 31-53             | BMN  |
| 53-100            | BNF  |
| 100-131           | BM   |
| 131-137           | VSAC |
| 137-145           | BM   |
| 145-165           | VSA  |
| 165-189           | BNF  |

IFREMER / DERO-GM

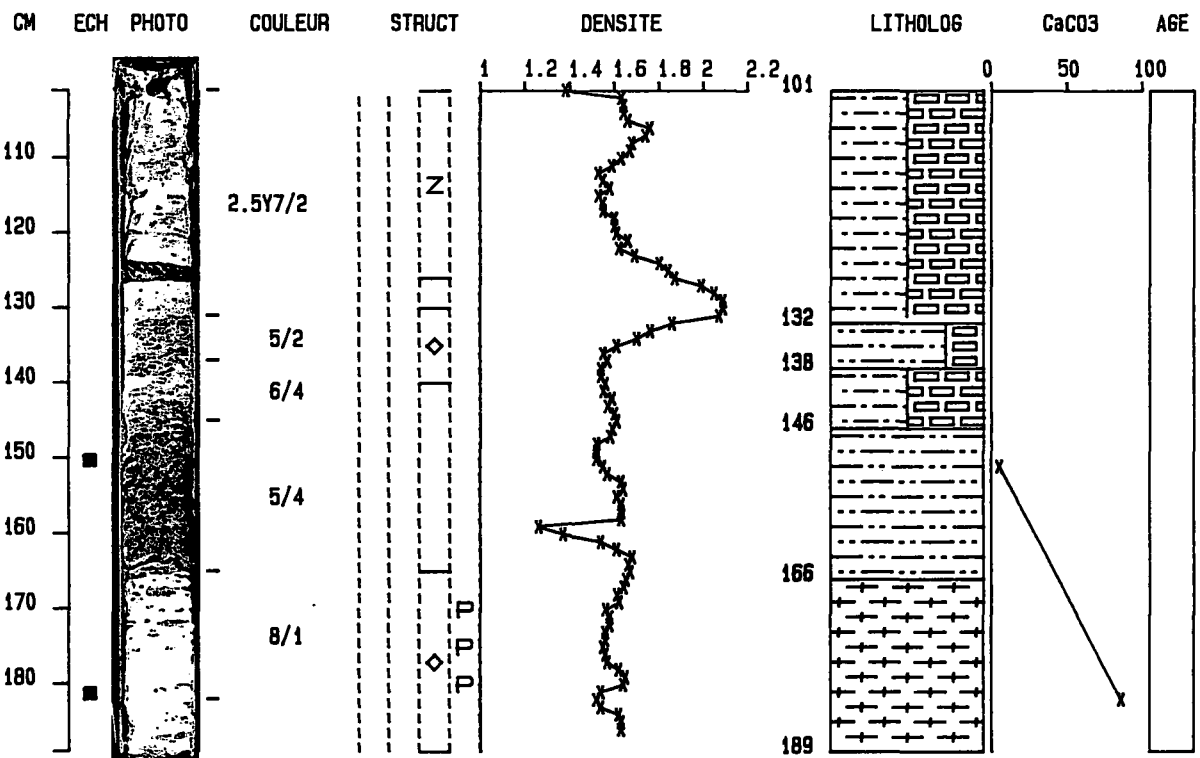
EPICEA CAROTTE: 04 SECTION: 1 ( 0 - 189 )



EPICEA CAROTTE: 04 SECTION: 1 ( 0 - 101 )



EPICEA CAROTTE: 04 SECTION: 2 ( 101 - 189 )



### 3. ZONE DE LA FOSSE CENTRALE

#### 3.1. Carotte KS07

|            |                              |              |        |
|------------|------------------------------|--------------|--------|
| Position : | $\varphi = 46^{\circ}03,7'N$ | Profondeur : | 4700 m |
|            | $G = 16^{\circ}41,6'W$       | Longueur :   | 180 cm |

La carotte est constituée de 2 unités :

##### Unité 1 : de 0 à 148 cm

Cette unité comprend en surface (0-8 cm) une boue à nannofossiles et foraminifères, de couleur beige clair (2,5Y-7/2), légèrement bioturbée. Les nannofossiles sont nombreux et bien conservés. L'association comporte les espèces suivantes : *Cyclocolithus leptoporus*, *Syracosphaera pulchra*, *Emiliana huxleyi*, *Gephyrocapsa ericsonii*. On remarque également la présence de quelques diatomées.

De 8 à 12 cm, on rencontre un niveau de boue marneuse à foraminifères gris beige (2,5Y-6/4) présentant des laminations. Sa teneur en fraction grossière est de 64 %, elle est composée essentiellement de foraminifères et de quartz. Les nannofossiles sont plus rares. Des remaniements du Crétacé sont observés. L'association est dominée par *Gephyrocapsa ericsonii*. *Coccolithus pelagicus* est rare.

De 12 à 95 cm, on passe à une boue marneuse, beige clair (2,5Y-6/2), de texture silteuse, homogène. Les nannofossiles sont rares jusqu'à 72 cm, ils deviennent plus abondants vers 92 cm. *Cyclocolithus leptoporus* et *Gephyrocapsa ericsonii* sont très fréquents. *Coccolithus pelagicus* est rare ou absent.

De 95 à 148 cm, on trouve une boue marneuse à foraminifère gris beige (2,5Y-6/4), de texture sableuse, granoclassée et laminée. Sa teneur en fraction grossière atteint 88 % à 147 cm, elle est composée de foraminifères et de grains de quartz. Les nannofossiles sont rares.

##### Unité 2 : de 148 cm à la base (180 cm)

Cette unité est composée de boue marneuse à nannofossiles de couleur gris brun (2,5Y-5/4).

De 155 à 178 cm, il y a augmentation des nannofossiles et diminution du matériel détritique. Les spécimens de *Emiliana huxleyi* sont de grande taille. *Coccolithus pelagicus* est très rare.

Des niveaux gris caractéristiques sont intercalés de 148 à 153 cm, et de 167 à 175 cm. Ils sont bien mis en évidence par la courbe de gammadensité. Les nannofossiles sont rares dans ces niveaux, par contre ils sont riches en carbonates détritiques.

### Stratigraphie

La carotte KS07 appartient à la zone à *Emiliana huxleyi* (NN21) du Pléistocène supérieur.



## E P I C E A

Carotte : 07  
Date : 14/10/88

Longueur : 180 cm  
Sonde : 4700M m

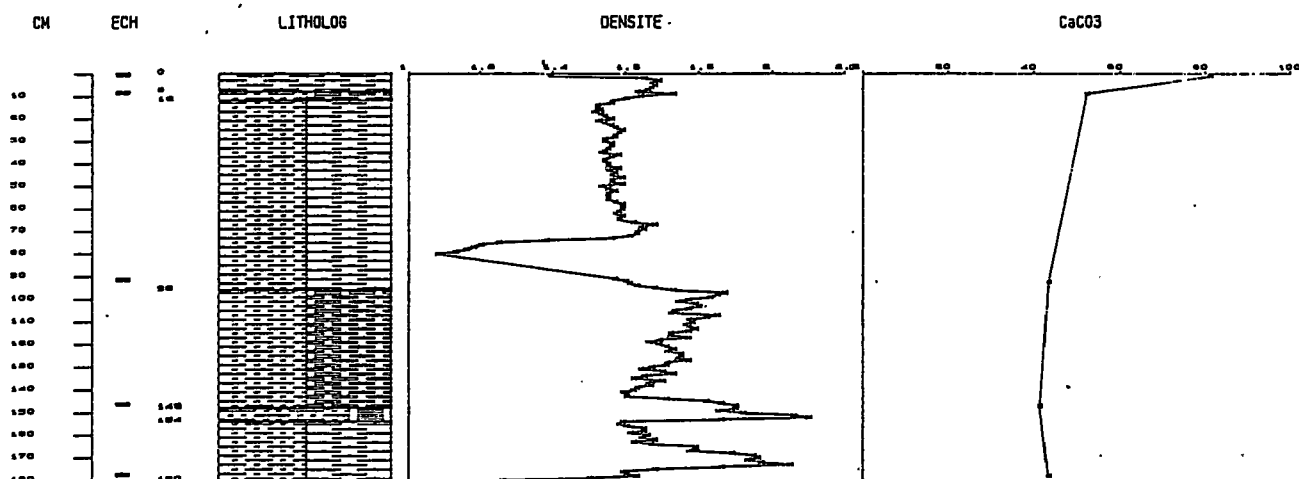
Latitude : 46°03.7' N  
Longitude : 16°41.6' W

INTERVALLE: ( 0 - 180 )

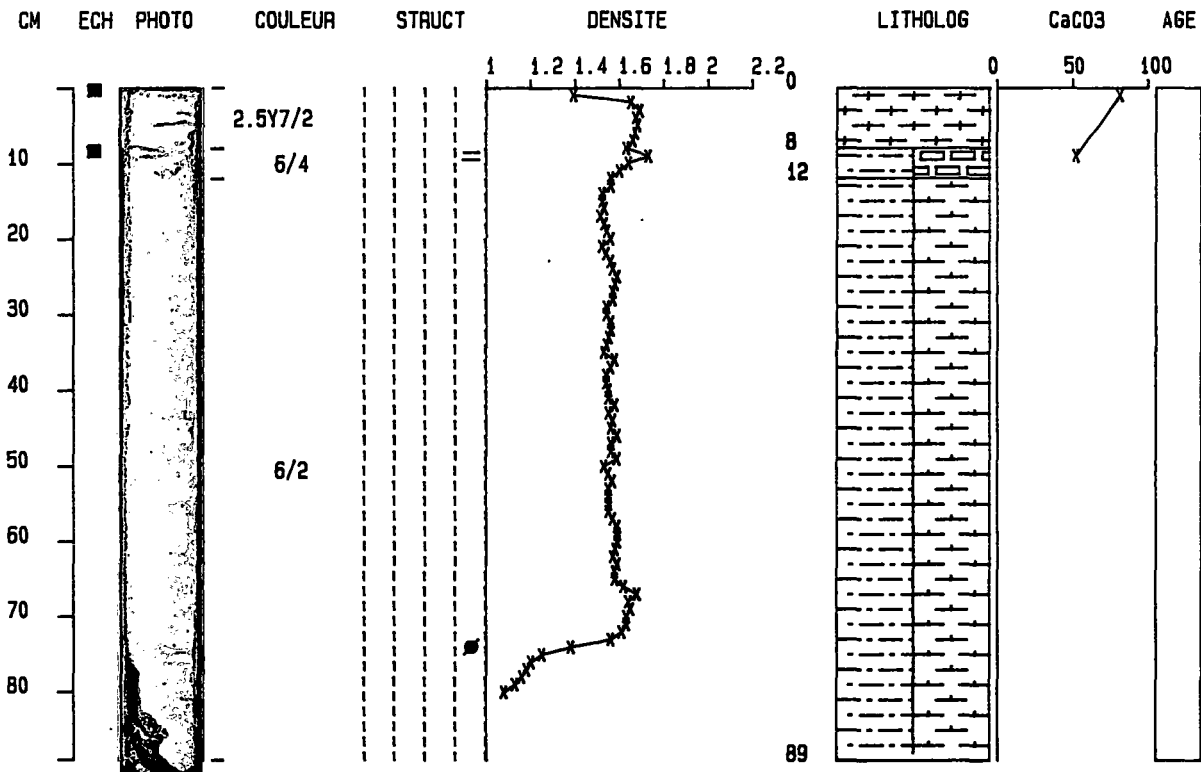
| PROF.<br>cm | CAC03      | FR>63 $\mu$ | TEN.<br>EAU | SEDIMENT<br>IFRMR |      |
|-------------|------------|-------------|-------------|-------------------|------|
|             | IFRMR<br>% | IFRMR<br>%  | IFRMR<br>%  | Zone (cm)         | Code |
| 1           | 81.00      | 13.60       | 44.00       | 0-8               | BNF  |
| 9           | 52.00      | 63.50       | 40.00       | 8-12              | BM   |
| 92          | 43.00      | .20         | 47.00       | 12-95             | BMN  |
| 147         | 41.00      | 88.00       | 30.00       | 95-148            | BM   |
| 178         | 43.00      | 13.80       | 50.00       | 148-153           | VSAC |
|             |            |             |             | 153-180           | BMN  |

IFREMER / DERO-GM

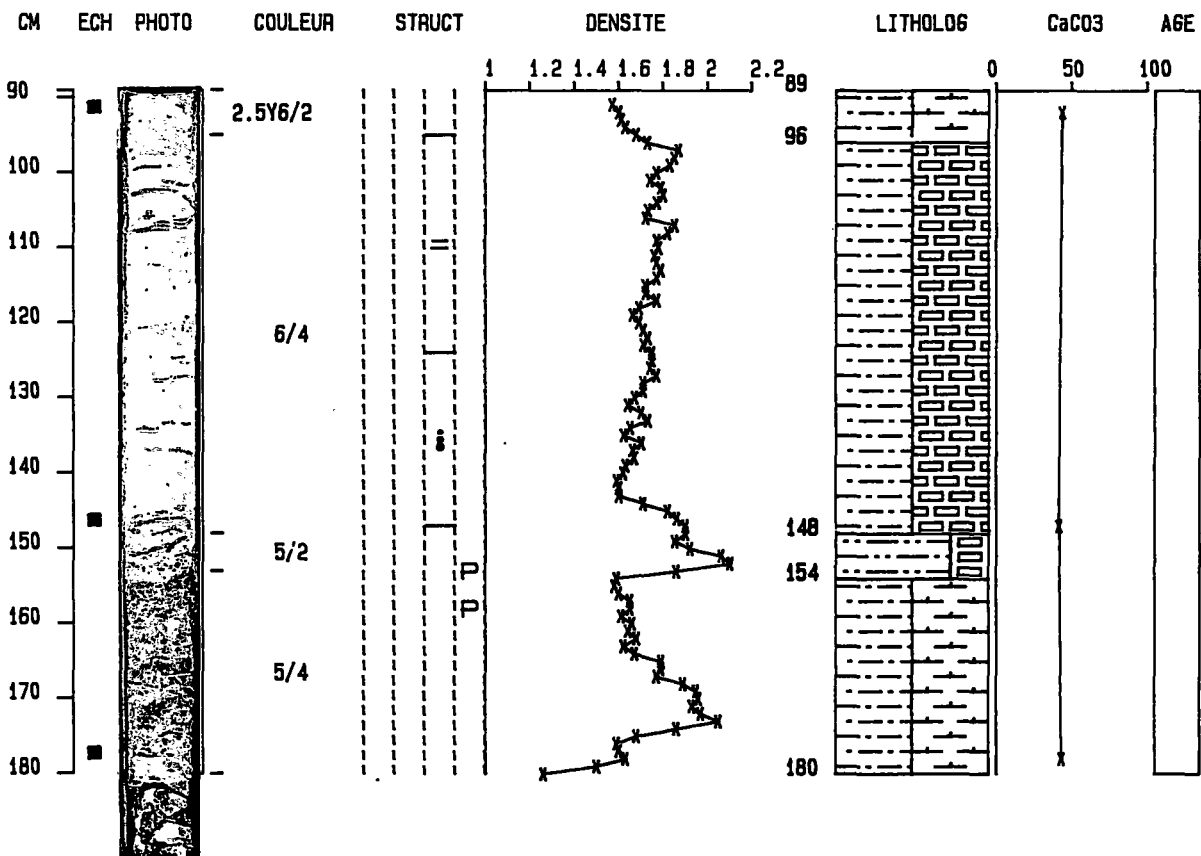
# EPICEA CAROTTE: 07 SECTION: 1 ( 0 - 180 )



EPICEA CAROTTE: 07 SECTION: 1 ( 0 - 89 )



EPICEA CAROTTE: 07 SECTION: 2 ( 89 - 180 )



### 3.2. Carotte KS08

|            |                              |              |        |
|------------|------------------------------|--------------|--------|
| Position : | $\varphi = 46^{\circ}05,2'N$ | Profondeur : | 4690 m |
|            | $G = 16^{\circ}41,1'W$       | Longueur :   | 541 cm |

Trois unités peuvent être distinguées :

#### Unité 1 : de 0 à 168 cm

Cette unité est constituée en surface (0 à 20 cm) de boue à nannofossiles et foraminifères de couleur gris clair (2,5Y-7/2), homogène. Sa teneur en  $CaCO_3$  est de 75 %, la fraction grossière (18 %) est essentiellement composée de foraminifères. Les nannofossiles sont abondants, l'association est dominée par *Cyclocolithus leptoporus*, *Gephyrocapsa ericsonii*, *Emiliana huxleyi*, *Syracosphaera pulchra*. *Coccolithus pelagicus* est rare.

De 20 cm à 115 cm, on observe une boue marneuse beige clair (2,5Y-6/2) de texture silteuse, finement laminée de 40 à 50 cm. Les nannofossiles demeurent abondants, *Coccolithus pelagicus* est plus fréquent.

De 115 cm à 168 cm, l'unité est constituée de boue marneuse à foraminifères, de couleur gris beige (2,5Y-6/2) de texture sableuse granoclassée et laminée. La teneur en fraction grossière est de 70 % à la base de la séquence où elle est constituée essentiellement de foraminifères. Les nannofossiles sont rares.

#### Unité 2 : de 168 cm à 355 cm

Elle est composée d'une alternance de vase calcaire silteuse de couleur gris brun (2,5Y-5/4) (170 à 250 cm, 335-355 cm) et de boue marneuse grise (2,5Y-7/2). On note la présence de trois niveaux gris (2,5Y-5/2) caractéristiques, denses, bien mis en évidence par la courbe de gammadensité (168-171 cm, 203-206 cm, 263-270 cm). Des lithoclasts sont présents à 207 cm, 250 cm (grain de quartz anguleux), 271 cm, 293 cm, 333 cm et 336 cm.

Les vases calcaires silteuses sont riches en quartz et pauvres en nannofossiles, généralement remaniées et présentant des traces de dissolution (345 cm).

Les boues marneuses intercalées entre ces niveaux de vase calcaire sont très riches en nannofossiles bien conservés. *Coccolithus pelagicus* est très fréquent.

Unité 3 : 355 cm à la base (541 cm)

Elle se compose de boue à nannofossiles et foraminifères beige clair (2,5Y-8/1) localement bioturbée avec de fréquents terriers bien conservés. Intercalées dans cette série, on trouve des boues marneuses de 360 à 372 cm, de 397 à 410 cm, de 472 à 478 cm.

Les boues à nannofossiles sont riches en coccolithes bien conservés. Les associations sont dominées par *Gephyrocapsa ericsonii* et *Coccolithus pelagicus*.

Les boues marneuses intercalées sont plus pauvres en nannofossiles mais riches en matériel détritique, carbonates et remaniements.

Stratigraphie

La carotte appartient, probablement sur toute sa longueur, à la zone à *Emiliana huxleyi* (NN21) du Pléistocène supérieur.

## E P I C E A

Carotte : 08  
Date : 17/10/88

Longueur : 541 cm  
Sonde : 4690M m

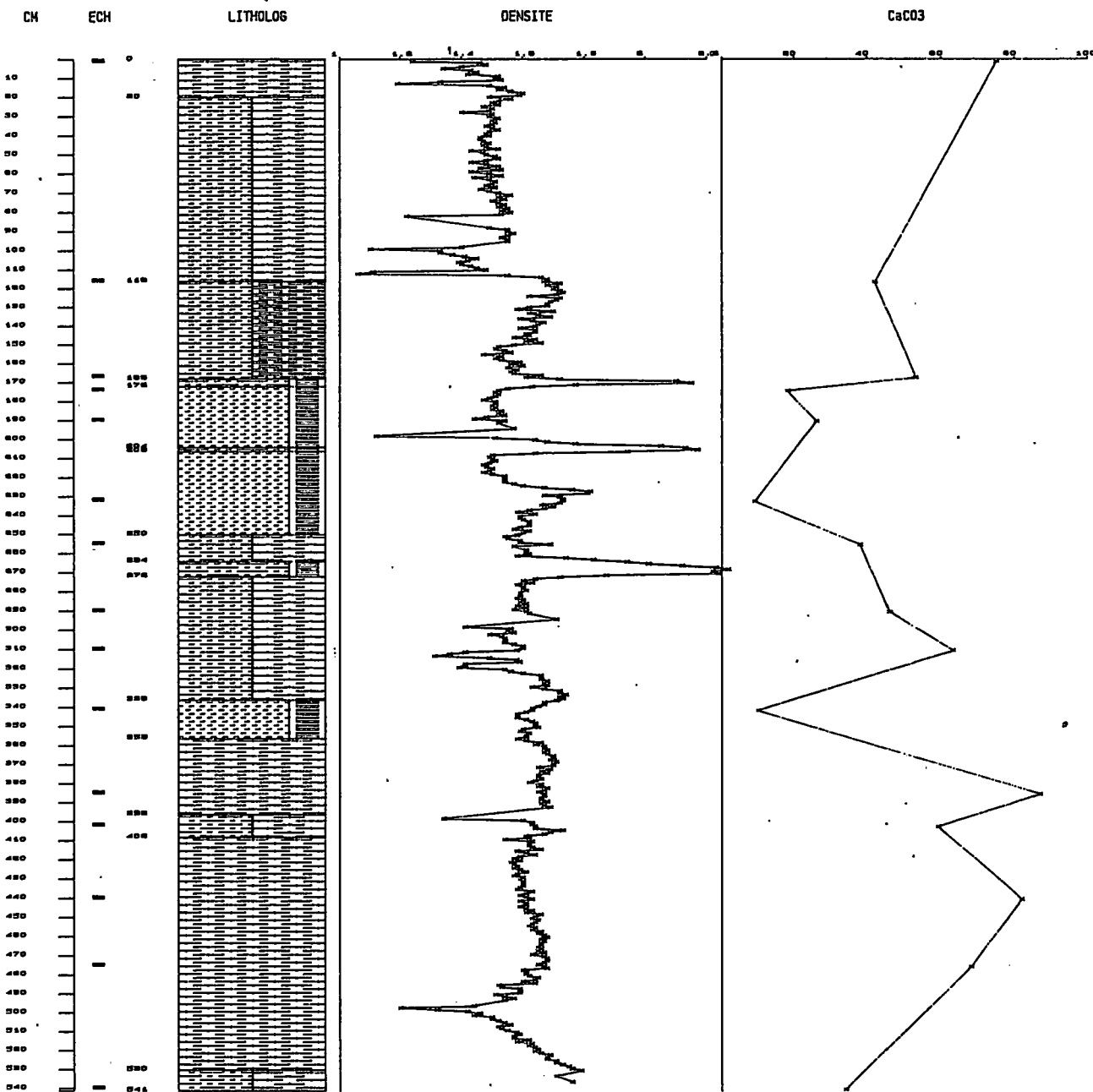
Latitude : 46°05.2' N  
Longitude : 16°41.1' W

INTERVALLE: ( 0 - 541 )

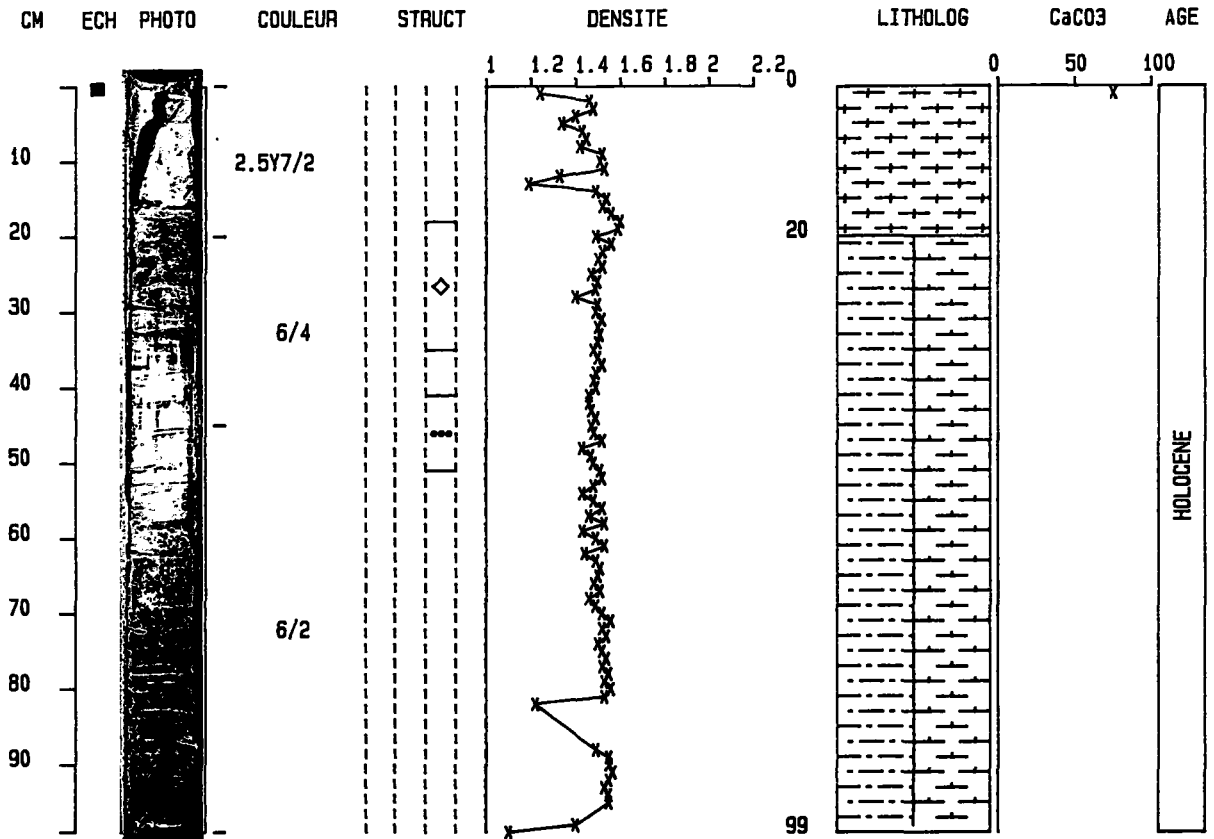
| PROF.<br>cm | CAC03      | FR>63 $\mu$ | TEN.<br>EAU | SEDIMENT<br>IFRMR |      |
|-------------|------------|-------------|-------------|-------------------|------|
|             | IFRMR<br>% | IFRMR<br>%  | IFRMR<br>%  | Zone (cm)         | Code |
| 1           | 75.00      | 18.00       | 50.00       | 0-20              | BNF  |
| 116         | 42.00      | 5.00        | 39.00       | 20-115            | BMN  |
| 167         | 53.00      | 71.50       | 42.00       | 115-168           | BM   |
| 174         | 18.00      |             |             | 168-171           | VSAC |
| 190         | 26.00      |             |             | 171-203           | VSTC |
| 232         | 9.00       | 9.00        | 43.00       | 203-206           | VSAC |
| 255         | 38.00      |             |             | 206-250           | VSTC |
| 290         | 46.00      | 15.00       | 48.00       | 250-263           | BMN  |
| 310         | 63.00      |             |             | 263-271           | VSAC |
| 341         | 10.00      | 7.00        | 49.00       | 271-335           | BMN  |
| 385         | 87.00      | 11.50       | 45.00       | 335-355           | VSTC |
| 402         | 59.00      |             |             | 355-395           | BNF  |
| 440         | 82.00      | 11.50       | 47.00       | 395-408           | BMNF |
| 475         | 68.00      |             |             | 408-530           | BNF  |
| 540         | 34.00      | 12.00       | 44.00       | 530-541           | BMNF |

IFREMER / DERO-GM

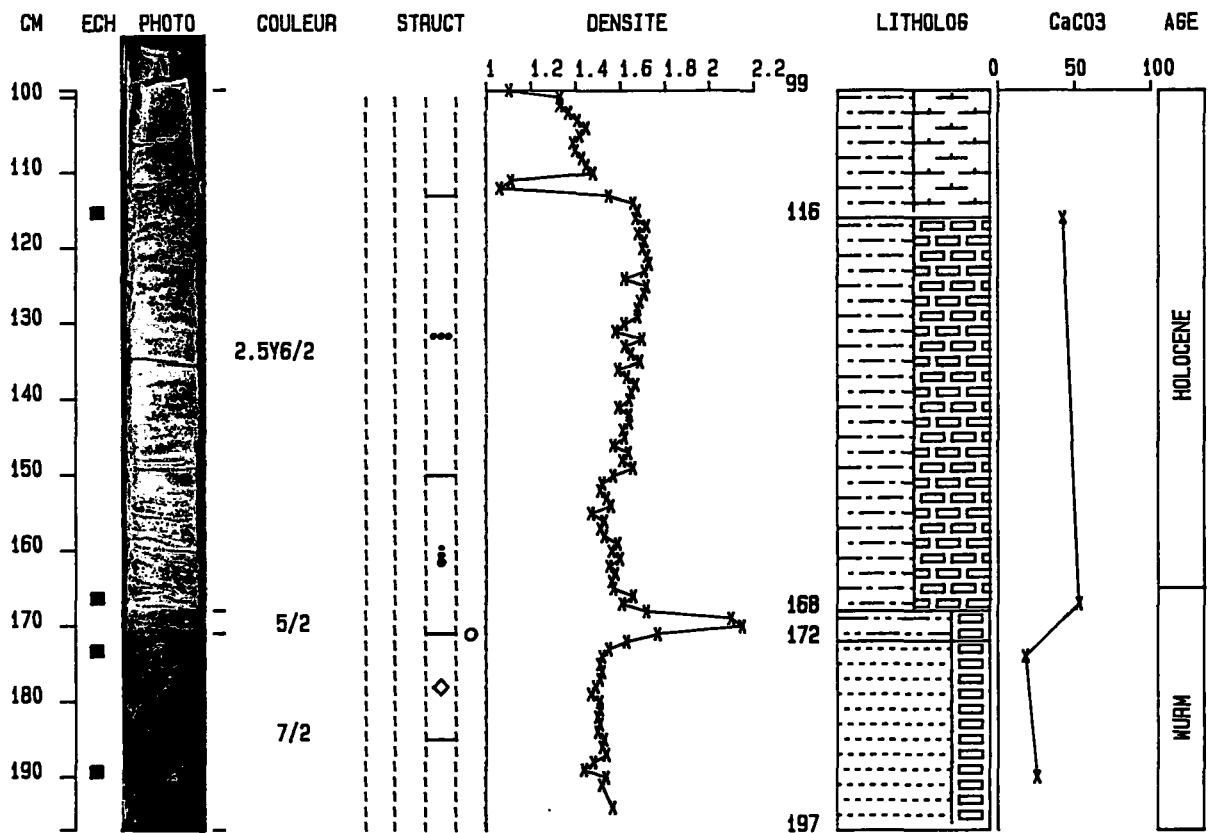
# EPICEA CAROTTE: 08 SECTION: 1 ( 0 - 541 )



EPICEA CAROTTE: 08 SECTION: 1 ( 0 - 99 )

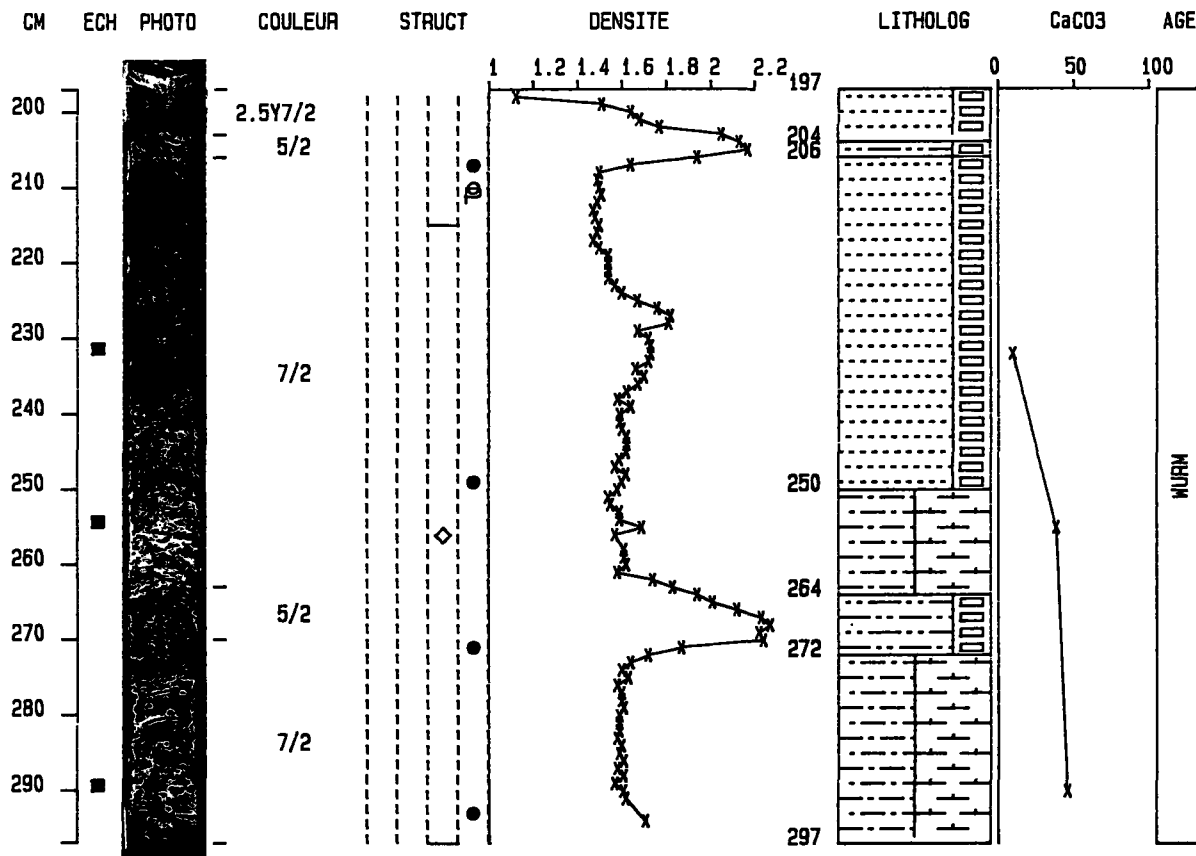


EPICEA CAROTTE: 08 SECTION: 2 ( 99 - 197 )

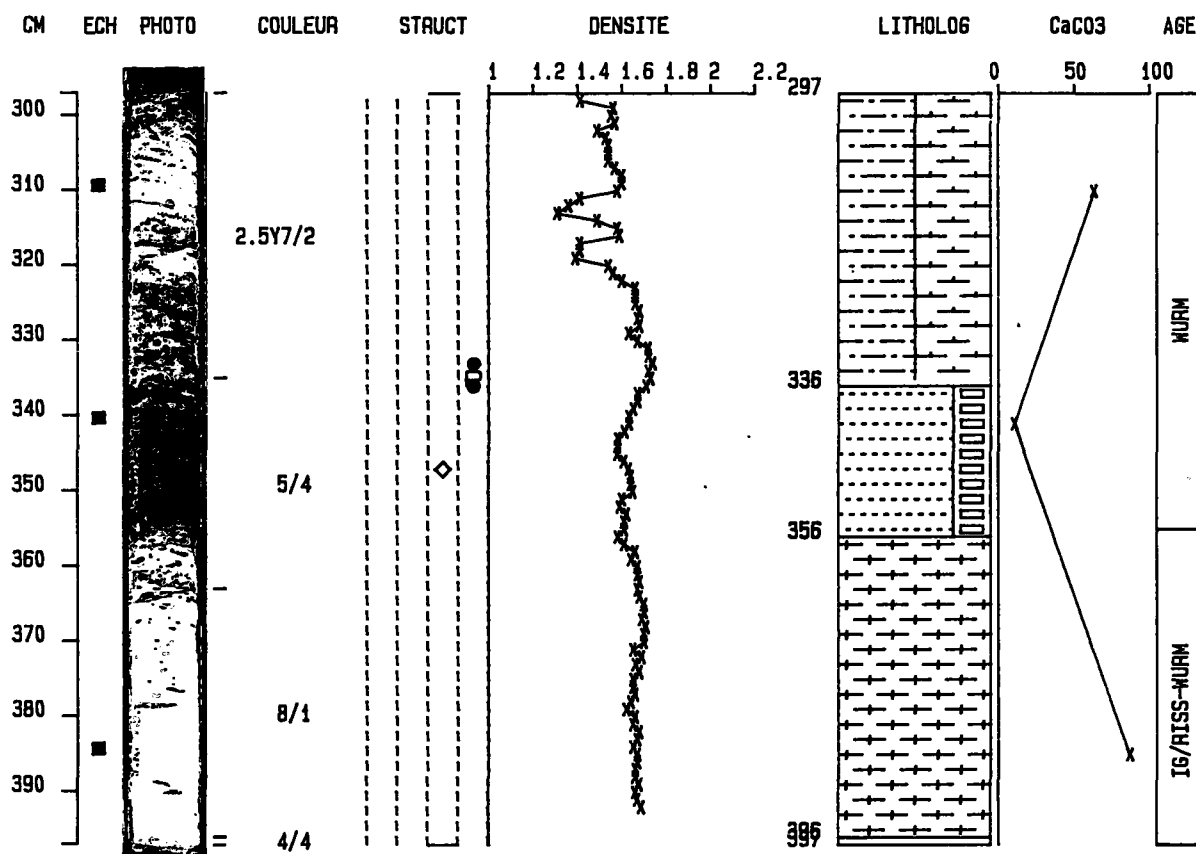




EPICEA CAROTTE: 08 SECTION: 3 ( 197 - 297 )

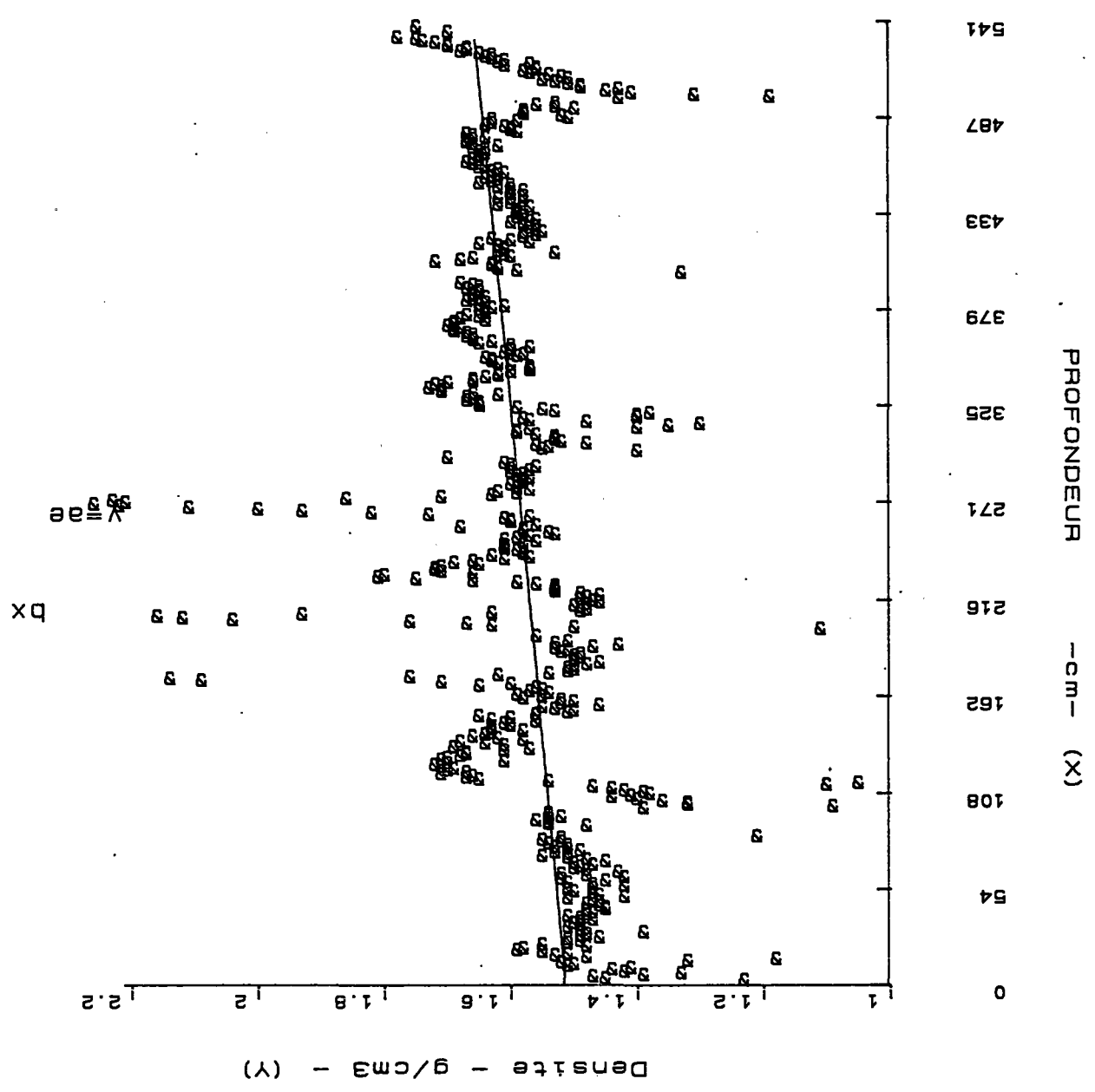


EPICEA CAROTTE: 08 SECTION: 4 ( 297 - 397 )





EPICEA KS 08 CORRELATION DENSITE PROFONDEUR



|  |            |        |                |
|--|------------|--------|----------------|
|  | Intervalle | S      | D              |
|  | 0 - 541    | 1.5158 | 0.0002         |
|  |            |        | T <sup>2</sup> |
|  |            |        | 0.1004         |

**TROISIEME PARTIE**

**INTERPRETATION**

VALLEE OCCIDENTALE

COLLINES CENTRALES

FOSSE CENTRALE

KS02

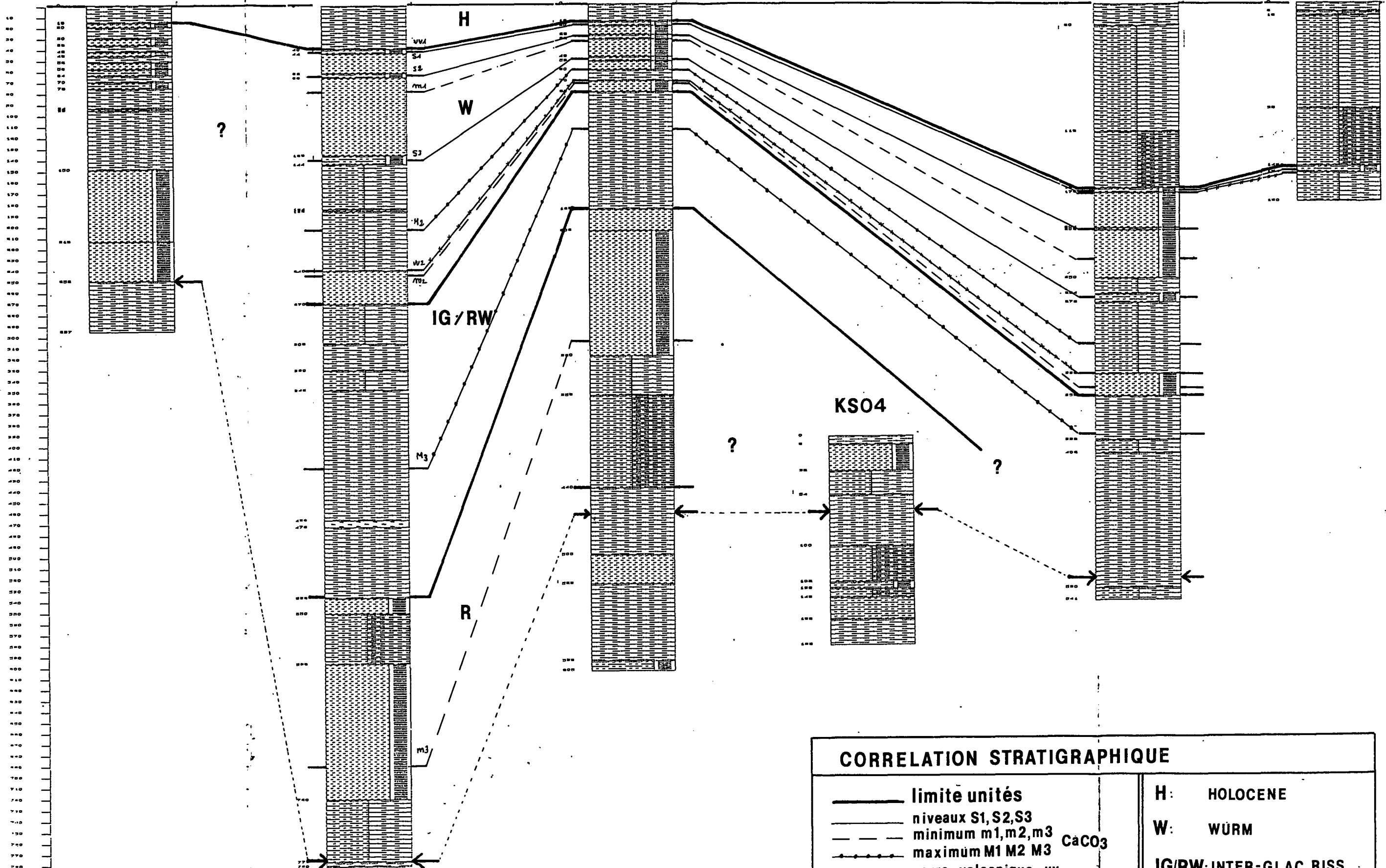
KS01

KS03

KS08

KS07

CM



**CORRELATION STRATIGRAPHIQUE**

|           |                                    |        |                         |
|-----------|------------------------------------|--------|-------------------------|
| —         | limite unités                      | H:     | HOLOCENE                |
| —         | niveaux S1, S2, S3                 | W:     | WURM                    |
| - - -     | minimum m1, m2, m3                 | IG/RW: | INTER-GLAC RISS<br>WURM |
| · · · · · | maximum M1 M2 M3 $CaCO_3$          | R:     | RISS                    |
| *****     | verre volcanique vv                |        |                         |
| ←         | apparition <i>Gephyrocapsa</i> sp. |        |                         |

## Interprétation

---

### 1- IDENTIFICATION DES PROCESSUS DE SEDIMENTATION AU COURS DU QUATERNAIRE SUPERIEUR

#### a) Période Riss et plus ancien

Il s'agit d'une époque où le paroxysme de froid aurait été atteint dans l'Europe occidentale lors du stade isotopique 6 (Pratt et Dyle, 1974). Les sédiments les plus anciens décrits dans la présente étude ont été rencontrés dans les carottes KS03 et KS04, prélevées sur les collines centrales : l'une sur un sommet, l'autre sur la pente.

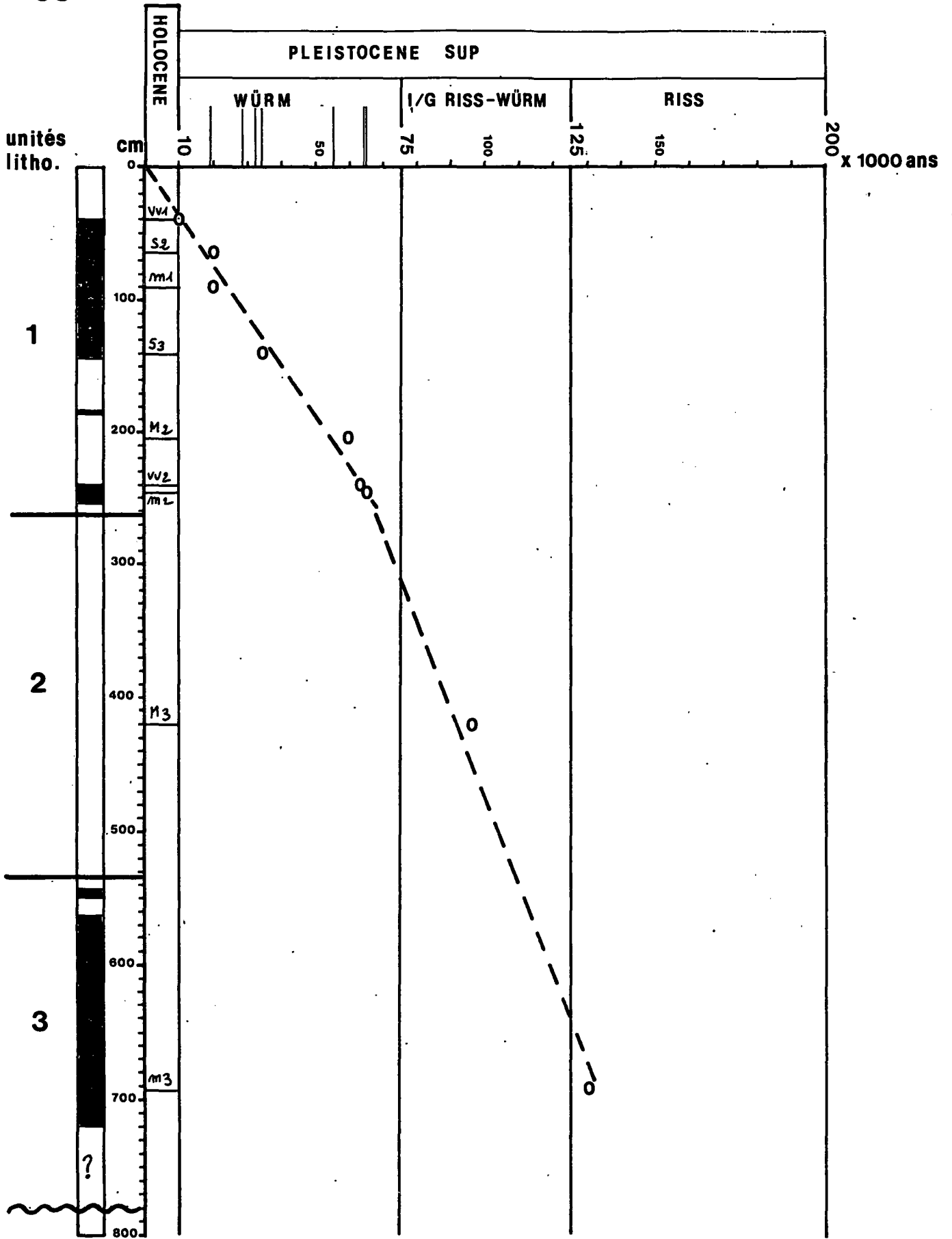
Les types lithologiques sont très variés : on observe une alternance de boues à nannofossiles et foraminifères, de boues marneuses et de vases silteuses carbonatées. Les boues à nannofossiles et foraminifères sont caractérisées par la présence d'une espèce particulière de nannofossiles : *Gephyrocapsa sp.* de petite taille. Elle est interprétée comme le signe de conditions hydrologiques spéciales dans les eaux de surface (salinité faible, eau diluée et froide ?). Le minimum m3 de teneur en CaCO<sub>3</sub> observé au cours de cette période correspond vraisemblablement aux sédiments mis en place lors du stade isotopique 5. En outre, on remarque dans cette unité (carottes KS03 et KS04) un niveau de vase indurée dolomitique. Des niveaux semblables seront rencontrés dans le Würm au sommet de toutes les carottes de la zone.

#### b) Période Interglaciaire Riss/Würm :

Durant cette période, la sédimentation est de type pélagique, représentée par des dépôts de boues à nannofossiles et foraminifères indiquant une période de réchauffement. On y observe le maximum M3 de teneur en CaCO<sub>3</sub>, lequel correspondrait au stade isotopique 5.

#### c) Période Würm

Les sédiments déposés pendant cette période sont constitués d'une alternance de boue à nannofossiles et de vase silteuse, représentative des fluctuations du climat qui se sont produites durant cette dernière glaciation. Les minima et maxima de teneur en CaCO<sub>3</sub> correspondent aux périodes de refroidissement et de réchauffement : le minimum m2 (stade isotopique 4), le maximum M2 (stade isotopique 3) et le minimum m1 (stade isotopique 2).



**KS01 STRATIGRAPHIE**

climat  chaud  
 froid.

Durant cette période, deux niveaux de verre volcanique ont été déposés respectivement vers 64 000 ans et 9 000 ans. Ils constituent des repères stratigraphiques remarquables. Il s'agit de cendres volcaniques émises et déposées sur la banquise puis dispersées dans l'Atlantique Nord-est à la faveur de la dérive des glaces flottantes et de leur fonte (Rudiman, 1977).

On remarque également dans ce sédiment la présence de 3 niveaux de vases indurées, riches en dolomie S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub>. Le niveau S<sub>1</sub> est proche du niveau à verre volcanique daté de 9 000 ans. Les niveaux S<sub>2</sub> et S<sub>3</sub> ont été datés respectivement au carbone 14 de 20 000 et 34 000 ans (Rudgers van der Loeff 1986). Ces niveaux pourraient résulter également du délestage de glaces flottantes et d'icebergs. L'extension spatiale de ces niveaux et l'origine de la dolomie restent toutefois à préciser.

#### *d) Période Holocène*

Les sédiments déposés pendant cette période sont typiques de la sédimentation pélagique. Ils sont constitués de boues à nannofossiles et foraminifères. Leur teneur en carbonate dépasse 80 %.

Dans la fosse centrale, on note la présence de turbidite pélagique épaisse de 1,60 m dont l'âge de mise en place est difficile à préciser (< 9 000 ans).

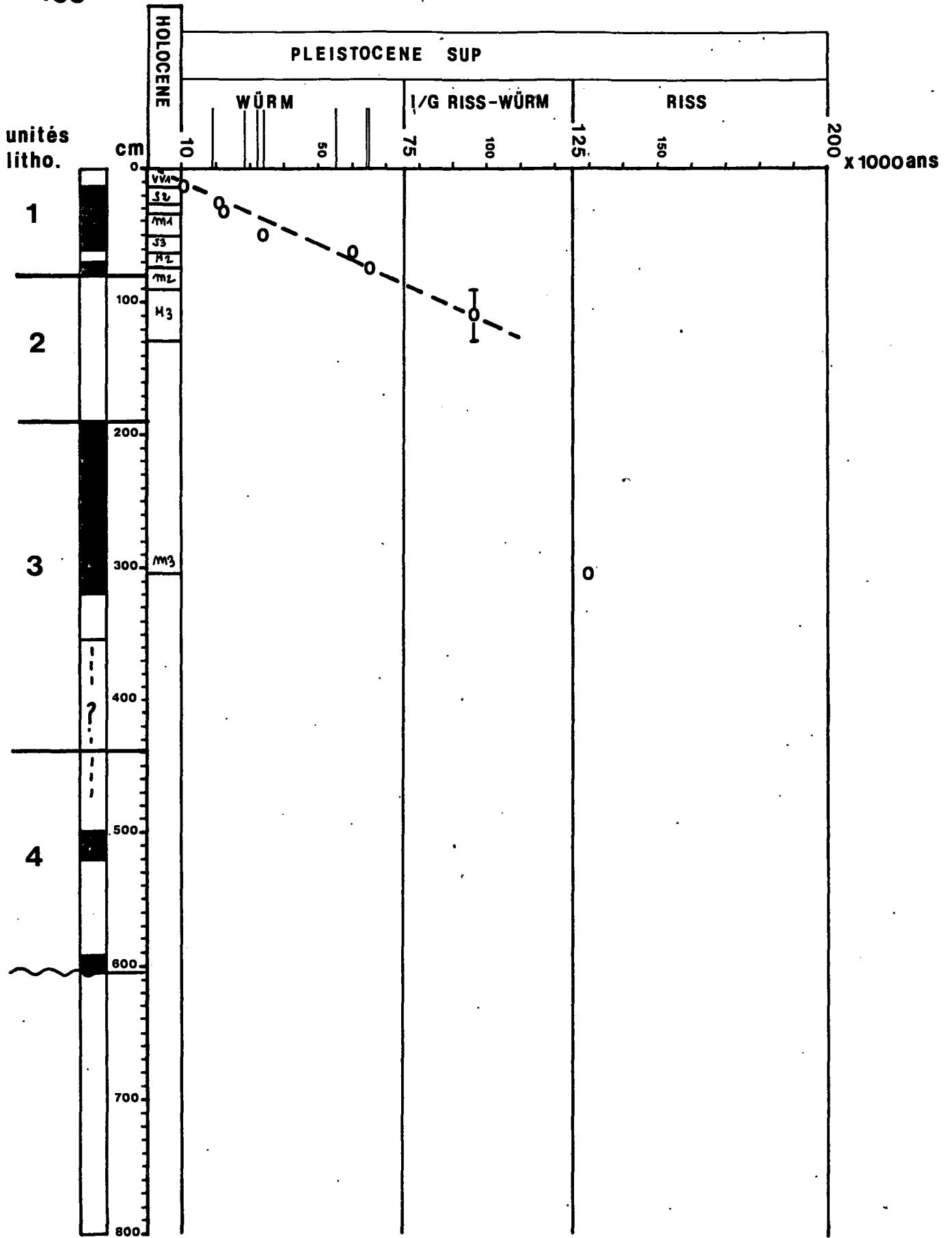
#### - Cas de la carotte KS02 (Vallée occidentale)

Elle présente au-dessus d'un niveau de boue à nannofossiles et foraminifères appartenant au Riss, une séquence présentant toutes les caractéristiques d'une série "slumpée", c'est-à-dire un éboulement en masse avec déformation des lits sédimentaires sans qu'il y ait toutefois liquéfaction totale.

Le fait que cette carotte ait été prélevée sur une pente (voir profil 3.5 Khz), peut expliquer ce phénomène. A l'aide de cette seule carotte, il est difficile de préciser l'origine et l'étendue de ce "slump".

Une confirmation par d'autres prélèvements devrait être effectuée pour préciser l'importance et l'origine des phénomènes d'instabilité indiqués par cette carotte.





### KS03 STRATIGRAPHIE

climat  chaud  
 froid

- Cas de la carotte KS04 (Pente collines centrales)

La carotte KS04 prélevée sur une pente abrupte ( 10%) à proximité de la carotte KS03, est remarquable en ce sens que la série prélevée correspond précisément à la partie inférieure de la carotte KS03. Ceci est bien mis en évidence par les propriétés physiques ( $\gamma$ densimétrie) des sédiments. La surconsolidation apparente de la carotte ne peut s'expliquer que par un glissement en masse ayant entraîné la partie supérieure des dépôts.

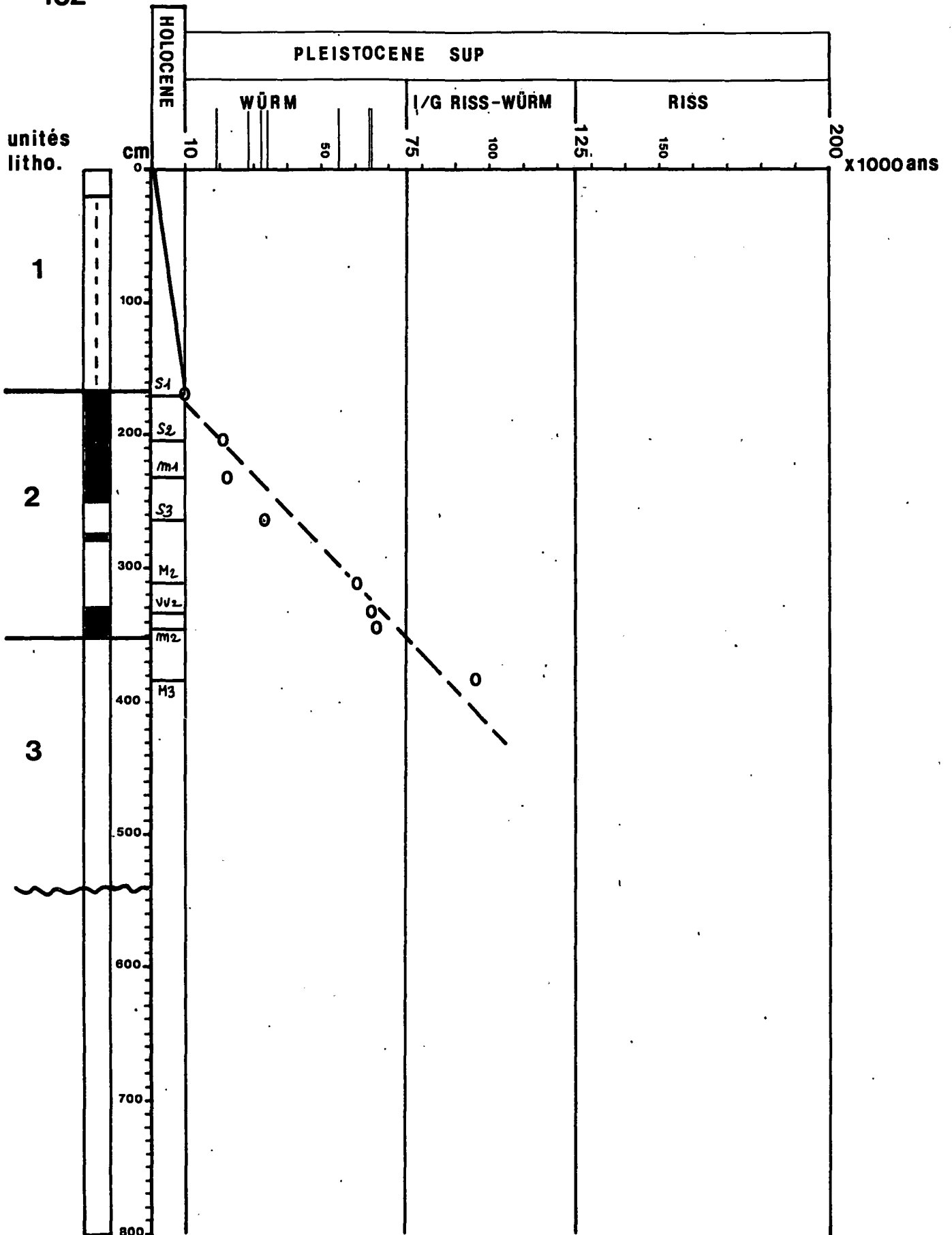
## 2- TAUX DE SEDIMENTATION

Les taux de sédimentation ont été évalués dans les carottes pour les périodes suivantes (Tableau ci-dessous: les taux de sédimentation sont donnés en cm/1000 ans) :

| PERIODE                 | AGES    | Vallée occidentale |      | Collines centrales |      | Fosse centrale |      |
|-------------------------|---------|--------------------|------|--------------------|------|----------------|------|
|                         |         | KS01               | KS02 | KS03               | KS04 | KS07           | KS08 |
| HOLOCENE                | 0       | 4,4                | 1,7  | 1,7                |      | 17,8           | 18,9 |
|                         | 9 000   |                    |      |                    |      |                |      |
| WURM                    | 64 000  | 3,7                |      | 1,1                |      |                | 3,0  |
|                         | 96 000  | 5,6                |      | 1,3                |      |                | 1,9  |
| INTERGLAC.<br>RISS/WURM | 130 000 | 7,9                |      | 5,6                |      |                |      |
|                         |         |                    |      |                    |      |                |      |
| RISS                    |         |                    |      |                    |      |                |      |

L'évolution des taux de sédimentation au cours des différentes périodes permet de comparer l'évolution dans les différentes zones morphologiques étudiées.

Au cours du Riss et du début de l'interglaciaire Riss/Würm (période allant de 130 000 ans à 96 000 ans) le taux de sédimentation est élevé dans la vallée occidentale (7,9 cm/1 000 ans). Il est un peu moins élevé sur les collines abyssales (5,6 cm/1 000 ans).



**KS08-STRATIGRAPHIE**



Au cours de l'interglaciaire Riss/Würm (entre 96 000 et 64 000 ans), le taux de sédimentation le plus élevé est observé dans la vallée occidentale (5,6 cm/1 000 ans). Il est nettement moins élevé sur les collines centrales (1,3 cm/1 000 ans). Ceci peut s'expliquer par un phénomène de "vannage" : les courants sont plus intenses sur les hauts, et la vallée occidentale récupère les produits de l'érosion.

Dans la fosse centrale, à cette époque, le taux de sédimentation observé est anormalement faible (2 cm/1000 ans dans la carotte KS08). Cette "anomalie" pourrait s'expliquer par une érosion importante des dépôts lors de mouvements gravitaires ; le produit de cette érosion étant déposé à "l'aval" par les courants de turbidité au moment où ils perdent de leur force. Une érosion par les courants océaniques normaux reste hypothétique, malgré les fortes intensités mesurées (Vangriesheim, sous presse).

Au cours du Würm (64 000 à 9 000 ans), le taux de sédimentation décroît mais reste toujours plus élevé dans la vallée occidentale sans toutefois dépasser un taux normal (3,7 cm/1000 ans).

Au cours de l'Holocène (10 000 - actuel) le taux le plus élevé est observé dans la fosse centrale (18 cm/1 000 ans). Ceci correspond à la mise en place d'une turbidite pélagique épaisse de 1,50 m.

Dans la vallée occidentale, le taux de sédimentation observé est également plus élevé que celui observé lors du Würm. Ceci s'expliquerait par l'importance du transport des matières en suspension et donc leur dépôt dans les zones basses.

## Conclusions

---

A l'époque où il a été décidé d'immerger les déchets radioactifs dans les fonds océaniques, le concept retenu paraissait être un modèle "clos" devant permettre le confinement des radionucléides. Les résultats de cette étude montrent que les caractéristiques de la zone choisie ne sont pas aussi simples que prévues. La topographie du site apparaît morcelée : vallée, hauts fonds, fosses. Les carottes prélevées dans chacun de ces types d'environnement mettent en évidence des processus sédimentaires différenciés.

Deux lignes de conclusion peuvent être tirées de la présente étude : la première concerne la période récente, la seconde résulte de l'enregistrement dans les carottes des fluctuations du climat passé. Ces informations contribueront au bilan des connaissances acquises pour l'évaluation de la zone d'immersion.

Dans la période récente, la vallée occidentale est caractérisée par une sédimentation pélagique avec influence de processus gravitaires. Les collines centrales sont caractérisées par une sédimentation pélagique avec instabilité sur les pentes, parfois abruptes. La fosse centrale est comblée par des dépôts turbiditiques, produits d'événements "catastrophiques". Le site est donc un milieu dynamique où la possibilité de dispersion existe. Dans ce contexte, la zone ne correspond pas au modèle "clos" de confinement. Un modèle de site "ouvert", c'est-à-dire où la dispersion aboutirait à une dilution progressive des radionucléides pourrait être évoqué comme une alternative pour la prévision des impacts. La réalité de la zone correspond apparemment à un modèle mixte : d'une part concentration dans la fosse centrale, d'autre part dispersion sur les collines centrales et dans la vallée occidentale due à la circulation profonde et exportation possible à la faveur du "panache" engendré par les courants de turbidité.

Les résultats de l'étude stratigraphique des carottes permettent de proposer un scénario possible pour l'évolution du site, dans l'hypothèse d'un refroidissement du climat allant vers une nouvelle phase glaciaire. Une telle évolution n'est pas impossible au cours des prochains milliers d'années. Ainsi les boues à nannofossiles et foraminifères déposées lors de l'interglaciaire Riss/Würm sont de même nature que les sédiments actuels. Le refroidissement dû à la glaciation du Würm, qui a suivi cette période, a provoqué un changement radical dans la nature des dépôts. On observe alors une diminution de la teneur en carbonate résultant à la fois de faible productivité en surface et de l'augmentation de la dissolution. Les conséquences d'un tel changement doivent donc être prises en compte dans un modèle prévisionnel à l'échelle du millier d'années, en accord avec la durée de vie des radioéléments contenus dans les déchets.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUFFRET G.A., BUCKLEY D., KERBRAT R. and the Geology Group, 1988. Cores lithostratigraphy. Esope final report. Chap. IV-1, in press.
- AUFFRET G.A., DRUELLE P., 1985. Cadre morphostructural et sédimentaire d'un secteur de la zone de collines abyssales de l'Atlantique Nord Est (zone AEN). Rapport interne IFREMER DERO/GM.
- AUFFRET G.A., MONTI S. et CALMET D., 1986. Bathymétrie du site d'immersion au moyen de l'échosondeur "SEABEAM" dans Etat des connaissances océanographiques relatives au site d'immersion de déchets radioactifs de faible activité dans l'Atlantique Nord Est. AEN/OCDE vol. 2, 1986.
- BREHERET J.G., 1977. Les coccolithes du Pléistocène supérieur et de l'Holocène de deux carottes profondes de l'Atlantique Nord. Systématique, Biostratigraphie, Paléoclimatologie. Thèse, Université de Nantes.
- DICKSON R.R., GURBUTT P.A. et KERSHAW P.J., 1986. Etat des connaissances océanographiques relatives au site d'immersion des déchets radioactifs de faible activité dans l'Atlantique Nord-Est, AEN/OCDE, volume 2.
- DRUELLE P., 1985. Cadre morphostructural du domaine profond du Golfe de Gascogne et de ses confins atlantiques. DEA, Université de Bretagne Occidentale Brest, 1985.
- GURBUTT P.A. et DICKSON R.R. (eds) 1983. Etat des connaissances océanographiques relatives au site d'immersion de déchets radioactifs de faible activité dans l'Atlantique Nord-Est. AEN/OCDE, volume 1.
- JACOBI R.D., 1981. Microphysiography of the southeastern north Atlantic and its implications for the distribution of near bottom processes and related sedimentary facies. Bull IGBA, Bordeaux, n° 3, p 31-46.
- HAYS J.D. et al., 1969. Pliocene-Pleistocene sediments of the Equatorial Pacific : Their paleomagnetic, biostratigraphic and climatic record. Bull. Geol. Soc. Am. Boulder Color. 80, 1481-1514.
- MARTINI E, 1976. Cretaceous to recent calcareous nannoplankton from the Central Pacific Ocean (DSDP Leg 33). Initial Report of DSDP, vol. XXXIII, p. 383-423, 13 pl, 1 fig.

- MC. INTYRE A., KIPP N.G. et al., 1976. Glacial North-Atlantic 18 000 years ago : a climap reconstruction. *Geol. Soc. Am. Mem.*, 145, 43-76.
- MULLER C., 1989. Résultats de l'étude du nannoplancton dans les carottes de la missions EPICEA 2. Rapport d'étude.
- NEA/OECD, 1985. Review of the continued suitability of the dumping site for radioactive waste in the North-East Atlantic. Report.
- PRAT R.M. et DYLE, 1974. Deep eustatic terraces levels : further speculations. *Geology*, V.2, N° 3, p. 155-159.
- PUJOL C., 1980. Les foraminifères planctoniques de l'Atlantique Nord au Quaternaire. *Ecologie, stratigraphie, environnement*. Thèse université de Bordeaux I. Mémoires IGBA n° 10, p. 254.
- RUCH P., KUBLER B. et NYFFELER F., 1984. Minéralogie, géochimie et origine des sédiments postglaciaires au Sud de la plaine abyssale de Porcupine (46°N, 17°W). 5è congrès européen de sédimentologie, Marseille.
- RUDDIMAN, W.F., 1977. Late Quaternary deposition of ice-rafted sand in the sub-polar North Atlantic (40°N-65°N). *Bull. Géol. Soc. Am.*, 88, 1813-1827.
- RUDDIMAN W.F. et GLOVER L.K., 1972. Vertical mixing of ice-rafted volcanic ash in North Atlantic sediments. *Geol. Soc. Am. Bull.* 83 : 2039-2062.
- RUDDIMAN W.F. et Mc INTYRE A., 1976. North East Atlantic paleoclimatic changes over the past 600 000 years. *Mem. Geol. Soc. Am.* 145, Boulder, Colorado, 111-146.
- RUTGERS VAN DER LOEFF M.M. and LAVALEYE M.S.S., 1986. Sediments, fauna and the dispersal of radionuclides at the N.E. Atlantic dump-site for low-level radiocative waste. Report of the Dutch Dora program, 1986. Netherlands Institute for Sea Research, P.O. Box 59, NL 1790 Ab Den Burg, Texel.
- SIBUET M., CALMET D. et AUFFRET G.A., 1985. Reconnaissance photographique de conteneurs en place dans la zone d'immersion des déchets faiblement radioactifs de l'Atlantique Nord-Est. *Cr. Acad. Sc. Paris*, t. 301, série III, n° 10, 1985.

SIBUET M. et COIC D., 1989. Photographic prospection of the NEA Dumpsite in the North East Atlantic : Quantitative distribution of epibenthic megafauna. In interim oceanographic description of the North East Atlantic site for the disposal of low level radiocative waste. vol. 3, chap. 26, NEA/OECD Paris, in press.

SHACKLETON N.J., OPDYKE N.D., 1976. Oxygene isotope and paleomagnetic stratigraphy of Pacific core V28-239 : late Plioene to latest Pleistocene. Bull. Geol. Soc. Am. Boulder Color ; 145, 449-464.

VANGRIESHEIM A. CTD. nephelometry and current meter measurements at the NEA Dumpsite during the 1984 EPICEA cruise. In Interim oceanographic description of the North East Atlantic site for the disposal of low radioactive waste. Vol. 3, chap. 2 NEA/OECD Paris, in press.



|                 |
|-----------------|
| <b>ANNEXE 1</b> |
|-----------------|

**Présentation du logiciel d'exploitation  
des données sédimentologiques :  
LOGSATE**

## Annexe 1

---

### Le logiciel d'exploitation des données sédimentologiques :

## LOGSATE

### 1- INITIATION DU PROJET ET OBJECTIFS

L'étude des carottes sédimentaires implique la mesure d'un grand nombre de paramètres. Pour gérer les nombreuses données dont nous disposons, il est nécessaire de faire appel à l'outil informatique.

Le projet LOGSATE a été initié en 1985 en vue de l'exploitation des carottes de la campagne internationale ESOPE, réalisée dans le cadre du projet SEABED de l'OCDE. L'IFREMER a collaboré à cette campagne au cours de laquelle 300 mètres de carottes ont été prélevés, puis analysés dans les laboratoires des différents organismes participant au projet. Le laboratoire de sédimentologie du département Géosciences Marines de la Direction de l'Environnement et des Ressources Océaniques était coordinateur des études sédimentologiques.

L'objectif du développement d'un tel logiciel est de fournir au sédimentologue un outil spécifique d'aide à la gestion des données pour permettre l'interprétation des dépôts sédimentaires. Ses principales fonctions sont la Saisie, le Traitement et l'Edition des paramètres décrivant une carotte sédimentaire.

Ce logiciel a été réalisé en contrat de sous-traitance par l'agence informatique CISI-INGENIERIE (S. Le Gentil, R. Delmas) de Brest après rédaction d'un cahier des charges par nos soins.

### 2- ENVIRONNEMENT INFORMATIQUE

Le support micro-informatique a été choisi pour des raisons de souplesse au niveau du laboratoire et en particulier, pour l'autonomie d'utilisation à bord d'un navire océanographique.

Le logiciel LOGSATE est implanté sur un micro-ordinateur compatible de type PC-XT Olivetti-Logabax 1600 S, avec système d'exploitation MS-DOS équipé de :

- 1 disque dur 20 MO
- 1 station de disquette 360 KO
- 1 écran graphique couleur
- 1 traceur Hewlett-Packard HP 7475
- 1 imprimante Epson.

Les programmes sont écrits en langage BASIC compilé.

### 3- SPECIFICATIONS

#### 3.1. Nature des données et résolution

Une carotte sédimentaire se présente sous la forme d'une colonne de sédiment contenue dans un tube PVC de 10 cm de diamètre. Elle peut avoir une longueur très variable : de quelques centimètres à plusieurs mètres (au maximum 40 mètres).

Les données sont constituées par des paramètres descriptifs codés et des résultats d'analyses d'échantillons (paramètres discrets) ou de mesures en continu le long de la carotte (paramètres continus). Le logiciel permet de prendre en compte un échantillon tous les centimètres, quelque soit la longueur de la carotte.

#### 3.2. Types de paramètres

Les paramètres décrivant une carotte sédimentaire peuvent être regroupés en deux catégories :

- les paramètres ponctuels
- les paramètres zonaux.

##### a) *les paramètres ponctuels*

*Ils sont de deux types :*

- Les paramètres ponctuels numériques (PON) : A une profondeur donnée dans la carotte est associée une valeur numérique (exemple : à la côte 50 cm, densité  $d = 1,41$ ).
- Les paramètres ponctuels avec qualificatifs (PAQ) : A une profondeur donnée correspond un qualificatif du paramètre ; Exemple : à 150 cm, le sédiment est une boue marneuse à nannofossiles (150 cm = BMN).

## L O G S A T E

|                      |   |                                   |
|----------------------|---|-----------------------------------|
| SAISIE               | 1 | INTERACTIVE                       |
|                      | 1 |                                   |
| STATISTIQUES         | 1 | MOYENNE, ECART-TYPE               |
|                      | 1 | EPAISSEURS DES COUCHES            |
|                      | 1 | CORRELATION PARAMETRE-PROFONDEUR  |
|                      | 1 | CORRELATION PARAMETRE-PARAMETRE   |
|                      | 1 |                                   |
| FICHER DERIVE        | 1 | TAUX SEDIMENTATION-AGE INTERPOLLE |
|                      | 1 | POROSITE / DENSITE                |
|                      | 1 | POROSITE / TENEUR EN EAU          |
|                      | 1 | FUSION DE LABORATOIRES            |
|                      | 1 |                                   |
| EDITIONS             | 1 | LISTINGS SUR IMPRIMANTE           |
|                      | 1 | PROFIL SUR TABLE TRACANTE         |
|                      | 1 | FICHE SYNTHETIQUE                 |
|                      | 1 | FICHE TABLEAU                     |
|                      | 1 | COUPURES LITHOLOGIQUES            |
|                      | 1 |                                   |
| UTILITAIRES          | 1 |                                   |
|                      | 1 |                                   |
|                      | 1 |                                   |
|                      | 1 |                                   |
| GESTION DES CAROTTES | 1 | CREATION DE CAROTTE               |
|                      | 1 | SUPPRESSION DE CAROTTE            |
|                      | 1 | SAUVEGARDE DE CAROTTE             |
|                      | 1 | RESTAURATION DE CAROTTE           |
|                      | 1 |                                   |
| DIVERS               | 1 | RECAPITULATIF CAROTTES            |
|                      | 1 | LEGENDE LITHOLOGIQUE              |
|                      | 1 | SORTIE BIBLIO. SYMBOLES           |
|                      | 1 |                                   |
|                      | 1 |                                   |

## b) les paramètres zonaux

*Ils sont également de deux types :*

- Les paramètres zonaux sans qualificatif (ZSQ) : Le paramètre à lui seul représente une propriété du sédiment. Il est saisi pour une zone de la carotte ; Exemple : sédiment perturbé de 100 à 150 cm = perturbation (PRT).
- Les paramètres zonaux avec qualificatifs (ZAQ) : Le paramètre correspond à une propriété générale qui doit être précisée par un qualificatif ; Exemple : dans telle zone, le sédiment est bistrubé 200-300 cm = bioturbation (BRT).

Les paramètres sont regroupés en classes ; Quatre types de classes peuvent être distingués. Ces classes correspondent aux quatre types de paramètres décrits précédemment.

Une classe est définie par l'ensemble des paramètres qu'elle regroupe, elle est constituée par un nom, un code, un type. Quelques critères sont à respecter pour la constitution des classes :

- une classe doit être homogène c'est-à-dire ne pas contenir des paramètres de nature différente en raison des formats de saisie et d'édition des données.
- un paramètre peut appartenir à plusieurs classes différentes à la seule condition de respecter le critère d'homogénéité.

## 4- FONCTIONS

### 4.1 Saisie des données et mesures

La saisie des paramètres se fait de manière interactive par classe. L'origine de la donnée, c'est-à-dire le laboratoire dans lequel les analyses ont été effectuées, est indexée. Cette association paramètre-laboratoire est particulièrement intéressante, elle permet de bien identifier les données tout au long de l'exploitation et de mettre en évidence d'éventuels problèmes de calibration.

Par ailleurs, les données relatives à certains paramètres pourront être acquises de manière automatique ou provenir d'autres calculateurs et à terme être intégrées dans LOGSATE.

## L O G S A T E

## SAISIE DES DONNEES

PROPRIETES PHYSIQUES

COMPOSANTS 2

PH SEDIMENT

EAU CaCO3 C.ORG PH

EAU CaCO3 C.ORG.

GRANULO

CALCIUM EAU

ARGILES /TOTAL

OBSERV. QUALITATIVES 1

TYPE SEDIMENTATION

COULEUR 1

STRUCTURE ZONALE

LITHOLOGIE PONCTUELLE

IFREMER

MARION DUFRESNE

RGD HOLLANDE

COMPOSANTS 1

GRANULOMETRIE

ARGILE ET MOY.

DENSITE

CHIMIE TEXTURE

COMPOSANTS 3

AGE ABSOLU

POSITE DERIVEE

OBSERV. QUALITATIVES 2

STRATIGRAPHIE

LITHOLOGIE ZONALE

DATATIONS STRATI.

STRUCTURE LOCALISEE

BEDFORD INSTITUTE

SANDIA

NANCY

IOS

IGBA BORDEAUX

ENEA ITALIE

## 4.2. Traitements

Le logiciel LOGSATE comporte un certain nombre de fonctions de calculs statistiques et des fonctions spécifiques.

### 4.2.1. Calculs statistiques (moyennes, écart-type, variance)

Ces calculs peuvent être effectués pour tous les paramètres ponctuels numériques. L'étude se fait sur la carotte entière ou sur un intervalle de la carotte, ou encore pour plusieurs carottes d'une même mission.

### 4.2.2. Corrélations

Nous avons la possibilité de rechercher deux types de corrélation :

- Corrélation paramètre-profondeur
- Corrélation paramètre-paramètre.

#### a) *Corrélation paramètre-profondeur :*

Il s'agit de l'étude des variations d'un paramètre en fonction de la profondeur. L'étude peut se faire sur toute la carotte et sur un ou plusieurs intervalles. L'utilisateur choisit le type d'ajustement.

- une droite (régression linéaire  $y = a - bx$ )
- une courbe exponentielle  $y = ae^{bx}$  ( $a > 0$ )
- une courbe logarithmique  $y = a + b \ln x$
- une courbe de puissance  $y = ax^b$

Lorsque l'ajustement a été sélectionné, les valeurs de régression  $a$  et  $b$  sont calculées ainsi que le coefficient de détermination  $r^2$ , celui-ci indique la qualité de l'ajustement réalisée par la régression. Les valeurs de ce coefficient sont comprises entre 0 et 1, les valeurs proches de 1 indiquant le meilleur ajustement. Les coefficients de régression  $a$  et  $b$  définissent la courbe produite selon les équations présentées ci-dessus.

b) *Corrélation paramètre-paramètre :*

C'est l'étude des variations d'un paramètre en fonction d'un autre paramètre. Par exemple, on peut ainsi mettre en évidence la corrélation existant entre un paramètre physico-chimique, le pH de l'eau intersticielle et la teneur en carbonate de calcium du sédiment.

Les types d'ajustement possibles sont les mêmes que dans le cas précédent.

4.2.3. Détermination d'épaisseur de couches :

Lors de l'étude des dépôts sédimentaires, nous sommes amenés à considérer les différentes strates ou unités lithostratigraphiques. Le logiciel permet de calculer l'épaisseur de différentes couches dites "homogènes" et les paramètres statistiques de la distribution.

Par exemple, dans le cas du paramètre "lithologie", on voudra calculer l'épaisseur des lits de lithologie identique, ou l'épaisseur des lits toute lithologie confondue.

De la même manière, lorsque l'on s'intéresse au paramètre "type de sédimentation", on pourra calculer l'épaisseur des lits turbiditiques ou pélagiques.

4.2.4. Détermination de coupures lithologiques par la méthode de la "moyenne mobile"

Le but est de fixer de manière objective les changements lithologiques majeurs dans une carotte sédimentaire. Nous utilisons pour cela la méthode dite de la "moyenne mobile" :

Au moyen d'une fenêtre glissante de largeur optionnelle et d'un pas de translation de longueur optionnelle, on calcule pour un paramètre donné la moyenne  $m_i$  et l'écart type  $t_i$  des intervalles successifs le long de la carotte.

- si la nouvelle moyenne  $m(i + 1)$  ne sort pas de l'ancienne moyenne  $m(i) +$  ou  $- 2$  fois le précédent écart type  $t(i)$ , on reste dans la même couche lithologique ( $m(i) - 2 t(i) < m(i+1) < m(i) + 2 t(i)$ ), on calcule alors de nouveau la moyenne et l'écart type depuis la dernière coupure.



- si au contraire  $m(i + 1) < m(i) - 2 t(i)$  ou  $m(i + 1) > m(i) + 2 t(i)$ , on considère que l'on change de couche lithologique et on recommence l'étude à partir de la nouvelle coupure.
- on peut choisir au lieu de  $2 t(i), nt(i)$  avec  $0 < n < 2$ .

#### 4.3. Création de fichiers dérivés :

Nous disposons de la possibilité de créer quatre paramètres dérivés :

- Taux de sédimentation / âge interpolé
- Porosité issue des valeurs de densité
- Porosité issue des valeurs de teneur en eau
- Des fichiers fusionnés de paramètres provenant de plusieurs laboratoires.

##### a) Taux de sédimentation partiel/âge interpolé

Il s'agit de calculer la valeur d'un composant du sédiment modulé par le taux de sédimentation et le calcul des âges à des niveaux de paramètres ponctuels numériques selon les formules suivantes

Taux de sédimentation =

$$\frac{\text{Profondeur (niveau 2)} - \text{Profondeur (niveau 1)}}{\text{âge (niveau 2)} - \text{âge (niveau 1)}}$$

Age interpolé = profondeur : taux de sédimentation

Taux de sédimentation partiel = Taux de sédimentation x % du composant.

##### b) Porosité dérivée de la densité.

La densité du sédiment mesurée au gammadensimètre ( $d\gamma$ ) est la densité humide apparente. Elle dépend de la densité solide  $ds$ , de la porosité  $\phi$  et de la densité du fluide dans les pores (eau de mer  $df$ ).

A partir du fichier densité (DST), il est donc possible de créer un nouveau fichier porosité (POD) dérivé. Le calcul se fait par application de la formule suivante :

$$\text{POD} = \frac{ds - \text{DST}}{ds - df} \times 100$$

$ds = 2,65$  (valeur moyenne pour sédiments océaniques carbonatés)

$df = 1,035$  (eau de mer)

c) *Porosité dérivée de la teneur en eau :*

La porosité est liée à la teneur en eau par la relation suivante :

$$POE = \frac{ds \times (H_2O/100)}{(ds-df) (H_2O/100)} \times 100$$

Dans les deux cas (POD et POE), le fichier dérivé est de type ponctuel numérique, y est associé le laboratoire d'origine des mesures de densité ou de teneur en eau.

d) *fichiers "fusion" de laboratoires :*

Comme nous l'avons mentionné plus haut, les données peuvent provenir de divers laboratoires. Le but de l'option "fusion de laboratoires" est pour un paramètre donné de fusionner plusieurs fichiers issus de plusieurs laboratoires (au maximum 6) et de créer un fichier unique contenant toutes les mesures faites sur la carotte pour le paramètre donné.

L'intérêt est de pouvoir par la suite réaliser tous les traitements existants soit par laboratoire, soit tous laboratoires confondus, en fonction du fichier paramètre que l'on veut exploiter. Le fichier issu de la fusion est du même type que les fichiers d'origine.

#### 4.4. Editions

La fonction "Edition" du logiciel LOGSATE est particulièrement intéressante dans la mesure où elle permet de visualiser et de restituer les résultats de l'étude lithostratigraphique des carottes sous une forme directement intégrable aux rapports d'études.

Les éditions de données se font sous cinq formes différentes :

- des tableaux de données
- des profils
- des fiches lithologiques synthétiques
- des fiches tableaux
- des coupures lithologiques.

#### 4.4.1. Les tableaux de données :

Ce sont des tableaux concernant des couples paramètre-laboratoire portant sur un intervalle donné, ou sur l'ensemble de la carotte les paramètres d'un tableau de même type. La possibilité existe d'afficher dans chaque colonne pour chaque paramètre le symbole représentatif du laboratoire dont est issue la mesure. Les impératifs d'édition sur une imprimante à 80 colonnes restreignent suivant le type d'édition le nombre de paramètres du tableau.

| Type du paramètre | Nombre de paramètres |
|-------------------|----------------------|
| PON               | 9                    |
| PAQ               | 9                    |
| ZSQ               | 5                    |
| ZAQ               | 3                    |

#### 4.4.2. Les profils

Il s'agit de profils figurant la variation d'un paramètre en fonction de la profondeur dans la carotte. Un diagramme peut comporter un ou plusieurs paramètres. Les profils sont édités au choix sur écran ou sur traceur.

#### 4.4.3. Les fiches lithologiques synthétiques

Comme leur nom l'indique, elles ont pour but de synthétiser les informations recueillies tout au long de l'étude lithologique.

*Elles comprennent :*

- une échelle de profondeur
- un tracé des niveaux d'échantillons
- des tracés de cadres vides
- des paramètres zonaux avec édition horizontale du qualificatif
- des profils de paramètres quantitatifs en fonction de la profondeur
- des observations structurales codées
- un log lithologique représentant les types de sédiments rencontrés.

La création des fiches est modulaire. L'utilisateur sélectionne dans l'ordre les éléments qui garniront son graphique. Les différentes dispositions de fiches créées sont stockées en mémoire. Lors du dessin effectif, il suffit d'entrer le numéro de la description choisie, le format de sortie du graphique et l'intervalle de la carotte sélectionnée.

#### 4.4.4. Les fiches tableaux

Ces tableaux seront imprimés en correspondance avec les fiches synthétiques. Ils regroupent les valeurs des paramètres représentés sur le graphique.

Ils sont édités pour un intervalle donné (en général par section de carotte) et pour des couples (paramètre-laboratoire), les paramètres étant tous de même type dans un tableau.

#### 4.4.5. Les coupures lithologiques

Comme nous l'avons vu dans le paragraphe "Fonctions", le but est de fixer les changements lithologiques majeurs dans une carotte en étudiant les variations d'un ou plusieurs paramètres.

L'édition des résultats comporte le tracé de la courbe paramètre-profondeur, des points du profil, les coupures lithologiques et les paramètres statistiques de la variation considérée pour ces différents intervalles.

### 4.5. Les utilitaires

Les utilitaires mis à la disposition de l'utilisateur sont réalisés dans l'optique d'édition de rapports :

- récapitulatif des carottes d'une mission
- légende lithologique
- édition des bibliothèques de symboles

#### 4.5.1. Récapitulatif

Il permet d'obtenir l'édition des caractéristiques de toutes les carottes d'une mission.

Pour la mission, sont fournis les renseignements suivants :

- le nom de la mission
- le nom du navire océanographique
- les dates de début et fin de mission.

Pour chaque carotte de la mission :

- le numéro de la carotte
- la position géographique
- la profondeur
- la longueur du prélèvement
- le nombre de sections
- un commentaire.

#### 4.5.2. Légende lithologique

Pour une mission donnée, il est possible de sortir sur table traçante tous les symboles lithologiques rencontrés dans les différentes carottes de la mission et existants dans la bibliothèque de symboles lithologiques. Cette légende est éditée en français ou en anglais selon le choix de l'utilisateur.

#### 4.5.3. Edition de bibliothèques

Ce programme utilitaire permet de sortir au choix en français ou en anglais les deux bibliothèques de symboles :

- symboles de structures sédimentaires
- symboles de lithologie.

Ces éditions se font sur traceur avec gestion feuille à feuille.

## ANNEXE 2

En vertu de l'article 1er de la Convention signée le 14 décembre 1960, à Paris, et entrée en vigueur le 30 septembre 1961, l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) a pour objectif de promouvoir des politiques visant :

- à réaliser la plus forte expansion de l'économie et de l'emploi et une progression du niveau de vie dans les pays Membres, tout en maintenant la stabilité financière, et à contribuer ainsi au développement de l'économie mondiale ;
- à contribuer à une saine expansion économique dans les pays Membres, ainsi que non membres, en voie de développement économique ;
- à contribuer à l'expansion du commerce mondial sur une base multilatérale et non discriminatoire conformément aux obligations internationales.

Les signataires de la Convention relative à l'OCDE sont : la République Fédérale d'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. Les pays suivants ont adhéré ultérieurement à cette Convention (les dates sont celles du dépôt des instruments d'adhésion) : le Japon (28 avril 1964), la Finlande (28 janvier 1969), l'Australie (7 juin 1971) et la Nouvelle-Zélande (29 mai 1973).

La République socialiste fédérative de Yougoslavie prend part à certains travaux de l'OCDE (accord du 28 octobre 1961).

*L'Agence de l'OCDE pour l'Énergie Nucléaire (AEN) a été créée le 20 avril 1972, en remplacement de l'Agence Européenne pour l'Énergie Nucléaire de l'OCDE (ENEA) lors de l'adhésion du Japon à titre de Membre de plein exercice.*

*L'AEN groupe désormais tous les pays Membres européens de l'OCDE ainsi que l'Australie, le Canada, les États-Unis et le Japon. La Commission des Communautés Européennes participe à ses travaux.*

*L'AEN a pour principaux objectifs de promouvoir, entre les gouvernements qui en sont Membres, la coopération dans le domaine de la sécurité et de la réglementation nucléaires, ainsi que l'évaluation de la contribution de l'énergie nucléaire au progrès économique.*

*Pour atteindre ces objectifs, l'AEN :*

- encourage l'harmonisation des politiques et pratiques réglementaires dans le domaine nucléaire, en ce qui concerne notamment la sûreté des installations nucléaires, la protection de l'homme contre les radiations ionisantes et la préservation de l'environnement, la gestion des déchets radioactifs, ainsi que la responsabilité civile et les assurances en matière nucléaire ;
- examine régulièrement les aspects économiques et techniques de la croissance de l'énergie nucléaire et du cycle du combustible nucléaire, et évalue la demande et les capacités disponibles pour les différentes phases du cycle du combustible nucléaire, ainsi que le rôle que l'énergie nucléaire jouera dans l'avenir pour satisfaire la demande énergétique totale ;
- développe les échanges d'informations scientifiques et techniques concernant l'énergie nucléaire, notamment par l'intermédiaire de services communs ;
- met sur pied des programmes internationaux de recherche et développement, ainsi que des activités organisées et gérées en commun par les pays de l'OCDE.

*Pour ces activités, ainsi que pour d'autres travaux connexes, l'AEN collabore étroitement avec l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique de Vienne, avec laquelle elle a conclu un Accord de coopération, ainsi qu'avec d'autres organisations internationales opérant dans le domaine nucléaire.*