

# THESE

PRESENTEE

A LA FACULTE DES SCIENCES  
UNIVERSITE DE NEUCHATEL  
POUR L'OBTENTION DU GRADE DE  
DOCTEUR ES SCIENCES

par

**Patrick RUCH**

Géologue diplômé de l'Université de Neuchatel



RELATIONS ENTRE SUSPENSIONS ET SEDIMENTS ACTUELS  
DANS L'ATLANTIQUE NE (45° - 49°N, 16° - 22°W).  
MINERALOGIE ET GEOCHIMIE DES SEDIMENTS DEPUIS 13.000 ANS.



*Soutenue le 13 Février 1987, devant la Commission d'Examen :*

MM. B. KUBLER .....	Président
F. NYFFELER .....	} Examineurs
H.R. THIERSTEIN .....	
Cl. LATOUCHE .....	
E. SEIBOLD .....	

# IMPRIMATUR POUR LA THÈSE

Relations entre suspensions et sédiments  
actuels dans le site d'immersion NEA et  
le site NOAMP dans l'Atlantique NE  
(45°-49°N, 16°-22°W).  
de Monsieur Patrick Ruch

UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL  
FACULTÉ DES SCIENCES

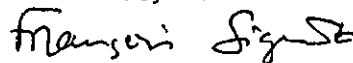
La Faculté des sciences de l'Université de Neuchâtel,  
sur le rapport des membres du jury,

Messieurs B. Kubler, F. Nyffeler, H.R. Thierstein  
(EPF-Zurich), E. Seibold (Freiburg i.Br.) et  
Cl. Latouche (Bordeaux)

autorise l'impression de la présente thèse.

Neuchâtel, le 14 août 1987

Le doyen:



François Sigrist

## Résumé

Relations entre suspensions et sédiments actuels dans l'Atlantique NE (45° - 49°N, 16° - 22°W). Minéralogie et géochimie des sédiments depuis 13.000.

Le Pléistocène terminal se caractérise par de forts taux d'accumulation (7 cm/1000 ans). La limite Pléistocène / Holocène est caractérisée par des dépôts de matériel grossier de type gravier et sable, transporté par les glaces qui ont atteint la latitude de 45°N pendant l'ultime grand refroidissement Dryas III (10.700 ans). Les flux détritiques carbonatés (dolomite et roches carbonatées) et les flux détritiques insolubles (quartz et feldspath) constituent alors plus du 95% du flux sédimentaire total. Le faible pourcentage des carbonates observés dans le sédiment pendant Dryas III est la conséquence de la faible production biogénique carbonatée et de la dilution des carbonates par le matériel terrigène détritique insoluble. La dissolution consécutive à la remontée de la lysocline apparaît comme un phénomène mineur dans cette région de l'Atlantique N-E.

La production carbonatée biogénique augmente depuis 10.700 pour rester ensuite constante à partir de 4000 ans. Parallèlement, les apports de matériel grossier détritique diminuent. Le quartz et les feldspaths sont peu à peu remplacés par les phyllosilicates qui représentaient 1% du sédiment pendant Dryas III. La teneur du sédiment en phyllosilicates est maximale autour de 6400 ans, maximum que l'on retrouve dans les intensités brutes de la fraction <2 $\mu$ m. L'opposition phyllosilicate / quartz et feldspath est toujours bien marquée dans la fraction 2-16 $\mu$ m. Les intensités brutes des phyllosilicates de la fraction 2-16 $\mu$ m sont les plus fortes dans la zone bioturbée du sédiment superficiel.

Si le régime de sédimentation varie peu d'une région à l'autre (Noamp, DS), elle diffère énormément selon la bathymétrie dans la région Noamp, où les taux d'accumulation actuels sont 1.5 - 2X plus élevés dans les carottes de vallées que dans les carottes de montagnes. La smectite et les phyllosilicates sont les principaux indicateurs de la resuspension.

La "couche néphéloïde benthique" résulte de la resuspension du sédiment superficiel. Les agrégats formés dans les eaux de surface étant détruits à la suite de la minéralisation de la matière organique à la surface du sédiment, les particules ainsi libérées sont fortement susceptibles d'être remobilisées. Cette remobilisation des particules est plus active pour le résidu insoluble que pour les carbonates. La mise en suspension est donc sélective.

Le calcul des flux géochimiques actuels dans la colonne d'eau, la variation de la granulométrie et de la minéralogie dans le sédiment démontrent que l'origine de la phase résiduelle varie depuis 13.000 ans. En période froide, les apports de quartz, feldspath, albite sont dus au transport par les glaces et aux courants de fond depuis le bassin norvégien. En période plus chaude (Holocène), les courants de fond s'affaiblissent et les apports éoliens dominant contribuant pour plus du 90% à la sédimentation actuelle. En période froide, les phyllosilicates proviennent de milieux tempérés; leur origine se déplace vers le

Nord lors du retrait des glaces. Pour la smectite, l'origine serait plus proximale (Islande) et le transport se ferait par des courants de fond, confirmant ainsi les conclusions de Grousset et Latouche (1983).

## Remerciements

La réalisation de ce travail n'aurait pas été possible sans la collaboration, le support et l'assistance de certaines personnes que je tiens à remercier.

Je suis reconnaissant au Prof. B. Kubler de m'avoir fait partager son approche scientifique rigoureuse et pour les judicieux conseils et commentaires qu'il m'a donnés lors de la rédaction du manuscrit ainsi qu'aux Prof. C. Latouche, F. Nyffeler, E. Seibold et H. Thierstein d'avoir accepté de faire partie du jury.

J'ai apprécié les fructueuses discussions avec les Dr. F. Nyffeler (Programme de Recherches Océanographiques Suisse Pour l'Élimination des Radionucléides), H. Heinrich (Deutsches Hydrographisches Institut), M. Peterson et A. Wytttenbach (Eidgenossenschaft Institut für Reaktorforschung), M.M. Rutgers van der Loeff (Nederland Instituut voor Onderzoek der Zee).

Ce projet a été supporté financièrement par:

- le Fonds National Suisse pour la Recherche Scientifique.
- la CEDRA et le groupe PROSPER.
- le Laboratoire de Minéralogie Pétrographie et Géochimie de Neuchâtel.

Je remercie également les gens et les institutions pour leur aide pendant la phase analytique de ce projet:

- le prof. B. Kubler pour la diffraction - X (LMPG).
- C. Beck et I. Regli pour la géochimie des carbonates (LMPG).
- M. Magranville pour la préparation des lames minces (LMPG).
- Dr. F. Nyffeler et C.H. Godet (PROSPER) qui m'ont aidé dans les analyses Coulter.
- l'Institut de Métallurgie Structurale de Neuchâtel pour l'assistance au MEB.
- Prof. M.G. Mook pour les datations du <sup>14</sup>C (Isotope physics laboratory, Groningen)
- L. Tobler, Dr. A. Wytttenbach, Dr. M.L. Peterson pour l'activation neutron (E.I.R.)
- Dr. H. Heinrich (DHI) qui m'a donné des carottes Noamp, des résultats minéralogiques et des cartes bathymétriques de la région Noamp.
- Dr. M.M. Rutgers van der Loeff (NIOZ) qui m'a fourni des échantillons du DS.
- Dr. E. Mittelstaedt (DHI), chef des missions Noamp III et Noamp V ainsi que les scientifiques et les marins qui m'ont aidé lors des manipulations à bord du FS METEOR.
- au personnel de Scintag (Californie) pour la diffraction - X des suspensions.
- mes amis T. Adatte, C. Beck, C.H. Godet, G. Rumley, E. Zuur pour leur conseils en minéralogie et en informatique.
- tous les membres de l'Institut de Géologie pour des multiples services.

Enfin, je remercie tout spécialement ma femme, mes enfants et ma famille pour leur compréhension, la patience et le support moral qu'ils m'ont apporté pendant la préparation de ce travail.

## Table des matières

1	Introduction . . . . .	1
1.1	Buts . . . . .	1
1.2	Cycles climatiques dans l'Atlantique Nord - Est . . . . .	1
1.3	Situation . . . . .	2
1.4	Matériel et échantillonnage . . . . .	3
2	Méthodes . . . . .	5
2.1	Diffraction-X . . . . .	5
	2.1.1 Le sédiment . . . . .	5
	2.1.2 Les particules en suspensions . . . . .	6
2.2	Géochimie de la roche totale . . . . .	7
2.3	Géochimie de la phase soluble . . . . .	7
2.4	Datations . . . . .	8
2.5	Coulter Counter . . . . .	8
	2.5.1 Granulométrie de la fraction $<36\mu\text{m}$ par Coulter . . . . .	8
	2.5.2 Correction du bruit de fond . . . . .	9
	2.5.3 Aggrégation . . . . .	10
2.6	Autres méthodes d'analyses . . . . .	11
2.7	Traitements statistiques . . . . .	11
2.8	Comparaisons des résultats. . . . .	12
3	Le sédiment : résultats . . . . .	13
3.1	Généralités . . . . .	13
3.2	Horizons marqueurs . . . . .	13
3.3	Datations . . . . .	14
3.4	Minéralogie de la roche totale . . . . .	17
3.5	Minéralogie du Résidu insoluble (fractions $<2\mu\text{m}$ et 2-16 $\mu\text{m}$ ) . . . . .	19
	3.5.1 Intensités brutes . . . . .	19
	3.5.2 Intensités relatives . . . . .	22
	3.5.3 Phyllosilicates . . . . .	23
3.6	Granulométrie de la fraction $< 36\mu\text{m}$ . . . . .	24
3.7	Géochimie . . . . .	26
	3.7.1 Roche totale . . . . .	26
	3.7.2 Spéciation des carbonates ou phase soluble de la roche totale . . . . .	28
3.8	Taux d'accumulation . . . . .	30
3.9	Âges de la zone homogène et âges des échantillons de surface . . . . .	32
3.10	Conclusions . . . . .	34
4	Particules en suspension . . . . .	37
4.1	Introduction . . . . .	37
4.2	Aggrégation . . . . .	37
	4.2.1 Introduction . . . . .	37
	4.2.2 Résultats . . . . .	38
4.3	Granulométrie des particules en suspension . . . . .	39
4.4	Minéralogie des particules en suspensions . . . . .	41
4.5	Géochimie des particules en suspensions . . . . .	43
4.6	Conclusions . . . . .	45

5	Discussion : Cycle glaciaire / interglaciaire . . . . .	46
5.1	Introduction . . . . .	46
5.2	Variation de la teneur en carbonate . . . . .	46
5.3	Position actuelle de la lysocline . . . . .	46
5.4	Variations théoriques de la lysocline . . . . .	47
5.5	Les flux . . . . .	48
5.5.1	Taux d'accumulation des carbonates . . . . .	48
5.5.2	Production carbonatée biogénique . . . . .	49
5.5.3	Flux carbonaté détritique . . . . .	50
5.6	Dilution des carbonates par le matériel détritique terrigène . . . . .	50
5.7	Dissolution des carbonates . . . . .	50
5.8	Le cycle carbonaté dans les régions Noamp et DS . . . . .	52
5.9	Les cycles minéralogiques du résidu insoluble . . . . .	52
5.10	Calcul du flux du résidu insoluble au "clear water minimum" . . . . .	53
6	Conclusions générales . . . . .	55
6.1	Méthodes . . . . .	55
6.2	Résultats . . . . .	55
	Bibliographie . . . . .	58
	Liste des abréviations . . . . .	66

## CHAPITRE 1

### Introduction

#### 1.1 Buts

L'objectif de ce travail est de comprendre et de quantifier par l'étude des particules en suspension et du sédiment, les phénomènes qui déterminent la sédimentation dans l'Atlantique N-E (46°N, 16°W) depuis 13000 ans.

La sédimentation sur les fonds de 3800 à 4800 mètres résulte du dépôt de trois types de constituants:

- des constituants détritiques terrigènes.
- des constituants biogéniques à tests calcaires ou siliceux.
- des constituants hydrogéniques issus de la néoformation intra - océanique ou fournis par les fonds océaniques (volcanisme).

Par l'étude comparée de ces constituants, il s'agit de:

- dater le sédiment,
- déterminer ces variations minéralogiques, géochimiques, et granulométriques et de les replacer dans un contexte climatique général,
- comparer le sédiment superficiel et les processus d'accumulation ou de resuspension en fonction de la bathymétrie,
- déterminer les origines des matériaux,
- d'analyser les particules en suspension dans la colonne d'eau et d'établir la relation éventuelle particules en suspension - sédiment.
- de quantifier et de déterminer l'origine des flux actuels.

#### 1.2 Cycles climatiques dans l'Atlantique Nord - Est

La sédimentation dans l'Atlantique N-E est gouvernée par les variations climatiques où la séquence de la déglaciation océanique de 13000 à 10000 ans corrèle étroitement avec l'évolution paléoclimatique du continent européen adjacent (Duplessy et al., 1981). Cette déglaciation générale est interrompue sur le continent par l'alternance de périodes froides ("Older et Younger Dryas") et de périodes chaudes (Bølling et Allerød). Entre 11000 et 10000 ans, le front polaire avance vers le Sud. Pendant cet événement qui coïncide avec le "Younger Dryas" du continent, les températures de l'eau étaient voisines de celles du "dernier maximum glaciaire" daté à 18000 ans. Sur les continents, les glaces atteignent les côtes abandonnées 2000 ans plus tôt. En Ecosse, les glaces se remobilisent alors qu'en Bretagne une intense érosion du sol indique un climat continental prononcé, caractérisé par des étés secs et des hivers rigoureux. Une très nette amélioration des conditions atmosphériques commence à 10400 ans avec une augmentation de la température de l'eau qui atteint un maximum à 6000 ans (Balsam 1981, Droxler 1984). Les étapes majeures des cycles de déglaciation et la position des fronts

polaires associées sont représentées par la figure 1.1.

Ces variations climatiques ont modifié la circulation des masses d'eau dans l'Océan Nord Atlantique. Pendant les périodes froides, la circulation générale des masses d'eau est déplacée vers le Sud, conséquence de l'avancée du front polaire jusqu'à la latitude de 45°N. La dérive nord - atlantique se retrouve à la latitude de 40°N située sur un axe Est - Ouest. Le bassin de Norvège se trouve alors isolé et l'eau profonde de la mer de Norvège commence à se former (Jansen et Erlenkeuser, 1985). Les matériaux sont transportés par les glaces et, le niveau des océans ayant baissé de 100 mètres, par des courants de turbidités à partir des plateformes continentales proches. Les icebergs se détachant des inlandsis sont déplacés par une tourbillon anticyclonique et déchargent le matériel détritique jusque vers 45°N (Parra, 1980).

En période post - glaciaire, Parra (1980), Grousset et Parra (1981) démontrent l'existence d'un courant d'eau profonde d'origine norvégienne susceptible de mélanger et de déplacer les sédiments vers le Sud jusque dans le Golfe de Gascogne. Les matériaux déplacés consisteraient surtout en matériel basique et en smectite. Grousset et Latouche (1983) mettent en évidence la source islandaise des smectites selon un gradient N-E - S-W. Ces auteurs notent qu'un flux vertical illite / chlorite, apporté par les vents et les courants de surface depuis le craton nord - américain, se superpose au bruit de fond "ubiquiste".

### 1.3 Situation

Des carottes ont été prélevées sur le site Noamp, le site d'immersion des déchets faiblement radioactifs (= DS), dans la plaine abyssale ibérique (carottes 283 et 383, 42°14,8' - 42°30,2'N, 14°15,4' - 14°29,6'W, 5250m) et dans la plaine de Gascogne (carotte 1, 47°01,8'N, 14°56,6'W, 4800m). Les régions Noamp (fig. 1.3) et DS (fig. 1.4) sont passablement différentes:

Noamp (46°N - 49°N, 17°W - 22°W): la géomorphologie de cette région a été particulièrement bien décrite par Heinrich (1986). Une grande vallée W-E (terminaison du chenal Maury) traverse Noamp en son milieu. Un système de dorsales et de sillons orientés NNE -SSW parallèles à la dorsale médio - Atlantique forment le relief au N et au S de la vallée. Les profondeurs moyennes de la vallée E-W et des vallées latérales sont de 4500m. Les dorsales se situent 300 à 400m au - dessus des sillons. Certains pics culminent à des profondeurs de 3500m. Si la couverture sédimentaire est mince sur les dorsales (30m), elle peut atteindre 100m dans les sillons en raison des transports de sédiment le long des pentes. La figure 1.5 réalisée à partir des profils sismiques (Heinrich, 1986) montre les types de sédimentation caractéristiques du relief.

DS (45°N - 47°N, 16°W - 18°W): se caractérise par une vallée orientée S-N ouverte au N qui communique avec la plaine abyssale de Porcupine. Une zone de relief cerne la vallée à l'Ouest, à l'Est et au Sud. La bathymétrie varie entre 4725m pour la vallée centrale et 3800m pour le relief environnant.

PAI et Gascogne: la profondeur de prélèvement est la seule indication en notre possession sur la géomorphologie qui entourent les carottes Gascogne 1, PAI 283 et 383 (table 1.1).

Les travaux consacrés ces dernières années à l'océanographie physique ont démontré l'existence de courants de 2 à 7 cm/s entre 10 et 30m au - dessus du fond (Becker et al., 1986). Six masses d'eau différentes ont été différenciées grâce aux paramètres température et salinité en fonction de la bathymétrie: eau superficielle (0 - 125m), eau Centrale Nord Atlantique (125 - 650m), eau Méditerranéenne (650 - 1250m), eau du Labrador (1250 - 1850m), eau Profonde Nord Atlantique (1850 - 3500m), eau de fond (3500 - 4500m) (Nyffeler et al., 1984).

Les profils néphélogométriques réalisés sur toute la colonne d'eau (Nyffeler et Godet, 1986) ont montré l'importance du relief sur l'épaisseur des BNL (300m au - dessus des sommets et 1000m dans les vallées).

L'étude géochimique et minéralogique du sédiment a souligné l'augmentation de la phase carbonatée pendant l'Holocène. L'association minéralogique du résidu insoluble quartz - albite - kfeldspath - hornblende - smectite - phengite - chlorite - kaolinite ainsi que l'excellente cristallinité des phengites sont typiques d'associations froides périglaciaires de terrains cristalloylliens (Ruch et al., 1984).

#### 1.4 Matériel et échantillonnage

22 carottes ont été récoltées lors des campagnes Dora (1982) et Noamp (1983, 1984), campagnes réalisées dans le cadre du projet PROSPER (Programme de Recherches Océanographiques Suisse Pour l'Elimination des Radionucléides). 10 carottes Noamp (fig 1.3) et 9 carottes DS (fig 1.4) ont été prélevées avec un carottier boîte Mark III de 50 x 50 x 50cm (tableau 1). Ce type de carottier a l'avantage de conserver intacte la surface du sédiment. En l'absence de niveau marqueur dans la plupart des carottes, le choix de l'échantillonnage s'est porté sur une maille 0-1, 1-2, 2-4, 4-6, 6-8, 8-10cm, puis tous les 3cm jusqu'au dernier centimètre. En présence de niveaux particuliers ou marqueurs, la maille est resserrée. Les carottes (M6806, M6808, M6810, M6812, M6813) fournies par H. Heinrich du Deutsches Hydrographische Institut (DHI) étaient découpées selon des mailles constantes de 2 ou 3cm. Dans certain cas, l'eau surnageante a été conservée pour comparer la composition des particules remobilisées à celle du sédiment superficiel. Le plan d'étude d'une carotte est schématisé par la figure 1.6.

Table 1.1. Positions et profondeurs des carottes.

No carotte	Latitude Nord	Longitude Ouest	Profondeur m
383	42°30,2'	14°29,6'	5255
283	42°14,8'	14°15,4'	5240
1	47°01,8'	14°56,6'	4800
2	46°03,3'	16°03,2'	4200
4	45°51,6'	16°13,3'	4300
483	46°02,7'	16°13,7'	4175
6	45°53,6'	16°52,0'	4570
8	45°50,5'	17°16,1'	4725
13	46°04,7'	16°42,3'	4700
15	45°56,1'	16°30,1'	4000
97	46°05,0'	16°40,0'	4730
99	45°59,8'	17°09,9'	4710
31	47°25,8'	20°55,0'	4470
54	47°18,5'	20°06,0'	4490
59	47°21,6'	19°35,5'	4420
197	47°20,8'	19°41,5'	4100
165	47°02,3'	19°33,6'	4545
M6806	47°25,2'	19°33,9'	3960
M6808	47°25,8'	19°33,4'	4125
M6810	47°26,9'	19°35,7'	4510
M6812	47°27,0'	19°38,6'	4520
M6813	47°27,7'	19°44,0'	4540

## CHAPITRE 2

## Méthodes

## 2.1 Diffraction-X

## 2.1.1 Le sédiment

Roche totale: la méthode utilisée est celle du LMPG. L'échantillon séché à 110 °C à l'étuve est ensuite broyé pendant 20 minutes à l'isogranulomètre pour obtenir une poudre de granulométrie homogène. La poudre est alors pressée à 20 bars par un tasseur et analysée qualitativement et quantitativement avec un diffractomètre automatique Philips APD 10. Le dosage quantitatif est basé sur un étalon externe, la calcite, et sur l'appréciation du coefficient d'absorption massique de l'échantillon selon Ferrero (in Persoz, 1969).

Résidu insoluble: l'échantillon est séché à 50°C pour éviter que les smectites et les interstratifiés ne collapsent et pesé à 5g. L'échantillon est ensuite mouillé avec de l'eau désionisée dans un ballon et décarbonaté par addition progressive de HCl 10% (200ml) et agité en permanence par insufflation d'air (technique mise au point par le LMPGN). La durée de l'attaque varie entre 20 et 30mn selon la teneur en carbonate. L'utilisation des ultrasons assure une décarbonatation plus efficace par destruction des agrégats. Une fois l'échantillon décarbonaté, il est lavé par centrifugation avec de l'eau désionisée jusqu'à ce que la solution atteigne un pH de 7. Si la centrifugation est trop trouble après le dernier rinçage, la suspension est centrifugée jusqu'à l'obtention d'un liquide surnageant dépourvu de particules. Il est possible de flocculer les particules avec une goutte d'HCl 10% à condition de rétablir ensuite le pH à 7 -7.5 avec de l'ammoniac.

Ces précautions dans la décarbonatation sont très importantes. Il y a de la préservation des smectites et par conséquent de la configuration des diagrammes selon Rumley et Adatte (1983).

Les particules <2 $\mu$ m et 2-16 $\mu$ m des préparations orientées ont été séparées de la manière suivante:

fraction <2 $\mu$ m: la méthode de séparation par centrifugation a été mise au point par Rumley et Adatte (1983). Dans un premier temps, une suspension aliquote de 20ml est prélevée de l'échantillon décarbonaté et agité à la main et aux ultrasons. Ensuite, la suspension est centrifugée et la partie du liquide définie comme appartenant à la classe des argiles est pipetée.

fraction 2-16 $\mu$ m: la séparation de cette fraction s'est faite par application simple de la loi de Stokes après agitation et nettoyage des argiles de la solution qui a servi à la séparation de la fraction <2 $\mu$ m. La fraction 2-16 $\mu$ m est nettoyée selon la méthode qui a servi à la séparation des argiles.

L'avantage de cette méthode se manifeste par la qualité des séparations et sa rapidité. 2 ml des différentes fractions sont ensuite coulés et séchés à température ambiante. Les préparations orientées sont soumises au RX (Philips 101, ampli 4280, 2°/min.) sans traitement, puis repassées après saturation au glycol.

Divers essais sur du sédiment ont démontré

- qu'en partant d'un poids connu,
- en jugeant les volumes des suspensions lors de toutes les manipulations de décarbonatation, lavage, centrifugation,
- en prélevant toujours la même quantité de suspension (soit 2ml) pour les préparations orientées,

que les intensités brutes mesurées sur les diagrammes de diffraction pouvaient être utilisées comme mesure quantitative.

Les intensités brutes ont donc pu être utilisées pour toutes les analyses statistiques des données. La hauteur des pics est mesurée non pas à partir de l'origine mais à partir du bruit de fond sur les diagrammes des préparations glycolées. Les pics représentés sur les profils et employés pour les études statistiques correspondent aux plans 001 des micas et smectites, 100 du quartz, 002 de l'albite et du feldspath potassique, 020 de la clinoptilolite, 110 de la hornblende. Pour la chlorite et la kaolinite, le rapport des réflexes des plans 004 de la chlorite et 002 de la kaolinite a été multiplié par le pic commun à 7.2Å.

Un pourcentage relatif des intensités brutes a été calculé à partir d'une matrice comprenant la smectite, le mica, la chlorite, la kaolinite et le quartz pour la fraction <2µm, la smectite, le mica, la chlorite, la kaolinite, le quartz, l'albite et le feldspath potassique pour la fraction 2-16µm.

### 2.1.2 Les particules en suspensions

Des tests de diffraction-X avec un Phillips 1011, ampli 4280, ¼ degré/min, sur des filtres argent, ont montré qu'il fallait un minimum de 2mg de matériel sec pour obtenir un bon rapport signal/bruit. Selon les concentrations volume enregistrées au CWM par le diffusionomètre lors des précédentes missions (<10µg/l), 500 à 750l d'eau de mer devait être filtrées pour satisfaire les conditions imposées par la diffraction-X. Comme l'échantillonnage de la colonne d'eau se fait en une fois, 15 bouteilles de 250l se retrouvaient en même temps sur le pont du bateau. Pour filtrer de telles masses d'eau dans un temps relativement court afin d'éviter le développement bactérien et éviter le colmatage des filtres, un nouveau type de galette de filtration à ultra-sons a été mise au point par Nyffeler et Ruch (1985) sur la base d'une galette Millipore. Des filtres en téflon de .45µm et de 145mm résistants aux ultra-sons, ont été employés. Le principe de la filtration consiste à réduire les importants volumes d'eau de mer à un condensat inférieur à 2 litres en purgeant les particules décollées du filtre par les ultra-sons (fig 2.1). Le condensat et le filtre nettoyé dans un bain à ultra-sons sont filtrés ensuite au laboratoire sur filtres Ag de .45µm.

Des essais en laboratoire sur des sédiments séchés puis dilués dans de l'eau atteignant des concentrations de plusieurs dizaines de g/l, ont démontré l'efficacité de ce système. La présence de matière organique dans l'océan a toutefois atténué le succès escompté puisque le filtre devait être changé après 400 l d'eau filtrée.

Après filtration, les filtres argent sont séchés puis pesés et passés aux rayons-X avec un Scintag équipé d'un détecteur au germanium.

## 2.2 Géochimie de la roche totale

L'activation neutronique a été effectuée par l'E.I.R. avec des neutrons thermiques et épithermiques, utilisant le système de transfert pneumatique du réacteur SAPHIR. Les analyses portent sur 100mg de sédiment. Chaque échantillon a été irradié 4 fois sous différentes conditions et compté 11 fois avec des standards pour chaque élément. Les coefficients de variations sont <20% pour Mg, Ti, Sb, Ta, U, <10% pour Tb, Zn, <5% pour les autres éléments. Les détails de la procédure analytique sont décrits dans un rapport technique (Tobler et Wytttenbach, 1983). 1 carotte Noamp et 1 carotte DS ont été analysées.

Des échantillons prélevés dans la BNL, l'eau surnageante, (=OW, ou resuspension artificielle des particules à partir du sédiment) et le sédiment lors de la mission Noamp (1983) ont été analysés selon la même méthode (Wytttenbach, EIR). Pour les suspensions, 40 à 60 l d'eau ont été filtrés sur des filtres polycarbonate de porosité  $.45\mu\text{m}$ .

## 2.3 Géochimie de la phase soluble

La géochimie de la phase soluble a été réalisée au laboratoire de minéralogie et pétrographie de l'Université de Neuchâtel sur du sédiment brut (fig 2.2). Toutes les carottes ont été analysées. L'échantillon séché une nuit à 110 °C, broyé à l'agate pendant 30s et homogénéisé, est fractionné pour 3 types d'analyses:

CTOT ou carbone total: par combustion à 1000 °C le carbone est transformé en  $\text{CO}_2$ , lequel est dosé avec un Carmomat Wohstoff.

CMIN ou carbone minéral: une partie aliquote est attaquée avec de l' $\text{H}_3\text{PO}_4$  et le  $\text{CO}_2$  dégagé est dosé comme le CTOT. L'erreur calculée est de  $\pm 2\%$ .

COT ou carbone organique: il est également mesuré avec le Carmomat, mais à partir du résidu insoluble à l' $\text{HCl}$ .

RI ou résidu insoluble: une troisième partie aliquote (1 gramme) est attaquée avec 20ml d' $\text{HCl}$  1N à 80°C pendant 30 minutes. L'extraction est refroidie puis filtrée sur  $0.45\mu\text{m}$  (filtre Millipore HVLP teflon). Le résidu attaché au filtre est pesé et rapporté à la roche totale. Le pourcentage d'erreur est de  $\pm 0.5\%$ . A partir du "jus d'attaque filtré", les cations Na, K, Mg, Al, Fe, Mn, Sr, Ca sont dosés par absorption atomique sur un appareil Perkin Elmer 603 alors

que les anions phosphates et silice sont déterminés par colorimétrie automatique sur un Technicon. Pour l'analyse statistique, le Cmin a été préféré au Ca en raison des mauvais résultats enregistrés sur le calcium.

## 2.4 Datations

Pour les datations au  $^{14}\text{C}$ , les échantillons (sédiment brut) ont été préparés et mesurés avec un compteur par le prof. Mook au "Laboratorium voor Algemene Natuurkunde" de Groningen. Les âges ont été calculés en utilisant la demi-vie du  $^{14}\text{C}$  conventionnel de Libby fixée à 5568 ans. Les âges qui figurent dans le texte ont été calculés à partir du présent. Les échantillons à dater ont été choisis en fonction de la bathymétrie et de la position géographique des carottes. Les datations des carbonates ont ainsi permis de calculer les taux d'accumulation. L'âge constant obtenu dans les premiers centimètres des carottes est interprété comme le résultat d'une homogénéisation par bioturbation. La méthode d'Erlenkeuser (1983) a été appliquée aux âges conventionnels pour déterminer l'âge des particules fraîchement arrivées à la surface du sédiment (=To). La comparaison des To donnent des indications sur l'érosion ou l'accumulation de sédiment dans les différents sites étudiés (voir plus loin).

## 2.5 Coulter Counter

### 2.5.1 Granulométrie de la fraction $<36\mu\text{m}$ par Coulter

La granulométrie des particules en suspension n'est actuellement possible qu'avec un Coulter Counter. La largeur du spectre granulométrie est compris entre 1.4 et  $36\mu\text{m}$ . La fraction  $<36\mu\text{m}$  est la fraction la plus susceptible d'être transportée jusqu'à la surface de l'océan par les courants éoliens et resuspendue près du fond par les courants marins.

Des analyses granulométriques par Coulter Counter ont été également réalisées sur le sédiment brut et sur du sédiment décarbonaté de la fraction  $<36\mu\text{m}$  dans le but de comparer la granulométrie des suspensions et du sédiment d'une part et, d'autre part, de déterminer les éventuels changements granulométriques dans la phase carbonatée et dans le résidu insoluble en fonction de la profondeur dans le sédiment.

Les échantillons ont été récoltés dans des bouteilles Niskin de 6 litres fixées à la rosette utilisée pour les études hydrologiques et néphélométriques. Les profondeurs d'échantillonnages ont été choisies en fonction des masses d'eau et des profils néphélométriques pour couvrir l'entière colonne d'eau. Les mesures ont été effectuées dès l'arrivée de la rosette sur le pont afin de conserver l'état initial de l'échantillon.

Les distributions granulométriques sont mesurées avec un Coulter modèle ZM couplé avec un amplificateur logarithmique et un analyseur multicanal MCA Canberra. La calibration du système a été établie avec des standards latex de Coulter dans de l'eau de mer (35‰). Comme la dynamique d'un amplificateur log n'est pas suffisante pour couvrir les possibilités de la gamme

granulométrique d'un trou de  $70\mu\text{m}$  ( $1,4 - 36\mu\text{m}$ ), il est nécessaire de faire deux mesures sur un échantillon en utilisant les atténuations 4 et 256. L'atténuation 4 correspond à une grande sensibilité des petits canaux. Les spectre des particules comptées s'étend (en diamètres) de  $1,4$  à  $9\mu\text{m}$ . Le champ de l'atténuation 256 couvre les diamètres  $6$  à  $36\mu\text{m}$ . Pour obtenir un spectre complet, il faut concatener les deux mesures en recouvrant les distributions correspondant aux diamètres entre  $6$  et  $9\mu\text{m}$ . La procédure de concaténation est la suivante:

- 1) moyenne du nombre de particules entre les canaux correspondant aux diamètres  $6$  à  $9\mu\text{m}$  pour les atténuations 4 (M1) et 256 (M2).
- 2) calcul du rapport M1/M2
- 3) multiplication du nombre de particules dans chaque canal de la mesure avec atténuation 256.

Les particules sont maintenues en suspension par un agitateur. Le débit de pompage créé par un vide de  $120\text{ mmHg}$  est de  $0.016\text{ml/s}$ .

Pour déterminer la granulométrie sédiment ( $1,4 - 36\mu\text{m}$ ), de fortes concentration en particules ( $>1000$ ,  $3000 <$  ppb) ont été analysées; un temps de comptage de  $100\text{s}$  a été suffisant pour avoir une bonne statistique.

Les faibles concentrations ont constitué le problème majeur car elles exigent un long temps de comptage ( $1000\text{s}$ ) pour obtenir une statistique fiable. La contamination dans les petits diamètres du spectre granulométrique par le bruit de fond électronique devient alors critique pour la recevabilité du rapport signal / bruit. Les premiers canaux nécessitent donc l'introduction d'une correction du bruit de fond.

### 2.5.2 Correction du bruit de fond

Les effets du bruit de fond sont visualisés sur la fig 2.3. Les canaux 1 et 2 représentent respectivement le temps de comptage sélectionné et le temps de comptage réel du MCA. Leur différence représente le temps de travail nécessaire au MCA pour enregistrer les impulsions. Les particules sont comptées depuis le canal 3 bien que le comptage réel commence au canal 6. La décroissance logarithmique du nombre de particules entre les canaux 6 et 10 correspond principalement à la décroissance du bruit de fond du système. La pente de cette fonction a été calculée à partir du nombre de particules entre les canaux 6 et 10 pour corriger le nombre de particules dans les canaux suivants. La décroissance logarithmique du nombre de particules en fonction des canaux a été vérifié pour toutes les faibles concentrations.

La fonction du bruit de fond peut donc être définie comme suit:

$$N(n) = N(6) 10^{-A(n-6)}$$

où:  $N(i)$  = le nombre de comptage dans le canal  $i$   
 $n$  = le numéro du canal  
 $A$  = la pente calculée entre les canaux 6 et 10

La valeur de la pente introduite pour la correction du nombre de particules à partir du canal 12 correspond à la pente moyenne de toutes les mesures faites sur les eaux les plus claires ( $10\mu\text{g/l}$ ), c'est - à - dire sur les échantillons prélevés au clear water minimum (CWM). Pour les échantillons dont la pente est proche de celle des échantillons du CWM, la procédure suivante a été adoptée:

- a) calcul de la pente de la fonction du bruit de fond à partir des canaux 6-10
- b) extrapolation de la fonction du bruit de fond dans les canaux suivants
- c) soustraction de cette fonction de la valeur brute mesurée.

Lorsque que les canaux entre 6 et 10 sont déjà contaminés par une forte concentration, (cas des suspensions de surface et des suspensions de l'eau du Labrador), la correction s'opère à partir des valeurs moyennes de  $N(6)$  et de  $A$  déterminées sur les échantillons du CWM.

### 2.5.3 Aggrégation

Un certain nombre de mesures ont été effectuées pour déterminer si le Coulter Counter amplifiait l'aggrégation des particules dans l'eau de mer, si l'aggrégation dépendait de la minéralogie et comment évoluaient les spectres granulométriques en fonction du temps.

4 types différents d'échantillons ont été analysés en fonction du temps de mesure, soit des Na-montmorillonites pures du Wyoming, du quartz de Fontainebleau, un résidu insoluble d'un sédiment de plaine prélevé sur Noamp (échantillon VT11, carotte M6813) et un échantillon brut B601 non décarbonaté de la carotte M6806 provenant d'une colline située dans Noamp. Les échantillons issus de carottes ont été choisis en fonction de la minéralogie des fractions  $<2\mu\text{m}$  et  $2-16\mu\text{m}$ . VT11 contient beaucoup d'argiles, smectite - phengite - chlorite - kaolinite, et peu de quartz et de feldspath. B601, en plus de la calcite, contient à part égale des phyllosilicates (mais peu de smectite), du quartz et des feldspaths.

Dans un premier temps, les échantillons, homogénéisés par agitation dans de l'eau désionisée à pH 7 et à température de  $20^\circ\text{C}$  sont filtrés sur un tamis de  $0.36\mu\text{m}$ . Un aliquot est prélevé du filtrat et mélangé à de l'eau salée ( $35^\circ/\text{oo}$ ) contenue dans un bécher de 250ml. Le temps écoulé entre le mélange de l'aliquot et de l'eau salée et le début de la mesure ne dépasse pas 30s.

Les mesures ont été réalisées pendant 100s avec 3 atténuations

(4, 32, 256) pour couvrir également le champ total du spectre granulométrique ( $1.4\mu\text{m} - 36\mu\text{m}$ ). Les mesures continues pour chaque atténuation sont enregistrées à  $t=0$  (temps réel = 30s),  $t=3,30\text{min}$ ,  $t=7\text{min}$ , puis toutes les 6 minutes jusqu'à 55 minutes à l'exception de l'échantillon VT11 où les mesures ont été faites en continu pour les 3 atténuations pendant environ 167 minutes. Des mesures plus fréquentes ont également été effectuées toutes les 2 minutes entre 0 et 12 minutes.

Quelques expériences supplémentaires ont été réalisées en fonction de la température. Les échantillons sont conservés à l'abri de la lumière à  $4^{\circ}\text{C}$  et à  $20^{\circ}\text{C}$  pendant une nuit et pendant une semaine pour déterminer les effets de la température et pour définir un état stable des particules ou des agrégats dans l'eau de mer.

La concentration volume (ppb) est représenté en fonction du nombre de particules /  $\text{cm}^3$  ( $\text{N}/\text{cm}^3$ ) en échelle log - log. Un diamètre moyen (pour une particule) a été calculé en divisant le ppb par le  $\text{N}/\text{cm}^3$ .

## 2.6 Autres méthodes d'analyses

D'autres méthodes complémentaires comme le microscope électronique à balayage équipé d'une microanalyse et l'étude en lames minces après induration ont été utilisées pour contrôler la minéralogie de la phase détritique, contrôler l'état de dissolution des carbonates, déterminer l'apparition ou la disparition de certaines espèces, de faire des comptages de foraminifères. Si le MEB a fait l'objet d'une utilisation soutenue, seules quelques lames minces ont pu être préparées sur les carottes de montagne surtout. La faible perméabilité du sédiment de plaine chargé en argiles a empêché toute induration.

## 2.7 Traitements statistiques

Les méthodes d'analyses multivariées reposent sur le calcul d'une distance dans un espace multidimensionnel. Pour faciliter l'interprétation, les graphiques résultants représentent la projection d'un nuage de points multidimensionnels dans un plan bidimensionnel selon 2 axes factoriels (= direction d'allongement du nuage). Les analyses utilisées ici sont:

analyse en composantes principales centrées réduites ou normées (ACP): calcule les écarts à la moyenne divisés par l'écart - type. La matrice d'entrée est donc une matrice de corrélation simple.

La validité des coefficients de corrélation des intensités brutes des minéraux ayant été contrôlés par graphes  $x/y$ , l'ACP, qui réduit et centre les variables en exprimant les écarts à la moyenne en unité d'écart - type, peut être utilisée. L'ACP a confirmé que les intensités brutes étaient une vraie mesure quantitative de l'abondance des minéraux ce qui signifie d'une part que la méthode utilisée pour séparer ces minéraux est fidèle et d'autre part que l'on peut l'appliquer pour quantifier les variations en fonction de l'âge ou de la profondeur.

Les variables implicites sont ainsi réduites au taux de RI et à la granulométrie.

analyse factorielle des correspondances selon Benzécri (AFC): montre la variabilité relative des paramètres. Elle utilise la distance du  $\chi^2$  entre les profils des probabilités observées et le profil des probabilités marginales des variables.

L'AFC a posé des problèmes en diffraction - X, notamment pour pondérer les variables sans que le pourcentage d'erreur n'influence les facteurs. C'est pourquoi il a été décidé, en minéralogie, de ne pondérer aucune mesure ou variable pour déterminer la (ou les variables) essentielle(s) dans le processus de sédimentation.

## 2.8 Comparaisons des résultats

L'analyse des données minéralogiques, géochimiques et granulométriques a été effectuée selon des profils groupés ainsi:

- a) les profils verticaux équivalent aux profils en fonction de la profondeur dans les carottes.
- b) des profils horizontaux, composés des 4 premiers centimètres des carottes.
- c) un profil ouest - est, comprenant des carottes de plaine et de montagne Noamp (59, 54) et DS (483, 99) ainsi que la carotte 383 de la plaine abyssale ibérique.
- d) un profil bathymétrique englobant les stations M6806, M6808, M6810, M6812, M6813 prélevées depuis le sommet d'une montagne (3900m) jusque dans la plaine (4500m) selon un profil perpendiculaire à la pente.

## CHAPITRE 3

### Le Sédiment: résultats

#### 3.1 Généralités

La couleur des sédiments (boues à foraminifères) passe graduellement du brun foncé au beige ou au blanc dans certaines carottes depuis <10000 à 2000 ans. Une couronne apparemment homogène de 5 à 10cm d'épaisseur suivant la profondeur de prélèvement constitue la partie la plus jeune des carottes; cette couronne est essentiellement composée de foraminifères. A l'exception de 1 ou 2 horizons marqueurs selon les carottes où des galets et des graviers sont présents, aucune indication de niveaux turbiditiques ni de figures sédimentaires n'apparaissent sur la longueur des carottes. Ces carottes reflètent une sédimentation tranquille pendant l'Holocène. La granulométrie du résidu insoluble est généralement fine (mode à  $3.3\mu\text{m}$ ) alors que les carbonates composés de foraminifères planctoniques et de nannoplanctons ont des tailles qui s'échelonnent entre 5 et  $400\mu\text{m}$ .

Le sédiment montre une association carbonate - quartz - albite - k-feldspath - phyllites (phengite, chlorite, kaolinite, smectite) à laquelle s'ajoute parfois, selon la provenance des carottes et l'âge des échantillons, de la dolomite, glauconie, clinoptilolite, hornblende et de l'oligoclase. L'association minéralogique est typiquement celle de terrains cristallophylliens de zone tempérée à froide.

#### 3.2 Horizons marqueurs

Deux types d'horizons, marqueurs d'importants changements climatiques, ont été déterminés. Ces 2 horizons se différencient du sédiment par la présence de sable et d'un mélange de graviers arrondis et anguleux (jusqu'à 3cm de long selon le plus grand axe).

L'horizon I n'apparaît que dans les carottes de talus Noamp (59, 4450m et 197, 4100m). Dans la carotte 59, l'horizon couvre la période qui s'étend entre 9255 ans et 11500 ans (20.5cm - 30.5cm). Dans la carotte 197, les limites supérieures et inférieures de l'horizon I se situent entre 12520 ans et 9200 ans (27.5cm - 20cm).

L'étude en lames minces de l'horizon I témoigne d'un mélange composite de basalte, de granite, de roches calcaires (calcaire micritique et calcaire à huîtres). La surface des graviers dans la lame mince représente 85% de la surface totale de l'échantillon.

L'horizon II apparaît à la surface ou à 1-2cm sous la surface du sédiment dans la carotte 1, (Gascogne, 4800m), 4 (DS, 4300m), 99 (DS, 4710m) et 165 (Noamp, 4550m), et n'est représenté que par 1 ou 2 graviers de l'ordre du centimètre. Aucun gravier n'a été décelé dans les 18 autres carottes.

L'horizon II ne contient que des basaltes (déterminés géochimiquement comme basaltes islandais) des gneiss et des

granites métamorphisés.

L'étude en lame mince des graviers suggère des variations des sources d'apport et du transit des glaces lors de ces deux épisodes. De nombreux travaux (Ruddiman et MacIntyre 1981, Rutgers van der Loeff, 1986) ont démontré que ces graviers étaient transportés par "ice rifting". Dès lors, il a été admis que la source du matériel grossier (gravier) se trouvait au Nord de la latitude 45°N.

L'horizon I montre des types de roches pouvant provenir du Groënland (roches cristallines) aussi bien que de Grande-Bretagne (dolomite et calcaire). La haute fréquence des graviers et des sables (85% surface) trouvés dans cet horizon indique que le maximum de la fonte des glaces devait se trouver entre les latitudes 45°N et 50°N. La variété des roches traduit un mélange des glaces issues de provinces pétrographiques différentes.

Par la composition des roches déterminées dans l'horizon II, on peut supposer une origine nordique plus ponctuelle (Groënland ou côtes ouest de Norvège). La probabilité de trouver des galets est faible, ce qui prouve que la latitude de 45° N se trouvait être la limite extrême sud de la fonte des icebergs. Il est difficile de dater précisément cet horizon du fait de la rareté des galets d'une part, et de sa position dans la zone homogène d'autre part.

Selon Ruddiman et MacIntyre (1981), l'horizon I correspondrait à la dernière poussée du glaciaire (Dryas III, 10700ans).

Denton et Karlén (1973) ont déterminé que les récents maxima glaciaires indiquent une expansion majeure dans l'Holocène récent il y a 200 ou 330 ans (Little Ice Age), expansion faisant partie d'un cycle de 2500 ans, ce qui correspondrait à l'horizon II, bien que ce retour à des conditions climatiques froides ne soit pas toujours évident.

### 3.3 Datations (tableau 3.1)

Pour les datations par 14C les carottes ont été choisies en fonction de leur situation géographique et du relief.

DS: le niveau le plus vieux de la carotte 4 (4300m) a été daté à 5622 ans (20.5cm). Les âges les plus jeunes varient entre 2500 et 2740 ans et correspondent aux 6 premiers centimètres de la carotte. La variabilité des âges au sommet de la carotte est due à l'homogénéisation du sédiment par bioturbation. Les effets de la bioturbation se retrouvent dans toutes les carottes datées. Pour la carotte 99 (4710m) les âges varient entre 9900 ans (26.5cm) et 2710 ans (0.5 - 5cm, zone homogène).

Gascoigne: à 26.5cm, l'âge de la carotte 1 (4800m) a été déterminé à 9800 ans. A 23.5cm, l'âge est de 10700 ans. Il est possible qu'un "slump" vieillisse les âges de ce niveau. Dans la zone homogène (1.25 - 6.25cm), les âges varient entre 2160 et 2290 ans.

Tableau 3.1. Résultats des datations au 14C.

stations	sections cm	âges ans BP	âges corrigés ans BP
1	0-2.5	2200 + 80	
1	2.5-5	2160 + 80	
1	5-7.5	2290 + 70	
1	7.5-10	3060 + 70	
1	10-12.5	3970 + 90	
1	12.5-15	5040 + 80	
1	15-17.5	6340 + 110	
1	17.5-20	7190 + 120	
1	22-25	10.700 + 550	
1	25-28	9800 + 500	
4	0-3.5	2740 + 70	
4	3.5-7	2500 + 60	
4	7-12	3420 + 70	
4	12-17	5190 + 80	
4	17-22	7300 + 90	
383	0-1	2890 + 70	
383	2-5	2890 + 70	
383	8-11	5690 + 80	
383	14-17	6400 + 70	
383	20-23	15.730 + 240	
383	29-31	19.380 + 320	
99	2-4	2740 + 60	
99	8-10	4310 + 70	
99	16-19	7600 + 110	
99	25-28	9920 + 150	
31	3-6	3400 + 50	
31	9-12	4350 + 80	
31	15-18	7170 + 130	
31	21-24	9810 + 170	
31	24-27	9730 + 200	
31	27-30	9930 + 200	
31	30-33	9160 + 260	
31	33-36	10.400 + 310	
59	2-4	2710 + 90	
59	8-10	4550 + 70	
59	13-16	6800 + 80	
59	19-22	10.330 + 120	9255
59	25-28	23.600 + 390	10.750
59	28-31	29.000 + 700	11.500
59	31-34	17.840 + 430	12.250
59	34-36	17.000 + 270	12.870
197	1-2	3510 + 250	
197	8-10	5370 + 120	
197	13-16	6630 + 130	
197	21-22	23.150 + 550	9860

197	22-25	26.350 + 650	10.750
197	25-27	32.100 + 2100	11.860
197	27-28	18.900 + 800	12.520

Plaine abyssale ibérique: le niveau à 30cm de la carotte 383 (5250m) a été daté à 19380 ans et la zone homogène à 2890 ans.

Noamp: 3 carottes ont été datées, deux de talus et 1 de plaine. La carotte de plaine 31, située dans le chenal W-E, les âges sont identiques entre 34.5cm (10490 ans) et 22.5cm (9810 ans). Cette similitude des âges indique la présence d'une turbidite. Comme aucune structure turbiditique type n'est visible, on suppose qu'il ne subsiste, dans la carotte, que le sommet de la turbidite composée de matériel fin.

Le problème majeur a été posé par les carottes 59 et 197 situées sur le même talus. Dans la partie inférieure des carottes (tableau 3.1), des âges sont inverses à l'empilement sédimentaire normal. Cette inversion a pu être causée soit par une turbidite de grande ampleur affectant la totalité du flanc sud d'une montagne, soit par une pollution due à la présence de calcaire détritique et de dolomite. La relation résidu insoluble (Ri) / âge (fig 3.1), le fait que les plus fortes teneurs de ces carottes en quartz, plagioclase, dolomite correspondent à l'âge le plus vieux (59, 29.5cm, 29000 ans et 197, 23.5, 26350 ans) et l'absence d'une zone "homogène des âges" tendent plutôt à admettre la seconde hypothèse d'autant plus que des galets calcaires sont visibles au microscope optique et que le sédiment ne montre pas traces de remaniement. Rutgers Van der Loeff et al. (1986) ont obtenu de semblables résultats sur des datations par <sup>14</sup>C d'un sédiment brut provenant d'une carotte de plaine du DS. Les datations faites parallèlement sur des foraminifères uniquement montre une continuité des enregistrements sédimentaires ainsi que des âges plus jeunes.

Dryas III a été fixée à 10750 ans selon les datations réalisées par Ruddiman et Mac Intyre (1981) et Droxler (1984). Droxler (1984) a remarqué que la dernière poussée glaciaire (Dryas III) correspondait à la fois à un minimum de concentration en calcite et à maximum de quartz. Le niveau choisi pour fixer cet ultime grand refroidissement généralisé à l'Atlantique Nord est une moyenne pour la station 59 des niveaux 26.5 et 29.5cm, et, pour la station 197, des niveaux 21.5 et 23.5cm. Ces horizons correspondent aux maxima des teneurs en quartz, plagioclase, dolomite et aux minima des teneurs en carbonates et en phyllosilicates. Dans ces niveaux, un minimum de foraminifères a été estimé dans des lames minces selon la méthode par chartes de Bacelle et Bosellini (in Flugel, 1982). Les âges ainsi recalculés, varient entre 12800 et 2500 ans.

Ruddiman et Mac Intyre ont fixé l'âge d'une couche de cendre volcanique (ash I) à 9800 ans. Ce marqueur est par trop dilué et trop dispersé dans les carottes de plaine pour le déterminer. Heinrich, sur les carottes Noamp de montagne M6806 (3960m) et talus M6808 (4125m), a déterminé les niveaux de cendre à respectivement 20 - 22cm et 21 - 24cm (communication personnelle). Ces niveaux ont servi à la corrélation des intensités brutes des minéraux en diffraction - X (cf. 3.5).

### 3.4 Minéralogie de la Roche totale

#### A) La phase carbonatée

Les calcites contrôlées par diffraction - X avec une calcite stochiométriquement pure (sans Mg ni Fe) ne montrent aucune trace d'aragonite ou de calcite magnésienne. Les carbonates sont représentés essentiellement par des foraminifères planctoniques et par des coccolithes; les tests de ces microorganismes sont surtout de nature calcitique.

A la lecture de la figure 3.2, on remarque que la teneur du sédiment en carbonate évolue en fonction de la profondeur dans les carottes. Pour la carotte 4 (4300m) et la carotte 165 (4550m) typiques du DS et de vallées latérales Noamp, les carbonates augmentent progressivement jusqu'à la zone homogène où la teneur atteint 80% en moyenne. Pour la station de talus Noamp 197 (fig 3.2, les carbonates augmentent jusqu'à l'actuel, avec un minimum à 10000 ans. Les minima sont resencés uniquement dans l'horizon I des carottes 59 (26.5cm) et 197 (21.5cm); ces minima ont permis de fixer le dernier épisode glaciaire Dryas III à 10700 ans.

Les plus faibles teneurs ont été observées dans le sédiment entre 16000 et 13000 ans selon Ruddiman et MacIntyre (1981), Droxler (1984), sur l'ensemble de l'Atlantique. Depuis 13000 ans, la phase carbonatée augmente jusqu'à l'actuel, ponctuée par une légère régression correspondant à une poussée du glaciaire entre 11000 et 10000 ans.

De la dolomite a été déterminée dans l'horizon I de la carotte 197 (23.5cm, 10800 ans). Elle covarie avec les minéraux du résidu insoluble.

#### B) Le résidu insoluble

Des variations inverses à celles des carbonates sont généralement observées pour le quartz, les feldspaths potassiques et les plagioclases qui diminuent en fonction de la profondeur dans les carottes. Pour les carottes DS 4 et Noamp 165, le quartz et les plagioclases diminuent jusqu'à l'actuel. Pour la station 1 (Gascogne), on observe les mêmes tendances. Pour la carotte de talus Noamp 197, le maximum de teneur en quartz correspond au minimum de calcite (21.5cm, 10000 ans). Les maxima pour les feldspaths et les plagioclases sont décalés à 23.5cm (10800 ans). La dolomite suit la tendance des minéraux en grain silicaté. Dans le profil vertical, les phyllosilicates ont un comportement différent selon les carottes. Pour les carottes de plaine représentée ici par les carottes 1, 4, 165, la diminution des phyllosilicates est très importante et corrèle avec l'évolution des minéraux en grain. Pour la carotte 197, les mêmes tendances sont observées de 14.5 cm (6800 ans) à 0.5 cm de profondeur. Au - dessous de 14.5 cm (9.5%), les phyllosilicates augmentent depuis 23.5 cm où ils sont quasi inexistant (1%). Ce minimum de concentration se situe à la même profondeur que les maxima de dolomite et de plagioclase.

Les analyses quantitatives (fig 3.2) montrent clairement les variations minéralogiques qui caractérisent les différents sites:

La comparaison de la minéralogie des carottes 1, 4, 165, 197, caractéristiques respectivement des régions Gascogne, DS, Noamp

vallée, Noamp talus, montrent que:

1) toutes les carottes sont d'âge holocène, sauf la carotte de talus Noamp 197 dont les niveaux les plus profonds appartiennent au Pléistocène (12800 ans).

2) la composition minéralogique est semblable pour toutes les carottes, avec une association carbonate, quartz, plagioclase et phyllosilicate. La carotte 197 présente en plus de la dolomite.

3) les teneurs des différents minéraux varient en fonction de la position géographique des carottes. On peut regrouper les minéraux selon la géographie:

a) carbonate: pour le niveau 0.5cm, la carotte 1 (4800m) se distingue par la faible teneur en carbonate (65%) due à la dissolution (cf. chapitre 5). Les stations 4, 165 et 197 ont des teneurs en carbonate d'environ 79 - 80%.

b) quartz - plagioclase - dolomite: covarie avec la profondeur dans les carottes. Dans les vallées le niveau 0.5cm contient 8.5% (station 1) et 2% (165), de quartz. Sur le talus (197), la teneur en quartz pour le niveau 0.5cm est de 8%. Sur le DS (station 4), le quartz représente 3.5% du sédiment.

c) phyllosilicates: pour le niveau 0.5cm varie énormément en fonction de la géographie; 2% pour la carotte de talus 197 et 11% pour la carotte de plaine 165, 13% pour la carotte 1 (Gascogne, et 4% pour la station DS 4.

En surface (0.5cm) la somme quartz + plagioclase est comparée à la teneur en phyllosilicates (tableau 3.2)

Tableau 3.2. Comparaison des teneurs en quartz + plagioclase / phyllosilicates selon des stations types.

stations	quartz + plagio%	phyllo%	(quartz + plagio) - phyllosilicates
1	11.0	13.0	-2.0
4	4.5	4.0	0.5
165	3.0	11.0	-8.0
197	9.0	3.5	5.5

La station de vallée Noamp 165 est beaucoup plus riche en phyllosilicates que les 3 autres stations. Pour la station de talus Noamp 197, c'est l'association quartz + plagioclase qui est de loin la plus importante. Cette différence peut s'expliquer par le vannage des phyllosilicates (tailles fines) des talus vers les plaines, accompagné d'un enrichissement relatif des minéraux en grain dans les carottes de talus. La détection de la dolomite

dans la carotte Noamp 197 pendant l'Holocène s'explique également par un enrichissement relatif. La dolomite est présente dans les carottes de vallées, mais elle est rarement détectée (0.1 - 0.2%). La resuspension, en fonction des minéraux en grain, carbonate / phyllosilicates, paraît donc être sélective. Après l'analyse de toutes les carottes (22 au total), les constatations sur les différentes régions sont les suivantes:

Dumping Site: il n'existe pratiquement pas de variations minéralogiques. La tendance minéralogique générale observée sur l'épaisseur de la carotte reste identique pour toutes les carottes du Dumping Site. Cette continuité pendant tout l'interglaciaire récent est sans doute le fait le plus marquant de cette région.

Noamp: les phyllosilicates abondent surtout dans les plaines. Les teneurs en carbonates au sommet des carottes sont plus fortes pour les carottes de montagnes ou talus que pour les carottes de plaine (cf. chapitre 5). Les minéraux en grains tel le quartz, le feldspath potassique, les plagioclases sont également mieux représentés dans les carottes où l'érosion est active (talus).

Gascogne: à part la faible teneur en carbonate (65%) due à la dissolution, la sédimentation des minéraux composant le résidu insoluble peut être comparée à celle du DS.

### 3.5 Minéralogie du résidu insoluble (fraction $<2\mu\text{m}$ et 2-16 $\mu\text{m}$ )

#### 3.5.1 Intensités brutes

Seule une description systématique des carottes peut aider à distinguer les diverses tendances minéralogiques.

#### A) Fraction $<2\mu\text{m}$ (fig 3.4)

Les minéraux majeurs composant la fraction argileuse sont: smectite, mica, chlorite, kaolinite et quartz. Les feldspaths, peu représentés, covarient avec le quartz.

Sur le DS, tous les phyllosilicates de la fraction  $<2\mu\text{m}$  corrèlent entre eux. Les intensités augmentent depuis 9900 ans jusqu'à un maximum estimé à 6440 ans (14.5cm) selon les datations de la carotte DS 99. De 6440 ans à l'actuel, les intensités brutes diminuent. Le quartz diminue de 9900 (26.5cm) à 8370 ans (20.5cm); il corrèle ensuite avec les phyllosilicates.

Sur Noamp, la smectite corrèle négativement avec les phyllosilicates, mais le coefficient de corrélation n'est pas significatif. Le diagramme mica / smectite indique que la teneur en smectite est plus élevée dans les carottes de plaine que dans les carottes de montagne ou talus (fig 3.5a).

a) carotte de montagne et de talus: l'intensité de la smectite diminue de 13000 à Dryas III où elle atteint les valeurs les plus faibles. Après Dryas III, les intensités augmentent. Dans la carotte de montagne M6806, la teneur maximum en smectite correspond au niveau de cendre fixé à 9800 ans. Pour la carotte de talus M6808, le maximum de

smectite est décalé par rapport au niveau de cendre. Le pas d'échantillonnage plus grand, peut expliquer ce décalage. Les carottes M6806 et 59 montrent ensuite une augmentation de l'intensité de la smectite jusqu'à un niveau daté à 6400 ans sur la carotte 59. L'association mica - chlorite - kaolinite est indissociable; les diagrammes x/y montrent des régressions excellentes. Les intensités des micas, de la chlorite, de la kaolinite diminuent lors de la déglaciation et corrént avec la smectite. A Dryas III, un brusque maximum des intensités apparaît, suivi d'une diminution qui dure jusqu'à 10000 ans. Le niveau de cendre (9800 ans) correspond à un minimum des intensités de ces trois minéraux. Du niveau de cendre à l'actuel, le mica, la kaolinite et la chlorite corrént à nouveau avec la smectite. Le quartz suit la tendance du mica jusqu'au niveau de cendre où les intensités marquent un brusque maximum. Ses intensités diminuent ensuite jusqu'à l'actuel.

b) Les carottes de plaine: la carotte de glaciaire M6810 montre les mêmes caractéristiques que les carottes de montagne, sauf que le quartz corrént avec l'ensemble des phyllosilicates et particulièrement avec la smectite. Dans les carottes centrales du Maury channel, on observe (les carottes n'ayant pas été datées) du fond de la carotte à la surface du sédiment, une augmentation des intensités du mica, de la chlorite et de la kaolinite. Parallèlement, l'intensité de la smectite diminue alors que l'intensité du quartz reste constante.

Plaine abyssale ibérique: de 19400 à 17000 ans, les intensités des argiles augmentent pour diminuer ensuite jusqu'à 15700 ans. A 11000 ans, les intensités sont maximales. Après 11000 ans, les intensités brutes montrent la même évolution que celles observées sur les carottes de montagne Noamp et les carottes du DS, avec à nouveau ce maximum des intensités entre 6000 et 6400 ans.

analyses ACP de la fraction  $<2\mu\text{m}$  (fig 3.6): montre surtout l'opposition carottes de plaine / carottes de montagne en fonction de la teneur en smectite et en mica avec l'appauvrissement en smectite et l'enrichissement en mica, kaolinite, chlorite des stations de plaine selon un gradient linéaire. Pour les stations de montagne et de talus représentées par les carottes M6806 et M6808, un cycle est nettement visible. La déglaciation qui précède Dryas III, marquée par un enrichissement en quartz, mica, kaolinite et chlorite et un appauvrissement en smectite jusqu'à un maximum (B613, 25cm et B609, 17cm) équivalent à Dryas III. L'intervalle Dryas III - niveau de cendre (B611, 21cm et B608, 15cm) où les intensités du quartz et des micas, kaolinites, chlorites diminuent alors que l'intensité de la smectite augmente. Le cycle à 6400 ans est représenté par l'échantillon B606 (11cm). L'analyse CP confirme ce que les profils des intensités brutes ont révélé.

analyses AFC de la fraction  $<2\mu\text{m}$  (fig 3.7): l'opposition smectite - phyllosilicate sur le facteur 1 correspond à l'opposition carottes de plaine / carottes de montagne ou talus. On remarque la diminution de la smectite depuis le début de l'Holocène pour

les carottes de plaine. Pour les carottes de montagne et de talus, on observe un cycle en fonction des micas, kaolinite, chlorite / quartz. Le maximum de quartz correspond à Dryas III. La déglaciation qui précède ce brusque retour à des conditions climatiques froides, avait les mêmes rapport que ceux observés actuellement. Le cycle à 6400 ans est moins bien déterminé que par les analyses CP.

#### B) Fraction 2-16 $\mu$ m (fig 3.8 et 3.9)

La fraction 2-16 $\mu$ m contient des micas, chlorite, kaolinite, quartz, plagioclases (albite et parfois de l'oligoclase), k-feldspath. De l'amphibole (déterminée comme hornblende) et de la clinoptilolite apparaissent épisodiquement. Dans les carottes du DS et de la plaine abyssale ibérique, l'oligoclase n'a pas été détecté.

DS: l'évolution depuis 9900 ans des phyllosilicates est opposée à l'évolution des minéraux en grain, représentés par le quartz, les feldspaths. La tendance de la hornblende est mal définie en raison des faibles intensités mesurées. Les intensités brutes des phyllosilicates augmentent et les intensités brutes des minéraux en grain diminuent. Un maximum des intensités des phyllosilicates est enregistré dans la carotte 99 sous la zone homogène et daté à 3500 ans. Ce maximum est plus net dans les carottes 97 et 2. Le premier centimètre de ces carottes montre une diminution des intensités. Malgré l'homogénéisation du sédiment par la bioturbation, il subsiste les restes d'un cycle.

#### Noamp:

a) carottes de montagne et de talus: on distingue sur les graphiques x/y (fig 3.10) 2 étapes sédimentaires opposées:

1) Une période où la corrélation quartz / minéraux en grain est positive où les intensités augmentent jusqu'à Dryas III. Le maximum de quartz et feldspath de la fraction 2-16 $\mu$ m correspondant à Dryas III.

2) Une corrélation négative minéraux en grain / phyllosilicates qui caractérise l'Holocène jusqu'à environ 3500 ans, où les intensités des phyllosilicates augmentent.

Il est à noter que sur Noamp, la hornblende corrèle avec les phyllosilicates. Il apparait sur les figures 3.10 que la hornblende est plus riche dans les carottes de montagne que dans les carottes de plaine; cette différence est probablement due, dans les stations de plaine, à la dilution de la hornblende par les phyllosilicates. L'oligoclase est signalé, mais les intensités brutes souvent cachées par le pic de l'albite sont biaisées.

b) carottes de plaine: la corrélation minéraux en grain / phyllosilicates est positive. Les intensités augmentent depuis le fond de la carotte à la surface.

Plaine abyssale ibérique: les tendances minéralogiques sont peu marquées dans les carottes 283 (5240m) et 383 (5250m). Pour tous les minéraux, les intensités les plus fortes sont enregistrées entre 19400 et 15700 ans. De 15700 à l'actuel, on observe un maximum d'intensité pour les micas et la kaolinite entre 6000 et 6400 ans et, pour l'albite et le k-feldspath entre 4000 ans et l'actuel.

analyses ACP (fig 3.11): pour les carottes de montagne, le cycle minéralogique selon l'opposition minéraux en grain / phyllosilicates traduit les variations climatiques. Les échantillons B808, 22.5cm et B612 (23cm) - B613 (25cm) - B614 (27cm) symbolisent Dryas III.

analyses AFC (fig 3.12): les différentes périodes peuvent se résumer à deux droites. La droite PL, représentant la déglaciation du Pléistocène terminal et la droite HO, représentant l'évolution minéralogique depuis la limite Pléistocène / Holocène. Les petits cycles des phyllosilicates durant la période récente n'apparaissent pas, cachés par la variance des intensités entre le glaciaire et l'actuel. Les carottes de plaine montrent l'appauvrissement relatif en quartz, albite et k-feldspath en fonction du temps.

### 3.5.2 Intensités relatives

#### A) Fractions <2 $\mu$ m

Les pourcentages relatifs sont marqués par la grande variabilité de la smectite. Les intensités brutes montrent mieux l'évolution minéralogique. Cependant, pour le profil horizontal, les teneurs en smectite varient énormément en fonction de la bathymétrie. Sur le DS et la station 383, la teneur en smectite est de 25%. Sur Noamp, les stations de montagnes ont 5% de smectites et les carottes de plaines 45%. La resuspension des smectites est donc efficace.

#### B) Fractions 2-16 $\mu$ m (fig 3.13)

On constate peu de différences entre les différentes régions et le relief. Les pourcentages relatifs sont généralement:

micas: 45%  
kaolinite: 8%  
chlorite: 15%  
quartz: 7%  
k-feldspath: 10%  
albite: 15%

Dans le profil vertical des stations DS 99 (4700m), Noamp 59 (4450m) et Noamp 197 (4100m), de 13000 à 10700 ans (Dryas III), les phyllosilicates diminuent alors que les minéraux en grain augmentent. Dryas III correspond aux plus fortes teneurs en albite et en feldspath et aux plus faibles teneurs en phyllosilicates. Le maximum de quartz est légèrement décalé en raison de la plus grande variabilité des albites et des feldspaths. Pendant l'Holocène, les concentrations en minéraux en

grain diminuent alors que les concentrations des phyllosilicates augmentent. On n'arrive pas à déterminer de cycle dans l'Holocène terminal.

### 3.5.3 Phyllosilicates

L'étude des phyllosilicates peut donner des indications sur l'origine du matériel fin. La vitesse d'altération est différente selon les minéraux et selon les conditions imposées par le milieu (lessivant ou confinant). Ces deux milieux peuvent se combiner pour atteindre les stades smectite ou kaolinite, avec par exemple conservation des muscovites. C'est le cas de certaines arènes des Vosges (Tardy, 1969).

kaolinite: typique des milieux lessivants, la kaolinite a été trouvée dans des formations récentes (Tardy, 1969). Les altérations sont apparues durant les périodes interglaciaires humides et tempérées.

smectite: produit d'altération, elle se forme en milieux hydrolisants confinant dans des climats froids.

mica: les phengites ont été repérées de deux façons:

1) par le 3ème pic (003) qui est décalé par rapport au pic à 3.343 du quartz et qui correspond aux phengites et à l'exclusion des muscovites.

2) par la méthode Rey et Kübler (1982). La méthode est basée sur les rapports des pics relatifs aux plans 001, 002 et 005 des préparations orientées. La méthode de Rey et Kübler indique que les micas des fractions  $<2\mu\text{m}$  et  $2-16\mu\text{m}$  sont tous dioctaédriques. La détermination des micas et leur cristallinité permettent de mieux cerner l'origine de ceux-ci, de distinguer entre un milieu d'altération (humidité / aridité) ou d'érosion mécanique, de déterminer l'intensité du métamorphisme dont ils sont issus.

Les diagrammes triangulaires présentent 2 plages distinctes selon les fractions. Dans la fraction  $<2\mu\text{m}$ , les micas sont des illites, alors que les phengites riches en Mg et Fe composent la fraction  $2-16\mu\text{m}$ . Pour les deux fractions, il n'y a pas d'évolution du chimisme du mica en fonction du profil vertical des carottes Noamp et DS. Dans la carotte 383 de la plaine abyssale ibérique (5250m), par contre, les particules  $<2\mu\text{m}$  ont le même chimisme que les particules  $2-16\mu\text{m}$  (fig 3.14).

Il se dessine un gradient W-E pour les rapport des pics 004 de la chlorite / pic 002 de la kaolinite. Dans la fraction  $<2\mu\text{m}$ , ce rapport de pics est plus  $>1$  pour les régions Noamp et DS et  $<1$  pour la carotte 383. Dans la fraction  $2-16\mu\text{m}$ , le rapport chlorite / kaolinite est  $>2.3$  pour les régions situées à l'ouest et  $<2$  pour le carotte de la plaine abyssale ibérique.

Pour la fraction  $2-16\mu\text{m}$ , les indices de cristallinité IAG (fig 3.15) mesurés à mi-hauteur des réflexes 001 à  $10\text{\AA}$  corréleront négativement avec le mica, ce qui signifie que la cristallinité est bonne quand l'intensité du mica est forte. L'excellente

cristallinité des micas (0.18 - 0.25 degré 2 théta) correspond à celle des micas formés dans l'épizone. Les maxima de micas enregistrés indiqueraient une source nordique.

Certains facteurs peuvent affecter la cristallinité des micas  $<2\mu\text{m}$ , comme la taille par exemple. Une importante distribution des tailles  $<0.5\mu\text{m}$  dans la fraction  $<2\mu\text{m}$  élargit le pic du mica et en diminue la cristallinité. C'est pourquoi les corrélations micas / iag sont mauvaises.

Les meilleures cristallinités des phengites  $2-16\mu\text{m}$  et des illites  $<2\mu\text{m}$  ont été mesurées dans la couronne sommitale de toutes les carottes, zone déterminée comme étant homogénéisée par la bioturbation grâce aux 14C datations. La zone homogène cache donc l'évolution de la sédimentation à l'actuel qui indiquerait une source de plus en plus nordique et des conditions climatiques froides.

### 3.6 Granulométrie de la fraction $<36\mu\text{m}$

Des profils latéraux sur des échantillons de surface et des profils verticaux de carotte ont été effectués par Coulter (cf. chapitre 4). Le spectre granulométrique s'étend de 1.4 à  $36\mu\text{m}$ . L'étude granulométrique a été réalisée pour:

- a) comparer les spectres granulométriques du sédiment de surface entre les stations de plaine et de montagne ou talus.
- b) déterminer l'influence de la resuspension.
- c) l'évolution granulométrique (entre 1.4 et  $36\mu\text{m}$ ) du résidu insoluble et du sédiment brut carbonaté depuis le Pléistocène terminal à l'actuel.

La granulométrie a été déterminée sur la phase résiduelle insoluble (=Ri) et sur le sédiment non - décarbonaté (=CARB). Les carottes représentatives des caractéristiques sédimentologiques locales ont été choisies, à savoir:

- la carotte de Gascogne 1 située sous la lysocline (4800m).
- la carotte Noamp 197 typique de talus (4100m).
- la carotte Noamp M6812 typique de vallées (4520m).

profil horizontal du Ri: aucune différence n' a été observée entre les stations de plaine et les stations de montagne ou de talus. Vu les distributions unimodales actuelles (mode à  $3.3\mu\text{m}$ ), les effets de la resuspension ne sont pas perceptibles.

profil vertical du Ri: pour la station 1 (fig 3.16a), la distribution est toujours unimodale. Dans les sections les plus profondes, le pic centré sur  $2.5\mu\text{m}$  s'élargit en direction des diamètres plus grands que  $3\mu\text{m}$ . A partir de 13 cm, le pic est centré sur  $3.3\mu\text{m}$  est parfaitement symétrique.

La granulométrie de la station 197 (fig 3.17a) est bimodale depuis 27.5cm avec un mode à  $4\mu\text{m}$  et un mode à  $10\mu\text{m}$  peu marqué; ce type de distribution persiste jusqu'à 23.5cm. A partir de 25 cm la distribution est parfaitement bimodale avec un mode à  $4.5\mu\text{m}$  et  $12\mu\text{m}$  jusqu'à 20cm. La sédimentation change brusquement à 19cm; la

distribution devient unimodale avec un mode centré sur  $3.3\mu\text{m}$ . A l'actuel, on retrouve cette distribution.

Pour la carotte M6812 (fig 3.18), aucune évolution de la granulométrie n'a été observée avec la profondeur dans la carotte. Le mode est centré sur  $3.3\mu\text{m}$ . La station M6812 pose un problème qui sera traité dans le chapitre 4 (aggrégation). En effet, la distribution granulométrique est parfois artificiellement bimodale avec un deuxième mode centré à  $10\mu\text{m}$ . Si le mode des particules fines à  $3.3\mu\text{m}$  est correct, le mode à  $10\mu\text{m}$  est créé par la concaténation de deux séries de mesures.

profil vertical du CARB: pour la station 1 (fig 3.16b), la granulométrie est unimodale jusqu'à 16 cm avec un mode centré sur  $3.3\mu\text{m}$ . De 13 cm à la surface du sédiment, la distribution est bimodale avec 2 modes distincts à  $3.3\mu\text{m}$  et à  $16\mu\text{m}$ . Le mode à  $16\mu\text{m}$  est typique de la fraction carbonatée.

La station 197 montre de 27.5 à 23.5 cm, une distribution bimodale avec des modes à  $3.5\mu\text{m}$  et à  $12\mu\text{m}$ . De 20 cm à la surface de la carotte, la distribution est toujours bimodale mais les modes se déplacent vers  $3\mu\text{m}$  et vers  $16\mu\text{m}$  où le mode à  $3.3\mu\text{m}$  devient prépondérant.

La comparaison de la granulométrie de la fraction  $<36\mu\text{m}$  des phases résiduelles insolubles et carbonatées permet de déterminer les évolutions temporelles de la granulométrie de la phase carbonatée et de la phase insoluble pour les carottes 1 et 197. Les premières observations qui ressortent de cette comparaison entre les 2 phases sont:

- un mode à  $3.3\mu\text{m}$  représentant le matériel détritique fin insoluble qui caractérise toutes les carottes.
- la présence de carbonate se traduit par un mode à  $16\mu\text{m}$ .
- le matériel grossier insoluble se manifeste par un mode entre 10 et  $12\mu\text{m}$  accompagné du déplacement du mode de  $3.3\mu\text{m}$  à  $4.5\mu\text{m}$ .

Pour la carotte de Gascogne 1, le mode à  $16\mu\text{m}$  qui caractérise les sections de 13cm à 0.5 cm est typique de la fraction carbonatée. En dessous de 13cm (5420 ans) la contribution des carbonates est nulle. L'absence d'un mode lié aux carbonates avant 5420 ans est dû à la dissolution, à la diminution de la production carbonatée et à la dilution des carbonates par le matériel détritique fin (cf. chapitre 5). La granulométrie du Ri n'évolue pour ainsi dire pas avec le temps.

Pour la carotte 197, les variations granulométriques concernent la phase carbonatée et le Ri. De 12520 ans (27.5cm) à 10800 ans (23.5cm), le Ri "grossier" (mode à  $10\mu\text{m}$ ) et les carbonates (mode à  $16\mu\text{m}$ ) influencent la distribution. C'est la période de déglaciation du Pléistocène terminal. De 10800 (23.5cm) à 9200 ans (20cm), la distribution est surtout déterminée par le Ri grossier, qui se manifeste par le déplacement du mode de  $3.3\mu\text{m}$  à  $4.5\mu\text{m}$  et par la position du pic à  $12\mu\text{m}$ ; l'influence des carbonates est minime. Cette période couvre Dryas III. et le niveau de cendres volcaniques déterminé par Ruddiman et McIntyre (1981). Elle correspond aux maxima des teneurs en quartz, dolomite, plagioclase et à des minima de la teneur en carbonate et en phyllosilicate. Dès 9200 ans (20cm) la composante grossière du Ri

(mode à  $12\mu\text{m}$ ) disparaît alors que la contribution des carbonates augmente jusqu'à l'actuel. Cette augmentation des carbonates est confirmée par l'étude minéralogique. Pour les stations Gascogne 1 et Noamp 197, la prépondérance des carbonates est effective à partir de 5420 ans (13cm) pour la carotte 1 et à partir de 9200 pour la carotte 197 (20cm). Ces deux niveaux correspondent à des âges différents mais à la même teneur en carbonate (43%). L'influence des carbonates serait décalée dans le temps par rapport à la station de talus 197 par la dissolution des carbonates liée à la dilution par le matériel détritique insoluble (resuspension).

### 3.7 Géochimie

#### 3.7.1 Roche totale

Le sédiment brut a été analysé par activation neutronique (E.I.R). Les données ont été traitées d'après:

- un profil vertical de la carotte DS 6 (4550m) et des échantillons de surface des carottes DS 15 (4000m), 4 (4300m), 13 (4700m), 8 (4725m), et Gascogne 1 (4800m) (= profil 6).
- ces mêmes échantillons + la carotte de vallée Noamp 165 (4545m) (= profil 165).

profil DS 6 (fig 3.19): les graphes x/y et les coefficients de corrélation permettent de distinguer 4 groupements de variables:

- 1) Ca et Sr qui covarient positivement entre eux mais négativement avec l'Al. C'est la phase carbonatée.
- 2) Al, Fe, K, La, Sc qui covarient positivement avec des coefficients de corrélation de .96.
- 3) Ti, Mn et Co qui covarient avec l'Al sur le DS, sauf à la station Gascogne 1 où l'Al et les éléments liés à l'Al sont toujours en excès par rapport à la station DS 6.

4) la phase organique représentée par le Iode qui corrèle négativement avec l'Al et mal avec le Ca.

En fonction de la profondeur dans la carotte 6, les graphiques x/y montrent que:

1) il existe une zone homogène "géochimique" de 10cm d'épaisseur à la surface du sédiment.

2) la phase carbonatée à laquelle le calcium et le strontium sont liés augmente linéairement jusqu'à la surface du sédiment.

3) la phase insoluble comprenant les éléments métalliques, les terres rares et les transuraniens diminue vers la surface.

4) la phase organique représentée par le Iode et le Brome augmente exponentiellement jusqu'à la surface du sédiment.

Wytttenbach (1984) a démontré qu'il existait une phase hydroxyde dans le sédiment. La phase hydroxyde est liée à une partie du manganèse et elle représente environ 20% du Mn total.

profil Noamp 165 (fig 3.20): les groupements de variables sont au nombre de trois:

1) Ca et SR qui covarient comme dans le profil 6.

2) Al, Sc, Ti, La, K, Mn, Co plus abondants dans la carotte 165 mais qui font partie de la même droite de régression.

3) Al et Fe qui covarient positivement mais cette station de vallée Noamp 165 se distingue de la carotte DS 6 par un enrichissement en Fe.

Le Iode n'a pas été mesuré dans le profil de la carotte 165.

analyses ACP: les échantillons inclus dans cette analyse concernent des échantillons de surface (série H) et des échantillons des carottes 6 (série P du DS) et 165 (série A Noamp). Le facteur 1 extrait le 94.4% de la variance totale. Il est défini par un pôle carbonaté (Ca, Sr) opposé à Al, Fe, Sc, Ti, La, K, Mn. Sur le facteur, l'opposition Fe / Al est mineure. Pourtant les stations DS 6 et Noamp 165 se distinguent surtout par le facteur 2. La carotte 6 est marquée par un regroupement des échantillons de 0.5 (P-73) à 14.5cm (P-79) vers le pôle carbonaté, et par une tendance vers le pôle Al avec les échantillons plus profonds (fig 3.21). Pour la carotte 165, de 0.5 (A01S) à 7.5cm (A06S), les échantillons sont groupés mais la teneur en carbonate est plus faible. Avec la profondeur les échantillons évoluent vers un pôle opposé au pôle carbonaté avec une tendance Fe. L'épaisseur des zones déterminées au sommet de chaque carotte n'est pas égale à l'épaisseur de la zone homogène. Les petites variations qui font la transition entre la zone homogène et la

partie profonde de la carotte sont masquées par la grande variabilité des éléments entre les échantillons de surface et les échantillons plus profonds.

Les échantillons de surface des stations M, P et A ne se distinguent pas des échantillons de surface de la carotte 6. Seul l'échantillon de surface de la carotte 1 située sous la lysocline (4800m) est décalé vers un pôle pauvre en Ca et riche en Al.

analyses AFC (fig 3.22): le facteur 1 est défini par les mêmes variables que l'ACP. Les variations du Fe sont plus évidentes que celles des autres variables. Les observations faites sur les carottes 6 et 165 pour l'ACP sont aussi valables pour l'AFC.

En comparant les résultats de l'analyse géochimique avec ceux de la minéralogie de la roche totale, on constate que:

- les échantillons A07S, A08S de la station Noamp 165 (4545m) où l'échantillon A07S correspond à P-80 (14.5cm) et A08S à P-82 (20cm) montre que le taux d'accumulation est plus important à la station 165 qu'à la station 6.
- au niveau 14.5cm, le pourcentage en phyllosilicate de la roche totale est 4 fois plus grand à la station 165 (25%) qu'à la station 6 (6%) et, pour la section 20cm, 4.5 fois plus grand pour la station 165 (45% contre 10%). La station 165 Noamp se trouve dans une vallée N-S qui bénéficie d'un apport supplémentaire de particules fines par resuspension à partir des sommets voisins.
- le Fe se trouve surtout dans les phengites, smectites, et chlorites. Il est donc un indicateur des phyllosilicates dans la roche totale.
- les échantillons de la zone de surface sont plus riches en carbonate pour la station 6 que pour la station 165. Cette différence en carbonate est provoquée par les phyllosilicates qui diluent le matériel carbonaté. Les mêmes remarques peuvent être faites pour les échantillons de surface. Les échantillons DS H-4 (4300m) et H-15 (4000m), plus riches en carbonate, proviennent des stations les plus hautes où l'enrichissement relatif en carbonate est dû à la soustraction par vannage des phyllosilicates surtout.

### 3.7.2 Spéciation des carbonates ou phase soluble de la roche totale

Les carottes ont été analysées par le LMPG. Un profil bathymétrique et un profil Ouest - Est (cf. chapitre 1) illustrent les variations géochimiques latérales et verticales. La matrice de corrélation définit 2 phases:

- 1) La phase carbonatée représentée par Cmin et Sr.
- 2) une phase résiduelle insoluble à laquelle K, AL, Fe, Mg, Mn, PO4, SiO2 sont liés.

#### A) le Cmin et la phase carbonatées

Le coefficient de corrélation Cmin / Ri  $r = -.99$ . Les corrélations montrent que seul le Sr est étroitement lié au Cmin.

Cmin et Sr covarient sur le DS et Noamp pendant l'Holocène avec un coefficient de corrélation de .98. Cependant trois carottes se distinguent, altérant la qualité de la corrélation (.68). Deux carottes de talus (Noamp 59, 4450m et DS 483, 4175m) et une carotte de la plaine abyssale ibérique (383, 5250m). Sur la figure 3.23, la pente de la droite de régression Sr / Cmin semble varier en fonction de la bathymétrie. Cette pente est plus forte pour les stations de montagne que pour les stations de plaine. La pente de la droite Sr / Cmin pour la station 383 située sous la lysocline est la plus faible.

L'excès de la carotte 383 en Sr ne peut s'expliquer par la présence d'aragonite à de telle profondeur. Berger (1983) a démontré la grande résistance des coccolithes à la dissolution. Des contrôles par MEB ont effectivement confirmé que les coccolithes étaient présents dans la carotte 383 alors que la plupart des foraminifères avaient disparu. Les foraminifères utilisent Ca, Fe, Si, Mg, Sr et Ti dans la fabrication de leur test alors que les coccolithes utilisent surtout du Ca et peu de Sr (in Hag et Boersma, 1980). Les coccolithes ne peuvent pas non plus expliquer le Sr en excès dans la carotte 383.

Parra (1980) démontre dans sa thèse que durant la période glaciaire, le strontium (environ 200 ppm de la roche totale) peut aussi provenir du matériel basique islandais. La régression Cmin / Sr dans la carotte 383 montre qu'il existe environ 0.03% de Sr résiduel pouvant provenir du matériel basique fourni par une autre source que la source islandaise, car, pour les carottes de plaine DS et Noamp, le Sr appartient entièrement à la phase carbonatée.

Sur la fig 3.23b la plage HD indique un horizon dolomitique qui s'accompagne d'une diminution de la teneur en Sr. Les graphes Cmin / Mg montrent que la teneur du sédiment en Mg est plus forte pour les carottes de talus que pour celles de plaine. La présence de dolomite dans les carottes de talus pourrait donc appauvrir le sédiment en Sr.

#### B) Résidu insoluble (fig 3.23)

Les éléments K, Al, Fe, Mn corrélient très bien entre eux ( $r > .90$ ) et corrélient avec le Ri avec des coefficients  $r$  variant entre .58 et .81. Ces coefficients de corrélations aboutissent à 4 groupes de variables:

- 1) K, Mg, Al, Fe, Mn où  $r > .9$
- 2) Al, Mg où  $r = .72$
- 3) Ri, PO4 où  $r = .91$
- 4) Ri, SiO2 où  $r = .50$

La station de plaine 54 (Noamp, 4490m), montre sur le graphique Al/Ri un enrichissement du Al par rapport aux stations de talus. Par contre les coefficients de corrélation sont excellents entre Al, Fe, Mn, K ( $r > .9$ ). La solubilisation d'une partie des phyllosilicates, contenant surtout les éléments K, Al, Fe, Mg, se marque par un accroissement de ces éléments par rapport au Ri.

Le Mg corréle généralement avec le RI ( $r = .72$ ) et l'aluminium ( $r = .68$ ). Sur la figure 3.23g, les horizons T511 (22.5cm, 10000 ans) à T513 (28.5cm, 11500ans) s'écartent de la régression due à un fort accroissement de magnésium. Ces horizons correspondent à

l'augmentation de dolomite déterminée par diffraction - X pendant Dryas III.

Les phosphates appartiennent totalement au Ri ( $r = .91$ ). Aucun minéral phosphaté n'a pourtant été détecté par diffraction - X.

Le SiO<sub>2</sub> est plus difficile à interpréter. Le SiO<sub>2</sub> est effet relié à la fois à la silice biogénique, aux phyllosilicates, et, dans une moindre mesure, au quartz. Le graphe SiO<sub>2</sub> / Ri ne permet pas de conclure sur l'origine du SiO<sub>2</sub>.

Analyses ACP (fig 3.24): le profil bathymétrique (fraction < 63 $\mu$ m) et le profil Est - Ouest ont fait l'objet de deux analyses statistiques séparées. Les facteurs orthogonaux 1 et 2 sont définis par les mêmes variables pour les deux profils. Le facteur 1 est défini selon un axe opposé Cmin (Sr) - Ri, PO<sub>4</sub>, Fe, Al, K. Le facteur 2 montre des variables opposées Sr - Mg et Mg, SiO<sub>2</sub> - Al, Fe, K. La carotte de Montagne M6806 (3960m, échantillons B600) et la carotte de talus M6808 (4125m, échantillons B800) se distinguent des carottes de plaine par un enrichissement en quartz et dolomite pour les échantillons B612 (23cm) à B614 (25cm) et B808 (22.5cm) qui symbolisent Dryas III. Ces variations correspondent exactement aux variations minéralogiques de la fraction <2 $\mu$ m et 2-16 $\mu$ m. Les teneurs maximales en dolomite et en quartz du sédiment correspondent également à ces horizons.

Pour les stations de plaine, on observe un enrichissement opposé en Al selon le facteur 2. Cet enrichissement en Al traduit l'augmentation des phyllosilicates.

La différence dans les coefficients de corrélation de la phase insoluble provient de l'attaque HCl à chaud. Le RI représente toute la phase résiduelle insoluble, où la masse des quartz, feldspaths et plagioclases est égale ou plus grande que celle des phyllosilicates pour les stations du DS et les stations de montagne ou de talus Noamp.

La spéciation des carbonates montre que le sédiment est composé de deux phases principales:

a) la phase carbonatée labile qui inclut également les phosphates, les hydroxydes Fe et Mn, la silice biogénique amorphe les argiles et la matière organique.

b) la phase non labile représentée par le quartz, les minéraux lourds, les feldspaths alcalins, les micas et les chlorites.

L'hydrolyse des phyllosilicates augmente avec la décroissance de la granulométrie. Tous les minéraux avec des Fe bivalents (sulfures, smectites, chlorites trioctahédriques, horblendes, phengites) peuvent être lavés pro parte relâchant ainsi Mg, Al, Si, K.

Trois conclusions importantes ressortent de la comparaison du profil bathymétrique et du profil Est - Ouest:

1) le facteur principal (1) est déterminé par l'évolution de la phase carbonatée qui augmente depuis le glaciaire.

2) le facteur 2 est déterminé en fonction de la géométrie du relief, selon surtout l'opposition talus Noamp / plaine Noamp qui se manifeste par l'abondance de Al et de phyllosilicates dans les vallées et par l'abondance de SiO<sub>2</sub>, Mg, quartz et dolomite sur les talus.

3) l'ACP sur la minéralogie des fractions du Ri correspond à l'ACP de la géochimie de la phase soluble.

### 3.8 Taux d'accumulation

La notion de taux d'accumulation a été préférée à celle de taux de sédimentation, plus vague, pour calculer en cm/1000 ans le matériel déposé en un point défini.

Les taux d'accumulations ont été calculés pour 2 stations DS (4, 4300m et 99, 4710m), 2 stations de talus Noamp (197, 4100m et 59, 4450m), 1 station de vallée Noamp (31, 4470m), 1 station de la plaine abyssale ibérique (383, 5250m) et 1 station de Gascogne (1, 4800m).

Les taux d'accumulation varient selon le temps et le relief. En fonction du temps, les taux d'accumulation délimitent des périodes particulières.

La compilation des taux d'accumulation calculés pour les différentes stations (fig 3.25) résume l'évolution générale des taux d'accumulation en fonction du temps.

Un faible taux d'accumulation calculé sur la carotte 383 caractérise la période qui s'étend 19000 ans à environ 13000 ans (2.3cm/1000ans). Cette période couvre une période froide dont le "Last Glacial Maximum" (18000ans). A partir de 13000 ans, la déglaciation commence (Ruddiman et McIntyre, 1981). De 13000 ans à 9000 ans (Pléistocène terminal / Holocène), les taux d'accumulation sont beaucoup plus forts (7.5cm/1000 ans dans la carotte 59). Ces résultats ont été confirmés par les travaux de Rutgers van der Loeff (1986). De 9000 ans à 3500 - 4500 ans (limite variant en fonction de l'épaisseur de la zone bioturbée), les carottes du DS, de Gascogne, de Noamp (à l'exception de la carotte 197 qui montre une tendance inverse) ont à nouveau des taux d'accumulation faible entre 2.2 et 2.8 cm/1000 ans. Depuis 3500 - 4500ans à la surface (datée entre 2000 et 3500 ans), on observe un accroissement des taux d'accumulations entre 2.4 et 3.2 cm/1000 ans.

Le taux d'accumulation est grandement influencé par la géométrie du relief. Cette affirmation se justifie dans la comparaison des taux d'accumulation de 4500 ans à la zone homogène et de la fréquence des turbidites des régions Noamp et DS pendant l'Holocène.

Noamp: la différence des taux d'accumulation actuels entre les régions de plaine ( 31, 4.7cm/1000 ans) et de talus (59, 2.4cm/1000 ans et 197, 2.7cm/1000 ans) sont évidentes. D'autre part, les taux d'accumulation sont difficilement déterminables avant 6-7000 ans à la station de plaine Noamp 31 en raison du mélange de matériel par les turbidites dans les terminaisons du Maury channel (vallées ouest - est). Aucune turbidite n'a été enregistrée dans les carottes de talus.

Dumping Site: l'absence de turbidites avant 9000 ans combinée avec une remise en suspension de faible intensité, permettent une datation fiable des différents horizons sédimentaires. Par conséquent, les taux d'accumulation reflètent assez bien les taux de sédimentation. Kershaw (1985) a déterminé sur le DS des taux d'accumulation moyens (en admettant que les taux d'accumulation restaient constant depuis 9000 ans) sensiblement égaux (2.1 - 2.2cm/1000 ans) entre les carottes de plaine. Depuis 4000m, les taux d'accumulation calculés d'après nos résultats montrent plus de variations entre les stations de plateau 4 (4300m, 3.1cm/1000 ans) et de plaine 99 (4710m, 2.7cm/1000 ans) bien que la différence soit faible.

Les plus forts taux d'accumulation sont enregistrés pendant 13000 et 9000 ans, par apport du matériel relâché par les glaces. Les résultats de la minéralogie prouvent la haute teneur du sédiment en quartz, plagioclase et dolomite pendant cette période.

A part la période mal documentée qui s'étend de 19000 à 13000 ans, les plus faibles taux d'accumulation ont été déterminés entre 9000 et 3500 - 4500 ans. Le cycle des phyllosilicates de la fraction  $<2\mu\text{m}$  et de la roche totale, avec un maximum des intensités brutes ou de la teneur en % à 6400 ans tombe au milieu de cette période de faible accumulation.

A partir de 4500 ans et dans la zone homogène, les fortes intensités brutes des phyllosilicates correspondent à l'augmentation des taux d'accumulation.

Les variations minéralogiques suivent donc les variations des taux d'accumulation. Les variations horizontales des taux d'accumulation mettent en évidence la resuspension. Si les phénomènes de resuspension sont importants sur Noamp, ils sont difficilement déterminable sur le DS.

### 3.9 Ages de la zone homogène et âges des échantillons de surface

Les datations au  $^{14}\text{C}$  ont permis de mettre en évidence une zone homogénéisée par bioturbation qui caractérise le sommet de chaque carotte. Cette zone est épaisse de 4 à 7 cm selon la carotte. Kershaw (1985) conclut que le sédiment est bioturbé et homogénéisé jusqu'à 6cm en moyenne sur le DS. A titre indicatif, le coefficient de mélange calculé par Kershaw (1985) à partir de la distribution de l'excès de  $^{210}\text{Pb}$  est de  $0.64 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{s}$ .

L'épaisseur de la zone homogène déterminée par la géochimie et la minéralogie correspond à celle déterminée par les datations. Néanmoins l'homogénéisation du sédiment n'est pas toujours parfaite; il subsiste dans certaines carottes des reliques minéralogiques de la sédimentation originale (fig 3.4 et 3.5) qui soulignent actuellement la fin d'un cycle. La différence d'âge des zones homogènes entre les carottes (tableau 3.3) donne des indications sur les mécanismes sédimentaires des carottes DS, Noamp talus et Noamp vallée, Gascogne et plaine abyssale Ibérique.

La méthode décrite par Erlenkeuser (1980) a été appliquée pour calculer l'âge des particules arrivant à la surface du sédiment à partir des âges "conventionnels" calculés avec les données du  $^{14}\text{C}$ . Cette méthode a l'avantage de donner des indications sur l'âge des particules qui déterminent la sédimentation et les processus de redistribution des particules pour chaque carotte.

Il a été admis que les effets de la bioturbation dans les couches supérieures du sédiment de grandes profondeurs sont intégrés sur une longue période. Dès lors, les taux d'accumulation étant faibles, on peut considérer que la bioturbation est effective jusqu'à une profondeur fixe avec une égale intensité.

Un âge de surface (Tsf) est extrapolé à partir du taux d'accumulation (supposé constant dans la zone homogène). Comme l'âge de la zone homogène (Tml) dépend directement de l'épaisseur de la zone homogène (L) et du taux d'accumulation ( $\omega$ ), il est possible de déterminer Tsf par l'expression suivante:

$$T_{sf} = T_{ml} - L/\omega$$

et  $\omega$ :

$$\omega = x/(T - T_{sf})$$

où T est le <sup>14</sup>C âge à une profondeur x. L'âge des particules arrivant à la surface du sédiment (To) est donné par la relation:

$$T_o = T_{ml} - \ln [1 + \lambda(T_{ml} - T_{sf})]/\lambda c$$

où  $\lambda$  est la constante physique de désintégration du <sup>14</sup>C ( $\lambda = 1/8270 \text{ an}^{-1}$ ) et  $\lambda c$  est la constante de désintégration conventionnelle ( $\lambda c = 1/8033 \text{ an}^{-1}$ ).

Les résultats figurent dans le tableau 3.3.

Tableau 3.3. Age de la zone homogène Tml, Age de la surface du sédiment Tsf, Age du matériel arrivant à la surface du sédiment To, Taux d'accumulation  $\omega$ , Epaisseur de la zone homogène L, calculés d'après les datations au <sup>14</sup>C. Le taux d'accumulation correspond au taux d'accumulation calculé depuis 4000 ans environ.

carottes	profondeur (m)	Tml (an)	Tsf (an)	To (an)	$\omega$ (cm/1000ans)	L (cm)
carotte 383	5255	2890	1256	1441	2.14	
carotte 1	4800	2500	800	945	3.25	4.0
carotte 4	4300	2600	385	890	3.13	
carotte 99	4710	2740	826	1068	2.58	4.9
carotte 197	4100	3510	2020	2180	2.69	4.0
carotte 59	4420	2710	868	1095	2.58	4.5
carotte 31	4470	3400	2135	2257	4.74	6.0

Les To calculés sur les stations 4 et 99 du DS et sur la station Gascogne 1 sont comparables (variation de 945 à 1070 ans) confirmant l'hypothèse d'un faible taux de resuspension actuel dans cette région. Sur Noamp, les âges To varient entre 1100 (carotte de talus 59, 4450m) et 2260 ans (carotte de vallée 31, 4470m); par analogie avec les stations du DS qui montrent à peu près des To semblables (carotte 4, 890 ans et carotte 99, 1068 ans), la station de talus 59 reflète la sédimentation actuelle.

Les stations de plaine Noamp 31 et la station de plaine

abyssale 383 ont des âges deux fois plus vieux que toutes les autres stations. Considérant la position des carottes et leurs taux d'accumulation, ces âges indiquent que deux mécanismes différents interviennent dans la sédimentation. Pour la carotte 383 située sous la lysocline (5250m), le vieillissement des âges en surface est dû essentiellement à la dissolution, par diminution du volume des foraminifères dans le sédiment. Pour "vieillir" les âges  $T_0$  de la carotte 31, des particules doivent provenir d'une source supplémentaire à celle qui procure le matériel original. Deux types d'apport supplémentaire sont possibles; l'apport de particules déjà sédimentées il y a 1000 ou 2000 ans ou même plus dû à la resuspension des zones exposées et aux courants de gravité, et l'apport des particules engendré par les turbidites. La part de ces deux types d'apport, étroitement liés, est difficilement quantifiable; comme les turbidites de grande ampleur n'ont plus été enregistrées depuis 6000 ans sur Noamp, on peut néanmoins supposer que la majorité des particules proviennent de la mise en suspension du sédiment des talus et des montagnes.

Pour la station de talus 197, en raison du relativement fort taux d'accumulation (2.69 cm/1000 ans), l'âge  $T_0$  (2180 ans) est attribué à l'apport de particules plus vieilles et non à l'érosion.

### 3.10 Conclusions

Il ressort des analyses minéralogiques, géochimiques et granulométriques, que l'évolution sédimentologique des carottes dépend non seulement des variations climatiques mais aussi de la position géographique de celles-ci. Ainsi, il apparaît que la sédimentation, tranquille sur le DS, est plus changeante et généralement plus forte sur Noamp. Sur Noamp, les vallées orientées S-N sont plus sensibles à la resuspension locale que les vallées E-W, chenaux turbiditiques.

Dans le profil vertical, les épisodes majeurs établis sur des carottes de talus et de montagne, se traduisent par les faits suivants:

- dans la roche totale, les variations climatiques se manifestent par une augmentation des carbonates depuis 13000 ans jusqu'à l'actuel (déglaciation = phase 2), période ponctuée vers 10700 ans (Dryas III = phase I) d'une régression de la teneur en carbonate. Le Ri et les éléments chimiques liés au Ri suivent une tendance inverse. La minéralogie de la phase insoluble caractérise la limite Pléistocène / Holocène par un niveau de matériel grossier transporté par les glaces. Cet horizon (= horizon 1) correspond à Dryas III; il est composé surtout de quartz, feldspath, dolomite, et de galets de roches calcaires. De 13000 ans à Dryas III, la minéralogie du résidu insoluble montre une diminution des teneurs en phyllosilicates alors que le quartz, les feldspaths et la dolomite augmentent. De Dryas III à 6760 ans, le quartz, la dolomite et les feldspaths diminuent fortement; parallèlement les phyllosilicates augmentent. De 6760 ans à l'actuel, la teneur du sédiment en quartz, dolomite, feldspaths et phyllosilicates décroît faiblement et linéairement. Les taux d'accumulation varient selon 3 périodes: une période

de 13000 à 9000 ans caractérisée par de fort taux d'accumulation (6 - 7 cm/1000 ans) suivie d'une période où les taux d'accumulation diminuent (2 - 2.5 cm/1000 ans), s'étendant jusqu'à 3500 ans. De 3500 ans à l'actuel, on observe un accroissement des taux d'accumulation (2.5 - 3.5 cm/1000 ans). Les âges des cycles des taux d'accumulation sont probablement décalés par rapport aux autres cycles par le grand intervalle qui sépare les échantillons datés.

-dans la fraction  $<36\mu\text{m}$ , la granulométrie ne montre que les variations importantes des phases carbonatées et insolubles. Les changements majeurs ont été enregistrés à 9800 ans (= ash 1). Jusqu'à 9800 ans, la contribution de la phase insoluble grossière (mode entre 12 et  $16\mu\text{m}$ ) est déterminante. A partir de 9800 ans, l'augmentation de la phase carbonatée au détriment de la phase insoluble se traduit par le remplacement du mode situé entre 12 et  $16\mu\text{m}$  de la phase insoluble par un mode (centré également à  $16\mu\text{m}$ ) typique de la phase carbonatée.

-dans la fraction 2- $16\mu\text{m}$ , des cycles sont observés sur les intensités brutes:

-1) un cycle des phyllosilicates qui augmentent jusqu'à 3500 ans et dans la zone "homogène". Dans le premier centimètre du sédiment, une diminution des intensités brutes est parfois remarquée.

-2) pour les minéraux en grain, un maximum des intensités brutes apparaît à Dryas III et un minimum au niveau de cendre ash 1.

-3) une corrélation négative phyllosilicates / minéraux en grain dans l'Holocène.

-4) une corrélation positive phyllosilicates / minéraux en grain au Pléistocène terminal.

Dans les vallées Noamp, la corrélation minéraux en grain / phyllosilicates est positive pendant l'Holocène.

-dans la fraction  $<2\mu\text{m}$ , on remarque:

-1) une opposition relative phengite - chorite - kaolinite / quartz à Dryas III avec un maximum de quartz.

-2) un cycle où les intensités brutes des quartz, micas, kaolinites, chlorites atteignent un maximum à Dryas III.

-3) et un cycle des phyllosilicates à 6400 ans où les intensités brutes sont les plus fortes.

-4) l'apparition des smectites à 9800 ans (ash I).

-5) l'absence de variations granulométriques où le mode est centré sur  $3.3\mu\text{m}$  (dans l'eau de mer), caractéristique des phyllosilicates.

Sur Noamp, le profil horizontal relève surtout la différence entre les carottes de plaine et les carottes de montagne ou talus. Le mécanisme qui provoque cette différence est la resuspension à partir du sédiment des zones sujettes à l'érosion comme les régions de montagne et talus. La différence est marquée par la forte teneur du sédiment de plaine en smectite.

## CHAPITRE 4

### Particules en suspensions

#### 4.1 Introduction

Ce chapitre est divisé en deux parties. La première partie traite de l'aggrégation des particules dans l'eau de mer. Toutes les analyses ont été faites au LMPGN. Les échantillons étudiés sont soit des phases minéralogiques pures (Na - Montmorillonite et quartz) soit des sédiments prélevés sur Noamp et le DS.

Dans la seconde partie, des comptages par Coulter et des filtrations ont été réalisés sur des échantillons provenant de différentes masses d'eau, depuis la surface jusqu'à 20m au-dessus du sédiment, pour contrôler la fidélité du diffusiomètre utilisé par Nyffeler lors des campagnes Noamp et pour déterminer la minéralogie, la granulométrie et à la géochimie des particules en suspension.

La distribution et la composition du matériel en suspension dépend directement de la production biologique dans la zone photique et des apports du détritisme, de la différence de la vitesse de sédimentation, des transports advectifs liés à la courantométrie, des resuspensions locales ou régionales et des phénomènes d'aggrégation.

Sans résoudre tous les problèmes spécifiques à chacun de ces facteurs, il est possible d'obtenir, grâce à l'étude granulométrique par Coulter, à l'étude des filtrations par diffraction-X et la géochimie, des informations suffisantes à la compréhension de la sédimentation et des relations particules en suspension - sédiment.

#### 4.2 Aggrégation

##### 4.2.1 Introduction

L'évolution des suspensions avec le temps a été démontrée par Mac Cave (1983) où les processus d'aggrégation / désaggrégation se manifestent par la diminution du nombre de particules avec le temps. Théoriquement l'aggrégation se traduirait par la diminution de  $dN/dD$  dans les petites taille et par une augmentation de  $dN/dD$  vers les grands diamètres. Lors de la mission Noamp V (1985), un certain nombre d'échantillons ont été prélevés pour vérifier l'aggrégation des particules, mais les résultats obtenus ne permettaient pas de déterminer ni l'aggrégation ni la désaggrégation des particules en fonction du temps. D'autre part, le rapport de la concaténation  $M1/M2$  (cf. 4.2) variait selon les échantillons du sédiment. C'est pourquoi une série de mesures portant sur des phases minérales pures et des échantillons de carottes Noamp ont été effectuées en laboratoire pour déterminer les relations entre l'aggrégation et les propriétés spécifiques des minéraux et d'associations minéralogiques d'une part et les effets propres au système Coulter d'autre part.

#### 4.2.2 Résultats

a) Na-montmorillonite (Wyoming): la cumulative de la Na-montmorillonite séparée dans l'eau désionisée à pH 7 (fig 4.1) indique que le 83% du poids est représenté par la fraction  $<2\mu\text{m}$ . Pour cette montmorillonite mesurée par Coulter dans de l'eau salée (35/00), le mode se place à  $3.3\mu\text{m}$  (fig 4.2). Les fig 4.3a et 4.4c montrent l'évolution du  $\text{N}/\text{cm}^3$  et du ppb en fonction du temps de mesure. Si le  $\text{N}/\text{cm}^3$  et le ppb diminuent pour l'atténuation 4, ils augmentent en revanche pour l'atténuation 256. Le diamètre moyen augmentent pour les atténuations 4 et 32. Pour l'atténuation 256, le diamètre moyen diminue jusqu'à 13' et devient ensuite constant.

b) Quartz (fig 4.3b et fig 4.4d): il décroît en  $\text{N}/\text{cm}^3$  et en ppb pour les atténuations 4, 32, 256. Entre 0 et 3.5', on observe une augmentation du nombre de particules pour l'atténuation 4. Il est possible que les particules aient mal été désaggrégées par les ultra - sons avant la mesure. Pour les atténuations 32, le  $\text{N}/\text{cm}^3$  et la concentration volume augmentent à partir de 49'. Pour l'atténuation 256, augmentation de la concentration volume à partir de 49'. Le diamètre moyen calculé diminue pour l'atténuation 4 et fortement pour l'atténuation 256. Pour l'atténuation 32, le diamètre moyen reste constant.

c) B601 (fig 4.3c et fig 4.4a): il décroît en  $\text{N}/\text{cm}^3$  et en concentration volume pour les trois atténuations. Augmentation de la concentration volume à partir de 55'. Le diamètre moyen diminue pour l'atténuation 4. Pour l'atténuation 256, le diamètre moyen décroît, sauf entre 13' et 25' où il reste constant. Augmentation à partir de 55'. Pour l'atténuation 32, le diamètre moyen reste constant.

d) VT11 (fig 4.3d et fig 4.4b): décroît en  $\text{N}/\text{cm}^3$  et en concentration volume pour les atténuations 4 et 32. Pour l'atténuation 256, une augmentation du  $\text{N}/\text{cm}^3$  et de la concentration volume est visible jusqu'à 55'. Après 55', la concentration volume augmente et le  $\text{N}/\text{cm}^3$  diminue. Le diamètre moyen augmente légèrement pour l'atténuation 4, fortement pour l'atténuation 32. Pour l'atténuation 256 l'augmentation du diamètre moyen se manifeste jusqu'à 100'. Il décroît de 100 à 180'. La distribution en concentration volume en fonction du temps est illustrée par la figure 4.5a.

e) Les échantillons conservés plus d'une semaine à  $4^\circ\text{C}$  et à  $20^\circ\text{C}$  et passé au Coulter ne montre aucune différence avec les échantillons mesurés à 6 minutes.

Ces résultats montrent que les échantillons peuvent être divisés en deux groupes:

1) un groupe caractérisé par de la smectite (Na - montmorillonite pure et l'échantillon VT11 contenant des phyllosilicates et surtout de la smectite) où le  $N/cm^3$  se déplace des petits diamètres vers les plus gros diamètres augmentant ainsi la concentration volume.

2) un groupe comprenant le quartz pur et l'échantillon B601 qui provient d'une carotte de montagne (M6806) contenant des minéraux en grain et 80% de calcite qui perd des particules et du volume. Cette perte en  $N/cm^3$  et en ppb peut signifier que les agrégats ne sont plus mesurables dans notre spectre (agrégats  $>36\mu m$ ) ou, ce qui est plus probable, qu'ils sont trop lourds pour être resuspendus.

L'aggrégation dépend donc en premier lieu de la minéralogie. Les essais sur les effets de la température portent sur un nombre trop restreint de mesures pour conclure définitivement. Il apparaît cependant que l'influence de la température sur l'aggrégation des particules est minime. Si l'aggrégation électrochimique est immédiate au contact de l'eau de mer et qu'un état stable est rapidement obtenu (6 minutes environ), cette série d'essais montre aussi que le Coulter accélère le mécanisme d'aggrégation, le favorisant au-delà de la stabilité naturelle des agrégats. La source de cette aggrégation artificielle se trouve dans le rayonnement infra-rouge direct du faisceau lumineux sur les particules (à contrôler par des tests ultérieurs).

Il est à noter que pour les échantillons quartz, B601 et VT11, la perte du comptage des agrégats en fonction du temps se manifeste optiquement par leur sédimentation au fond du bécher. Le contrôle de la balance des concentrations est directement biaisé par la perte des gros agrégats qui sédimentent au fond du bécher, par la porosité des agrégats, la largeur du spectre définie par les canaux, et l'agitation (sédimentation).

L'influence sur la concaténation dépend donc aussi de la minéralogie. Les échantillons dont la teneur en smectite est forte, montrent des rapports  $M1/M2$  (cf. chapitre 2) plus grands que 2, alors que pour des échantillons où la concentration de smectite et de phyllosilicate est faible, les rapport  $M1/M2$  varient entre 0.9 et 1.3. La concaténation, dans une distribution unimodale peut ainsi créer un second mode suivant la minéralogie (fig 4.5b).

Il faut souligner que les échantillons contiennent peu de matière organique (<1% de matière organique dans la roche totale) contrairement à l'eau de mer, ce qui ne donne qu'un aspect de l'aggrégation.

#### 4.3 Granulométrie des particules en suspensions

Il apparaît clairement à la lecture de la figure 4.7 et 4.8 que le nombre de particules et la concentration en particules diminuent depuis la surface jusqu'au CWM situé à environ 1000 - 1200m au-dessus du fond. Du CWM à la surface du sédiment, on observe une augmentation relativement nette des particules et de la concentration que l'on attribue à la remise en suspension de

particules provenant du sédiment, définissant ainsi une Benthic Nepheloid Layer (BNL) qui varie en fonction du temps (saisons), des événements et de la configuration du relief. La mission d'octobre 1985 se distingue des missions précédentes par l'apparition d'un accroissement considérable du nombre de particules et de la concentration entre 1500 et 3000m (fig 4.7), où le nombre de particules entre 1.5 et 8.5 $\mu$ m représente plus du 98% du nombre total de particules). Les différents profils, nombre de particules par cm<sup>3</sup> (=N/cm<sup>3</sup>) et concentration volume (=ppb) en fonction des fractions granulométriques ainsi que le diamètre moyen, soulignent les structures de la colonne d'eau où les différentes masses d'eau se caractérisent par des conditions de salinité et de température particulières (fig 4.6).

a) surface-400m, North Atlantic Central Water (NACW): le N/cm<sup>3</sup> et la concentration volume diminuent fortement de 0 à 200m. Les distributions granulométriques sont unimodales, avec un mode à 2.3 $\mu$ m. A partir de 200m, des distributions bimodales apparaissent progressivement avec la profondeur. Le second mode est à 15 $\mu$ m. Parallèlement, le diamètre moyen mesuré à 50% (médiane) sur la cumulative  $\int_0^D (1/V)V(D)$  s'accroît. Dans les premiers mètres, les effets de la production planctonique (les fractions plus grosses que 36 $\mu$ m ne passant pas par le trou de 70 $\mu$ m) sont masqués par un matériel détritique fin attribué à l'éolien. L'aggrégation, par processus biologique et électrochimique accélère la chute des particules et déplace le spectre vers les grosses particules aux environs de 400m. La diminution des petites particules et l'aggrégation contribuent à mettre en évidence le second mode en évidence à 15 $\mu$ m.

b) 600-2800m, Eau Méditerranéenne (MW) - Eau du Labrador (LW): les particules >8.5 $\mu$ m deviennent quasi inexistantes entre 1000 et 1400m. Cette faible concentration en grosses particules caractérise la MW et la sédimentation des particules. La diminution des grosses particules par rapport à la surface de l'océan résultent de la diminution de la matière vivante avec la profondeur. Le matériel biogénique vivant reste en surface et n'est plus détecté lorsqu'il sédimente à cause de la grande vitesse de chute des particules > 8.5 $\mu$ m. L'évolution depuis une couche de mélange (600m) entre la NACW et la MW jusqu'au contact MW - LW (1800m) passe par un minimum de concentration et de N/cm<sup>3</sup> à 1400m. Dans les couches supérieures de l'eau du Labrador définie par une salinité et une température plus basses, la distribution redevient bimodale bien que souvent contaminée par les variations de la position du maximum de concentration se déplaçant entre 1800 et 2400m. Ce maximum de concentration, observé surtout à l'ouest du site Noamp, est marqué par un accroissement des fines particules et caractérisé à nouveau par une distribution unimodale due à la dilutions des grosses particules par les particules plus fines. Ce soudain apport de fines particules ne peut provenir des masses d'eau environnantes; il est le fait d'un événement ponctuel spécifique à l'eau du Labrador. Cette composante latérale doit certainement influencer la sédimentation sur Noamp, puisqu'au cours de la mission 85, on voit sur les profils néphélogométriques le maximum de concentration s'abaisser de 1800 à 3000m.

c) le Clear Water Minimum (CWM): généralement situé entre 1000 et 1200m au-dessus du fond, il se caractérise par de faibles concentrations, inférieures en moyenne à 5 ppb. La distribution est bimodale et reflète l'évolution des suspensions lors de la sédimentation depuis 1000 mètres de profondeur. Il faut noter la grande ressemblance de la concentration volume et du N/cm<sup>3</sup> entre l'échantillon analysé à 1000m et ceux du CWM. Le plus grand nombre de particules >8.5µm au CWM est sans doute dû à la pollution du CWM par des particules transportées par l'eau du Labrador.

d) Benthic Nepheloid Layer (BNL): l'augmentation totale des particules entre 1.4 et 26µm de diamètre conjuguée à la diminution du diamètre moyen depuis le CWM vers le fond s'opposent à la tendance générale observée depuis la surface, qui implique une perte en particules et en concentration. Il faut donc admettre une autre source génératrice de fines particules (<5.5µm) pour expliquer ce brusque changement: la resuspension du sédiment. Bien que Nyffeler et Godet (1986) aient démontré que la resuspension était transportée des zones à érosion (colline) vers des régions plus calmes (plaine), il reste néanmoins une composante locale se manifestant dans les 50 premiers mètres au-dessus du fond par un maximum de concentration et par un accroissement du nombre de grosses particules. Le passage de la distribution bimodale au CWM à une distribution unimodale vers le fond renforce l'hypothèse d'une BNL provoquée par la resuspension du matériel fin <2µm (fig 4.9).

#### 4.4 Minéralogie des particules en suspension

L'absence de standards, des associations minéralogiques différentes et la présence de matière organique (mucus) en quantité diverse sur les filtres rend la comparaison des intensités brutes impossibles. C'est pourquoi il a été décidé de relativiser les intensités brutes entre elles pour comparer l'évolution des échantillons de la colonne d'eau, de l'eau surnageante (OW) et du sédiment (tableau 4.1). La forte quantité de matière organique sur les filtres (photo 3) a considérablement gêné la détermination des réflexes.

Tableau 4.1. Résultats de la diffraction - X. Intensités "relatives".

ECH	ST	ALT mab	PROF ST	KCH/P %	K/P %	CH/P %	TC/P %	QZ/P %	P/CC %	KCH/CC %	QZ/CC %
ST1	1	OW	4800	61.7	27.8	33.9		31.9	102.2	63.0	32.6
ST4	4	OW	4300	90.9	39.1	51.8		54.5	23.9	21.7	13.0
ST6	6	OW	4550	90.0	40.5	49.5		60.0	20.4	18.4	12.2
ST99	99	OW	4710	94.1	39.5	53.6		70.5	18.0	20.2	12.8
ST165	165	OW	4545	92.8	40.8	52.0		71.4	21.8	20.3	15.6
F350	35	20	3933	68.4	-	-	89.5				
F340	34	20	4648	66.6	-	-	86.7				
F300	30	20	4666	80.0	-	-	140.0				
F290	29	20	4666	73.7	-	-	105.3				
F220	22	20	4667	77.8	-	-	100.1				
F210	21	20	4654	104.5	-	-	113.6				
F430	43	10	4300	60.0	-	-	42.5	27.5			
F431	43	200		70.2	-	-	40.0	23.5			
F432	43	1000		80.0	-	-	10.6	5.3			
F433	43	2000		10.0	-	-	70.0	60.0			
F434	43	2900		90.4	-	-	91.0	16.3			
F435	43	3500		64.0	-	-	40.0	0.0			
F436	43	4250		23.5	-	-	25.0	0.0			
F750	75	10	3648	43.9				20.0	113.9	50.0	22.5
F751	75	60		80.0				50.0	50.2	45.6	25.0
F752	75	120		154.5				100.0	33.3	50.0	33.3
F753	75	300								22.0	35.0
F754	75	3600								120.0	80.0

P: pic à 10Å de la phengite

K: pic de la kaolinite à 3.57Å

CH: pic à 3.53Å de la chlorite

KCH: pic commun de la kaolinite et de la chlorite à 7.2Å

TC: pic du talc à 9.3Å

QZ: pic à 4.26Å du quartz

CC: pic à 3.86Å de la calcite

-: rapport chlorite/kaolinite non calculé

smectite: absente sur les filtres. Sa taille doit donc être inférieure à .45µm.

kaolinite-chlorite/phengite: les pics de la chlorite (14,7.2,3.53Å) et de la kaolinite (7.2,3.57Å) apparaissent bien que difficilement mesurables en raison de la faible intensité des réflexes et de l'important bruit de fond. Le rapport kaolinite/chlorite variant peu dans le sédiment et l'OW, il a été décidé d'analyser le rapport du pic à 7.2Å sur le pic à 10Å de la phengite. L'augmentation de ce rapport dans la BNL prouve que les chlorites et les kaolinites sont plus facilement remise en suspension que les phengites.

talc: le talc se reconnaît par ses réflexes à 9.3 et 3.10Å. La présence du talc dans les suspensions (rapport hétéroclite avec la profondeur) et son absence dans le sédiment peuvent s'interpréter de trois manières:

- 1) le talc, indicateur de pollution, est souvent proposé par la littérature (pollution provenant des côtes, du bateau, des laboratoires).
- 2) pollution récente importée des continents par les vents et n'ayant pas encore sédimenté.
- 3) sa faible densité favorise un long temps de séjour dans la colonne d'eau. Il existe aussi dans le sédiment mais serait dilué par les apports minéralogiques latéraux et verticaux.

quartz: en forte proportion dans l'OW. Il est ressuspendu seulement au voisinage du fond comme la calcite.

phengite/calcite: le pic à 3.86Å de la calcite (hkl 102, I=12%) a été choisi plutôt que le pic à 3.035Å (hkl 104, I=100%) trop important. Les résultats obtenus se révèlent être identiques à ceux du quartz.

Les phyllosilicates ont donc une plus forte probabilité de se trouver dans la BNL que la calcite ou le quartz. La resuspension est donc sélective.

#### 4.5 Géochimie des particules en suspensions

L'observation directe des filtres par MEB montre que les suspensions de la BNL sont composées principalement de coccolithes, de débris siliceux de diatomées et de phyllosilicates. Quelques quartz, feldspaths et dolomite apparaissent parfois sur les filtres.

Des graphes x/y ont été réalisés à partir des données du profil vertical de la station 6 DS (=profil vertical), des échantillons de surface des carottes 2, 4, 8, 15 du DS (= profil horizontal), de la station 1 (Gascogne), de l'OW des stations 2, 4, 6, 8, 15 du DS et d'un profil vertical dans la BNL de la station 13 (2, 4, 10, 75, 250, 500 mètres au - dessus du fond. A partir de ces graphes (fig 4.10), trois groupes d'éléments se distinguent:

- 1) Ca et Sr opposés à tous les autres éléments (corrélation négative avec Al). La corrélation Ca/Sr montre l'excès en Sr des particules en suspension (SP) par rapport au sédiment. La corrélation Ca/Al montre également l'excès de l'Al des SP par rapport au sédiment.

- 2) Al, Fe, Ti, K, La, Co, où la corrélation est positive dans le profil vertical de la station 6, dans le profil horizontal, dans l'OW et dans les SP. Si la corrélation Al/K est excellente (r=.95), elle est moins bonne pour le Al/Fe (r=.77). Le graphe Al/Fe montre l'excès de fer dans les SP. Même remarque pour le Co. Pour Ti, seul les échantillons situés à 4m au - dessus du fond n'appartiennent

pas à la régression Ti ou Al.

3) I, où la corrélation est négative avec Al dans le profil vertical de la carotte 6, dans le profil horizontal et dans l'OW, mais positive avec Al en fonction de la relation sédiment / particules en suspension. Le graphe Al/I montre la grande teneur en Iode des SP.

analyses ACP (fig 4.11): montre l'évolution du sédiment, s'enrichissant en Al, Fe, K, Sc, La, Mn avec la profondeur dans la carotte 6 au dépend du Ca et du Sr (= facteur 1). Les échantillons de l'OW ne se distinguent pas des échantillons du profil vertical. Pour les échantillons de surface, la différence de profondeur en fonction de l'opposition Al - Ca est surtout représentée par H-15 (station 15 DS, 4200m) et H-01 (station 1 Gascogne, 4800m). Les SP montrent des faibles teneurs en CaCO<sub>3</sub> par rapport au profil vertical et au profil horizontal. Le facteur 2 est défini par l'opposition Al, K, Sc, Mn, La - Fe, Co, (Ti), I selon les échantillons sédiments - SP.

L'ACP permet de déterminer que la mise en suspension est non seulement sélective selon l'opposition phase carbonatée - phase insoluble, mais aussi dans la phase insoluble, selon un pôle Fe (phyllosilicates) - Al (tous les silicates). L'ACP met aussi en évidence la richesse des SP en Iode, donc en matière organique.

analyses AFC (fig 4.12): souligne surtout selon l'opposition sur le facteur 1 Ca - I, Ti, Fe, où le pôle des carbonates au pôle phyllosilicates et matière organique. A 2 mètres au - dessus du fond, l'enrichissement en I et en Ti peut être le résultat d'une mauvaise fiabilité de la mesure.

Sur la figure 4.13, la concentration d'élément caractéristiques est reportée à la concentration du même élément de l'OW en fonction de l'altitude en mètres au-dessus du fond.

a) suspensions/OW: (fig 4.11) l'opposition phase carbonatée - phase insoluble est évidente. Le Ca et le Sr diminuent avec la profondeur alors que les éléments liés au résidu insoluble augmentent (Fe, Al, lanthanides). De 0 à 4 mètres, la tendance est inverse.

b) sédiments de surface/OW: (fig 4.12) le rapport est inférieur à 1 pour les carbonates et supérieur à 1 pour les éléments du résidu insoluble.

Le cas de l'Iode: les analyses factorielles en composantes principales sur le sédiment ont montré que l'Iode constitue un facteur indépendant lié dans une certaine mesure aux carbonates dans le sédiment et à l'Al dans les SP. De nombreux travaux ont démontré la relation de l'Iode avec la matière organique et la composante de cet élément dans les carbonates d'origine biogénique. La matière organique est plus importante proportionnellement dans la BNL que dans le sédiment, ce qui peut s'expliquer par la minéralisation rapide de la matière organique dans le sédiment (Van der Loeff et Lavalaye, 1986) et par la libération du Iode. La diminution du iode avec la profondeur dans la BNL est provoquée par la mise en suspension à partir du

sédiment des particules fines  $<2\mu\text{m}$  dépourvues de matière organique qui diluerait ainsi le Iode près du fond.

Figure 4.14: le pourcentage de Ca transformé en carbonate (on admet que tout le Ca appartient à la phase carbonatée après les comparaisons  $\text{CO}_2$ -calcite et Ca-calcite) est multiplié par la concentration en  $\mu\text{g/l}$  mesurée par le diffusionomètre. Le résidu insoluble (RI) est obtenu par différence. La valeur pour le RI et pour le Ca à 1000m au - dessus du fond (CWM) sont extrapolées en les sommant à  $10\mu\text{g/l}$ . Au CWM, la concentration en Ri serait de 3.5 g/l et celle des carbonates à 6.5 g/l. La resuspension locale de carbonates ne dépasse pas 4m à la station 13. La contribution des carbonates de 4 à 250m provient d'une remise en suspension transportée sous forme de courants advectifs de milieux agités vers des milieux plus calmes. La grande taille des carbonates pourraient expliquer que la BNL des carbonates serait moins épaisse que celle du résidu insoluble composé essentiellement de phyllosilicates.

#### 4.6 Conclusions

La probabilité d'échantillonner des grains de tailles identiques diffèrent au sein d'une même méthode (volumes d'eau filtrés différents). Les conclusions ne portent donc que sur certains aspects de la sédimentation. On peut avancer toutefois que les informations fiables et complètes concernent surtout la fraction  $.45\mu\text{m} - 30\mu\text{m}$ .

Si la production planctonique et les apports détritiques terrigènes par les vents et les courants définissent à l'échelle géologique l'accumulation et l'association minéralogique du sédiment, l'aggrégation est sans aucun doute le moteur déterminant de la sédimentation.

La sédimentation peut se résumer au schéma suivant. Dans les couches supérieures de l'océan (zone de production du pancton carbonaté et siliceux), le matériel détritique terrigène transporté par les courants éoliens se mélange à l'eau de mer. A son contact, les particules s'aggrègent sous l'effet de forces électrochimiques et par l'action des organismes (pelotes fécales par exemple) et du mucus en suspension. Une partie du plancton et les agrégats sédimentent et se mêlent au matériel transportés latéralement par les différentes masses d'eau. La diminution de la concentration jusqu'au CWM s'explique par la probabilité plus faible de recueillir et de mesurer des grosses particules.

A la suite de la minéralisation de la matière organique dans le sédiment par les bactéries, les particules sont désagrégées et susceptibles d'être facilement mises en suspensions sous l'action des courants (des courants de  $10\text{cm/s}$  perpendiculaires au relief ont été mesurés dans les 10 premiers mètres au-dessus du fond par le DHI (Becker et al., 1986) créant une BNL composée surtout de phyllosilicates, la mise en suspension étant sélective. L'augmentation de la concentration dans la BNL définit ainsi également la notion de CWM. L'altitude du CWM correspond au recouvrement minimum des fonctions engendrées par la mise suspension des particules à partir du sédiment et par la sédimentation issue de la surface.

## CHAPITRE 5

## Discussion: Cycle glaciaire / interglaciaire

## 5.1 Introduction

Des variations cycliques de la teneur en calcite (Gardner, in Sliter 1975) et en aragonite (Droxler, 1984) sont synchrones des rythmes climatiques et sont corrélées aux transitions glaciaire / interglaciaire. Si ces cycles sont bien déterminés pour les carbonates et la fraction terrigène  $>63\mu\text{m}$  (cendres et quartz surtout) dans les maxima des périodes froides et des périodes plus chaudes, les cycles des fractions terrigènes  $<63\mu\text{m}$  sont moins documentés.

Au chapitre précédent, des variations opposées phase carbonatée / phase insoluble ainsi que des cycles minéralogiques des fractions  $<2\mu\text{m}$  et  $2-16\mu\text{m}$  ont été déterminés. Cette discussion a pour but d'interpréter les variations des différentes phases et cycles et de définir leurs origines.

## 5.2 Variation de la teneur en carbonate

Dans l'Atlantique Nord, les variations de la teneur totale en carbonate sont interprétées différemment selon les auteurs:

- A) la dissolution, par remontée de la lysocline, serait le facteur principal de la diminution des carbonates (Gardner, 1975, Balsam, 1983).
- B) la production carbonatée fluctue avec les variations climatiques (Océan Pacifique, Arrhenius, 1952).
- C) dilution de la phase carbonatée par des apports détritiques non - carbonatés (Volat et al. 1982).

Les résultats minéralogiques et granulométriques (cf. chapitre 3) indiquent des variations de la phase carbonatée et des variations minéralogiques du Ri. Il s'agit donc de déterminer dans quelle mesure les facteurs dissolution, variation de la production carbonatée, dilution interviennent dans la sédimentation.

## 5.3 Position actuelle de la lysocline

Avant de déterminer les variations de la lysocline depuis 13000 ans, (profondeur à laquelle la dissolution augmente rapidement, les eaux étant sous - saturées en ion carbonate) il faut d'abord situer la position actuelle de la lysocline. La teneur totale du Ri (préférée à celle des carbonates moins fiable) de la surface de chaque carotte (premier centimètre) est reporté en fonction de la bathymétrie (fig. 5.1). Cette figure montre que la teneur totale en Ri d'une station de plaine diffère de celle d'une station de talus quelle que soit la bathymétrie. La teneur en Ri (ou en carbonate) en fonction de la bathymétrie n'est donc pas une indication de la dissolution, surtout dans les zones proches de la

lysocline (4700 - 4800m). Dans les carottes de plaine Noamp et DS, les teneurs en carbonate du premier centimètre de sédiment sont:

- station Noamp 165 (4545m): 79.1%.
- station Noamp 31 (4470m): 76.2%.
- station DS 6 (4550m): 81.6%.
- station DS 99 (4710m): 79.5%.

Pour les carottes de montagne ou talus, la teneur en carbonate de la carotte Noamp 197 (4100m) est de 81.2% et celle de la DS 2 (4200m) de 82%. Les variations en carbonate sont donc plus grandes entre les stations de plaine et celles de montagne qu'entre des bathymétries faibles ou élevées des différentes régions Noamp et DS.

Si la faible teneur en carbonate de la station 31 (76.2% de carbonate) à 4470m s'explique par sa position dans un chenal turbiditique où l'apport en matériel détritique terrigène est important, l'écart moyen de 1 - 2% qui sépare (toujours) une station de plaine à une station de montagne ne peut s'expliquer par la position de la lysocline.

Par contre, l'importance de l'écart des teneurs en carbonate entre les stations 1 de la plaine de Gascogne (65%, 4800m) et 383 de la plaine abyssale ibérique (45.8%, 5250m) et la moyenne des stations Noamp et DS (79.8%) ne peut s'expliquer ni par la variation de la production carbonatée ni par la dilution, mais par dissolution. On conclut que la lysocline doit se trouver entre 4700m et 4800m.

#### 5.4 Variations théoriques de la lysocline

Comme hypothèse de travail, il est supposé que les variations de la teneur en carbonate sont uniquement dues à la dissolution, donc déterminées par la variation de la lysocline durant l'Holocène. Broecker et Peng (1982) ont proposé une équation basée sur la teneur en carbonate des échantillons de la surface du sédiment pour déterminer la profondeur de la lysocline. Le principe est simple; si la teneur en calcite des échantillons de surface résulte d'une sédimentation stable (les conditions dans les océans profonds étant constantes à l'échelle du millénaire), alors le taux de mise en solution de la calcite  $S$  est la différence entre le taux de sédimentation  $R$  et le taux d'accumulation  $A$ , donc:

$$S = R - A$$

A partir de ce taux de mise en solution de la calcite, Broecker et Peng (1982) ont déterminé une équation permettant de calculer l'épaisseur d'eau sous-saturée en  $\text{CaCO}_3$  ( $dh$ ):

$$dh = R \cdot (1/f)^{\frac{1}{2}} \cdot [1 - f(1-f_1) / f_1(1-f)] \cdot 250m$$

où:  $R$  = taux d'accumulation des carbonates en  $\text{g/cm}^2 \cdot 1000$  ans  
 $f_1$  = %  $\text{CaCO}_3$  dans le sédiment au-dessus de la lysocline  
 $f$  = %  $\text{CaCO}_3$  dans le sédiment sous la lysocline

La même équation a été appliquée aux teneurs en carbonate des

profils verticaux des carottes. On a admis que la production carbonatée restait constante en fonction de l'âge, ce qui s'appliquait aux carottes du DS où les taux d'accumulation sont à peu près constants entre les stations. Ainsi, la position des carottes par rapport à la lysocline a été calculée en fonction de la teneur en carbonate. Dès lors,  $f_1$  et  $f$  deviennent dans l'équation de Broecker et Peng (1984):

$$f_1 = \% \text{ CaCO}_3 \text{ dans la zone homogène des stations DS}$$

$$f = \% \text{ CaCO}_3 \text{ dans les différents niveaux sous la zone homogène}$$

station 1: la teneur en carbonate de la surface du sédiment indique que la station 1 se trouve actuellement à 650m sous la lysocline. Depuis 10300 ans (26.5cm), la lysocline se serait abaissée de 1280m.

stations DS: les sections les plus vieilles des échantillons du DS ont été datées à environ 7500 ans (19 - 22 cm); depuis 7500 ans la lysocline se serait abaissée de 300m aussi bien pour les stations de montagne (4300m) que pour les stations de plaine (4700m). Comme les taux d'accumulation sont semblables sur le DS en fonction du temps et de la position des carottes, les sections (identiques) sont directement comparables. La figure 5.3 montre la variation de la teneur en  $R_i$  aux stations DS 4,6,8,13 et la station 1 (Gascogne) selon les niveaux d'échantillonnage en fonction de la bathymétrie. On remarque que la teneur en  $R_i$  pour des sections identiques ne varie pas avec la bathymétrie depuis 7500 ans (= section 19 - 22 cm). Comme la dissolution obéit à une loi hyperbolique, il n'est pas possible d'interpréter le déficit des carbonates des sections situées sous la zone homogène comme le résultat de la dissolution. Il faut donc admettre que d'autres facteurs interviennent dans le processus de sédimentation.

L'application de la formule de Broecker et Peng sur des profils verticaux à partir uniquement des pourcentages de carbonate pour déterminer les variations de la lysocline, n'est possible que si l'on connaît la dilution par les apports de matériel terrigène et l'évolution de la production carbonatée biogénique.

## 5.5 Les flux

### 5.5.1 Taux d'accumulation des carbonates (=TAC)

On peut estimer les variations de la production carbonatée du sédiment depuis 12000 ans par les flux carbonatés (TAC) qui ont été calculé ainsi:

$$TAC = \omega \cdot \rho \cdot \phi \cdot \text{CaCO}_3$$

où  $\omega$  = taux d'accumulation en cm/1000 ans déterminés selon les  $^{14}\text{C}$  âges.

$\rho$  = masse volumique moyenne du sédiment de 2.65 g/cm<sup>3</sup>.

$\phi$  = porosité moyenne de 70% déterminée par le Dr. H. Heinrich du DHI (communication orale).

$\text{CaCO}_3$  = teneur en carbonate de chaque section en %.

Les graphes des figures 5.4 à 5.5 montrent une augmentation des flux carbonatés entre 11000 ans et la zone homogène. Pour la carotte 99, la carotte 59 et la carotte 197, deux épisodes sont distincts. Des forts flux en carbonate caractérisent la période qui s'étend entre 11000 et 8400 ans, avec des maxima à 8400 ans pour la station 99, et à 9200 ans à la station 59. La station 197 montre des variations de flux plus chaotiques. Des maxima sont observés entre 11860 et 10700 ans et entre 6700 et 5900 ans. Dans la carotte 1, l'accroissement du flux carbonaté est constant depuis 10300 ans.

A la surface du sédiment, les carottes de plaine Noamp (31) et de Gascogne (1) ont des TAC respectivement plus importants de 0.9 et 0.4 g/cm<sup>2</sup>.1000 ans par rapport à une valeur moyenne des autres stations (1.7 g/cm<sup>2</sup>.1000 ans). Aucun galet ou gravier carbonaté n'apparaît en lame mince. L'apport de coccolithes resuspendus à partir des plus hautes régions voisines en serait la cause.

### 5.5.2 Production carbonatée biogénique (=PCB)

Ces maxima du TAC observés à la limite Pléistocène / Holocène et dans le premier tiers de l'Holocène ne signifient pas pour autant que la production carbonatée biogénique ait été plus abondante pendant ces périodes.

Le PCB a été estimé à partir du taux de foraminifères. Pour déterminer l'évolution du PCB, des estimations par chartes du pourcentage (en % surface) des foraminifères ont été faites sur des lames minces. Malheureusement, en raison de la faible perméabilité des échantillons de plaine, l'induration du sédiment et la réalisation de lames minces n'ont été possibles que sur les stations de talus 59 et 197. Le profil vertical (fig 5.6) du pourcentage de foraminifères montrent que les minima de foraminifères correspondent à l'horizon I chargé en galets et graviers daté à 10700 ans (Dryas III) et les maxima à la période qui couvre l'Holocène terminal depuis 4000 ans.

La fig 5.7 montre, pour les carottes 197 et 59, le pourcentage de foraminifères comparés aux flux totaux des carbonates. Pour calculer le PCB, il a été admis que tout le TAC entre les âges moyens de la zone homogène (2000 - 3000 ans) et 4000 ans était d'origine biogénique et que l'absence de foraminifères (0%) correspondait à une production carbonatée biogénique égale à 0g/cm<sup>2</sup>.1000 ans. On voit que la relation pourcentage de foraminifères / TAC est linéaire. Le flux détritique insoluble diminuant pendant l'Holocène (cf. plus loin) et l'absence de matériel carbonaté détritique dans les lames minces des échantillons plus jeunes que 4000 ans, semblent confirmer cette hypothèse.

Sur la figure 5.7, les points situés au - dessus de la droite PCB indique la part du matériel détritique carbonaté.

Sur la figure 5.8, le flux carbonaté dû uniquement à la production biogénique a été recalculé à la station de talus Noamp 59 d'après la droite PCB. Le flux biogénique carbonaté décroît de 12000 ans à 10700 ans (Dryas III) où il atteint un minimum (<5% du flux total). Depuis 10000 - 11000 ans, le flux biogénique augmente jusqu'à 4000 ans et reste constant jusqu'à l'actuel. Les variations de la production carbonatée biogénique sont très sensibles aux variations climatiques.

### 5.5.3 Flux carbonaté détritique

Dans les carottes de talus Noamp 59 et 197, des galets carbonatés sont visibles dans les lames minces des sections correspondant au Pléistocène terminal (35cm, 27.5cm) jusqu'à 8027 ans pour la carotte 59 (17.5cm) et jusqu'à 8900 ans pour la carotte 197 (17.5cm). De 8000 ans à l'actuel, aucun galet ou gravier carbonaté n'a été détecté.

Un flux carbonaté détritique a été calculé en soustrayant le PCB du TAC à station 59. D'après la figure 5.9, les flux détritiques carbonatés les plus forts correspondent à Dryas III (10700 ans). Ils diminuent ensuite jusqu'à 4000 ans où ils deviennent nuls.

A Dryas III, la phase carbonatée détritique est celle qui détermine la teneur du sédiment en carbonate. A la station 59, le flux détritique carbonaté est de  $2.3\text{g/cm}^2 \cdot 1000$  ans, c'est - à - dire qu'il représente le 40% du flux sédimentaire total.

Comme il n'est pas possible d'expliquer les forts flux carbonatés en période froide par un accroissement des coccolithes (ceux - ci disparaissant avant les foraminifères en période froide), les seules sources carbonatées supplémentaires sont d'origines détritiques. Le matériel transporté par les glaces pour les stations de talus, par des courants de gravité et par la resuspension des coccolithes pour les stations de plaine contribuent à l'augmentation des carbonates dans le sédiment pendant les climats froids.

### 5.6 Dilution des carbonates par le matériel détritique terrigène

Les flux du Ri (TARI) ont été calculés de la même manière que les flux carbonatés à partir d'une masse volumique moyenne de  $2.65\text{g/cm}^3$  (fig 5.10). Les flux Ri diminuent généralement lors de la déglaciation qui commence à 13000 ans avec un maximum correspondant à Dryas III. Après Dryas III, les flux Ri diminuent fortement jusqu'à 7500 ans, puis faiblement et linéairement jusqu'à l'actuel. La dilution de la teneur en carbonate est très nettement visible sur la figure 5.11 où le TAC est représenté en fonction du TARI. Si le TAC et le TARI covariaient également, il n'y a pas de dilution ni du TAC ni du TARI, les pourcentages obtenus pour la phase carbonatée (25%, 50%, 75%) sont figurés par des pointillés. La dilution majeure du TAC par le TARI a lieu entre 12000 et 7500 ans.

Les échantillons de surface des carottes de plaine Noamp 31 et de la carotte 1 ont des TARI 2X supérieurs à la moyenne des TARI calculée sur les autres carottes. Ce fort TARI est dû à l'afflux de particules mises en suspensions en d'autres régions.

### 5.7 Dissolution des carbonates

En raison de la dilution des carbonates par le matériel détritique terrigène et de la variation de la production carbonatée selon les facteurs climatiques, le taux de dissolution ne peut être calculé à partir des teneurs en carbonates. L'estimation d'un taux de dissolution raisonnable n'a été possible qu'à partir des études de foraminifères au microscope électronique à balayage.

L'indice de dissolution a été défini par le rapport du nombre

de tests brisés sur le nombre total de tests. L'étude de la surface des tests et des pores de foraminifères par comparaison avec les abaques de dissolution de Sliter, Bé et Berger (1975), a été préférée à l'indice de dissolution. Chaque échantillon de sédiment contient des tests brisés. Des tests brisés ont été également trouvés sur des filtres réalisés sur des échantillons d'eau provenant de la BNL. Dès lors, les tests brisés étant hautement susceptibles d'être remis en suspension, leur nombre, dans un échantillon, a une double signification: dissolution et/ou resuspension. C'est surtout le cas où, dans un échantillon, des tests entiers ne montrant aucune trace de dissolution côtoient des tests brisés de foraminifères appartenant à la même espèce.

Dans la carotte 383 de la plaine abyssale ibérique (5250m), l'examen de la fraction  $>36\mu\text{m}$  de l'échantillon de surface au MEB montre qu'il ne reste que des tests de foraminifères brisés. D'après la photo 2 de cette fraction, on estime le taux de dissolution à 40 - 50%. La moyenne du TAC des régions Noamp et DS dans la zone homogène est de  $1.7 \text{ g/cm}^2 \cdot 1000 \text{ ans}$ . Le flux carbonaté dans la zone homogène de la station 383 est de  $0.84 \text{ g/cm}^2 \cdot 1000 \text{ ans}$ , correspondant ainsi au 50% des flux des autres stations. Il ne fait aucun doute que les tests brisés sont le résultat de la dissolution "in situ".

L'échantillon de la carotte 383 daté à 19380 ans, qui serait l'équivalent du "Last glacial maximum", ne contient quasiment plus de tests de foraminifères. Si les coccolithes sont encore présents, mais en petite nombre seulement, ils montrent des traces de dissolution. La lysocline aurait été beaucoup moins profonde qu'elle ne l'est actuellement.

En surface, la carotte 1 (4800m), le TAC actuel est  $1.79 \text{ g/cm}^2 \cdot 1000 \text{ ans}$ , c'est - à - dire qu'il est à peu près équivalent au flux moyen. Au MEB, les *Orbitulina Universa* (espèce parmi les moins résistantes à la dissolution) montrent des traces de dissolution d'environ 15% à la surface du sédiment. Sans dissolution, le flux carbonaté total serait théoriquement de  $2.11 \text{ g/cm}^2 \cdot 1000 \text{ ans}$ . En admettant une sédimentation constante des carbonates entre 50 et 40°N, le flux carbonaté détritique actuel est de  $0.41 \text{ g/cm}^2 \cdot 1000 \text{ ans}$  pour cette station et composé essentiellement de coccolithes (aucune trace de gravier carbonaté). En injectant ces nouvelles valeurs dans la formule de Broecker et Peng (1982), la station 1, actuellement, se situerait à 130m sous la lysocline.

Dans la carotte 1, Rutgers van der Loeff (1986) n'a pas remarqué de traces de dissolution supplémentaires sur des *Orbitulina Universa* de niveaux plus vieux (5400 ans = 15cm).

Sur les carottes 6 (4550m) et 8 (4700m) du DS, Pawlowski (1986) démontre que la dissolution est inexistante depuis 8000 ans (=20cm).

La dissolution actuelle est effective à des profondeurs supérieures à 4700 mètres et ceci jusqu'à 8000 ans. Pour les sédiments plus anciens que 8000 ans, il est difficile de calculer l'amplitude de la variation de la lysocline en raison du petit nombre d'échantillons à disposition. L'amplitude de la variation de la lysocline reste donc à prouver sur Noamp et le DS. A titre

indicatif, la position de la lysocline à 10300 ans a été calculé à partir des données de la station 1. En recalculant le TAC à 5400 ans (15cm), en admettant un taux de dissolution de 20%, et en considérant que toute diminution de la teneur en calcite était dû à la dissolution, la lysocline serait remontée de moins de 350 mètres il y a 10300 ans.

### 5.8 Le cycle carbonaté dans les régions Noamp et le DS

Le flux carbonaté biogénique, le flux carbonaté détritique et le flux détritique insoluble dépendent directement des variations climatiques. Pendant la déglaciation de la fin du Pléistocène, la production carbonatée biogénique est relativement forte. En période froide (Dryas III, 10700 ans) elle diminue et devient même nulle. Cela suppose la proximité des glaces. Elle augmente pendant l'Holocène pour atteindre un maximum à l'époque présente. En revanche, les flux détritiques carbonatés et insolubles suivent une tendance inverse pour devenir nuls dans les 4 derniers millénaires. L'apport de matériel grossier pendant Dryas III confirme les travaux de Ruddiman et MacIntyre (1981) qui fixent pour cette époque le point de fusion des icebergs à la latitude de 45°N.

Les variations de la teneur totale en carbonate sont le résultat de la combinaison des variations de la production carbonatée biogénique, de la variation des carbonates détritiques et de la variation de la dilution par les apports détritiques insolubles. Si actuellement, la dissolution est effective et déterminante à des profondeurs plus grandes que 4700 mètres, elle a été une composante mineure de la variation des teneurs en carbonate du sédiment pendant Dryas III à des profondeurs supérieures à 4400 mètres.

Les effets de la resuspension locale augmentent artificiellement la teneur en carbonate des carottes de montagne par vannage des fractions fines non carbonatées. Le phénomène opposé est observé dans les régions de plaine où ces suspensoids s'accumulent. Actuellement, l'apport de matériel fin resuspendu à partir des reliefs comme les carbonates (essentiellement des coccolithes) et les phyllosilicates peut atteindre des flux de 1.8 g/cm<sup>2</sup>.1000 ans (carotte 31 Noamp) c'est - à - dire l'équivalent du taux d'accumulation d'une station caractéristique du DS.

### 5.9 Les cycles minéralogiques du résidu insoluble

Dans les carottes de montagne Noamp, les minéraux en grain de la roche totale (quartz - feldspath - albite) corrélerent avec les minéraux en grain de la fraction 2-16µm. L'évolution minéralogique de la carotte 197 (4100m, fig 3.3 a et 3.3b) sur la roche totale montre l'augmentation depuis 12000 ans (27.5cm) du quartz, des plagioclases et de la dolomite jusqu'au maximum glaciaire Dryas III (22cm, 10700 ans). De 22cm à 14.5cm (6400 ans), la concentration de ces minéraux diminue fortement et faiblement de 14.5cm à la surface du sédiment. Ces variations correspondent à la fois aux variations des flux détritiques insolubles et carbonatés liés au "ice rifting", donc à une origine nordique. Pour expliquer la présence de quartz, albite, feldspath pendant la période Holocène, il faut admettre un transport par une eau de fond, probablement les eaux profondes norvégienne

(Grousset, Parra, 1981). La présence d'oligoclase dans les carottes de plaine Noamp surtout confirmerait cette hypothèse.

Les teneurs en phyllosilicates de la roche totale pour la carotte 197 sont minimales à 22cm (10700 ans) et maximales à 14.5cm (6400 ans). Ces variations sont donc inverses à celles observées pour les minéraux en grain  $>2\mu\text{m}$ . Un autre type de transport que le "ice rifting" ou que les courant d'eau profonde norvégienne doit être supposé.

L'association quartz - feldspath - albite - phengite - chlorite - kaolinite - smectite liée à la l'excellente cristallinité des phengites ne peut provenir que d'une érosion très énergique de roches cristallines, cristalloyphyllicennes ou métamorphiques de régions froides périglaciaires. De telles associations ont été reconnues par Pochon (1978) dans les sols du Jura Central et en Valais par Spaltenstein (1984) et déterminées comme étant d'origine éolienne. En Europe, les dépôts de Loess qui ceignent les anciennes calottes glaciaires, s'étendent jusqu'à 43°N. A 5000 ans, ces épandage ont cessé en Valais selon Spaltenstein (1984). Par le réchauffement climatique, les vastes étendues dépourvues de végétation qui bordait les calottes sont à présent couvertes d'une couche végétale retenant les poussières. Dans l'Atlantique Nord le maximum de phyllosilicate est enregistré il y a 6400 ans.

En période froide, la cristallinité des phengites est de 0.3 degré (2 théta Cu Ka) indiquant une érosion de roche continentale de zone tempérée. En période chaude, la cristallinité est meilleure (.25 degré 2 théta) pour devenir excellente aujourd'hui (.2 degré 2 théta) indiquant une source de plus en plus nordique. La cristallinité des phengites suit donc l'avancée ou le retrait des glaces.

La smectite corrèle généralement mal avec les phyllosilicates. Les intensités brutes augmentent cependant depuis le niveau de cendre fixé à 9800 ans. La smectite, d'origine islandaise selon Grousset et Latouche (1983) serait transportée par des courants de fond après la libération des glaces d'une partie de l'Islande.

#### 5.10 Calcul du flux du résidu insoluble au "clear water minimum"

Dans ce paragraphe, seul le résidu insoluble est considéré. La comparaison du flux au clear water minimum (Fricwm) et du taux d'accumulation en  $\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 1000 \text{ ans}$  (TARI) permet de déterminer différentes sources d'apport. Le calcul du Fricwm du résidu insoluble a été effectué selon l'équation:

$$\text{Flux} = \text{Concentration} \cdot \text{Vitesse de chute des particules}$$

Comme les particules sont dans un fluide et que la chute des particules est considérée verticale, on peut appliquer la loi de Stokes pour calculer leur vitesse de chute. L'équation devient

$$\text{Flux} = \text{Concentration} \cdot \frac{2}{9} \cdot (\rho - \rho') \cdot g \cdot r^2 / \eta$$

où  $\rho$  = masse volumique des particules soit  $1.65\text{g}/\text{cm}^3$

$\rho'$  = masse volumique du fluide soit  $1.03/\text{cm}^3$

$g$  = gravité soit  $981 \text{ cm}/\text{s}^2$

$r$  = rayon des particules

$\eta$  = viscosité soit 0.015

La concentration du résidu insoluble (cf, chapitre 4) au clear water minimum (CWM) est de  $3.5 \mu\text{g}/\text{l}$  et la distribution est bimodale avec un mode à  $3.3\mu\text{m}$  et un mode à  $15\mu\text{m}$ . Brun - Cottant (1976) a déterminé que les particules  $<5\mu\text{m}$  ne peuvent sédimenter selon la loi de Stokes, leur vitesse de chute étant du même ordre de grandeur que leur dispersion par diffusion turbulente. Ce qui signifie que les particules n'ont pas la possibilité de s'échapper verticalement d'une masse d'eau ayant  $1\text{km}$  d'épaisseur. Dès lors, on a supposé que les particules dont le mode est à  $3.3\mu\text{m}$  ne sédimenteront pas et on a recalculé la concentration du résidu insoluble au CWM en admettant que la concentration du Ri était égale dans les deux modes, soit:

$$\text{concentration} = 1.75 \mu\text{g}/\text{l} \text{ ou } 1.75 \cdot 10^{-9} \text{ g}/\text{cm}^3.$$

$$r = 7.5 \cdot 10^{-4} \text{ cm}.$$

ce qui donne  $\text{Fricwm} = 0.29\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 1000 \text{ ans}$ .

Ce flux est comparable aux TARI ( $0.26\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 1000 \text{ ans}$ ) de la station de plaine DS 99 à  $4710\text{m}$ , et des stations de montagne / talus 197 ( $0.26\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 1000 \text{ ans}$ ,  $4100\text{m}$ ) et 59 ( $0.24\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 1000 \text{ ans}$ ,  $4450\text{m}$ ) de la région Noamp. Les TARI des stations de plaine 1 ( $0.59\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 1000 \text{ ans}$ ,  $4800\text{m}$ ) et Noamp 31 ( $0.56\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 1000 \text{ ans}$ ,  $4500\text{m}$ ) sont deux fois plus importants que le flux calculé au CWM. Si la différence entre le TARI des stations de plaine et le Fricwm, soit environ  $0.25\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 1000 \text{ ans}$ , n'était due qu'à la resuspension dans la région Noamp, il faudrait que le Fricwm soit beaucoup plus fort que le TARI des stations de montagne. L'apport de matériel par courant de fond subsiste mais diminue "drastiquement" depuis le dernier événement glaciaire Dryas III.

Les conclusions sur les origines du Ri sont:

- 1) En période froide, les apports de quartz, feldspath, albite se font par "ice rifting" et courants de fond provenant de Norvège.
- 2) En période plus chaude comme l'Holocène, les courants de fond s'affaiblissent et les apports éoliens dominent; le flux calculé au CWM est actuellement suffisant pour expliquer la sédimentation sur le DS, les stations de talus et de montagnes Noamp et une partie de la remobilisation des particules ainsi que de leur transfert vers les zones de vallées.
- 3) L'origine sud des phyllosilicates en période froide se translate vers le Nord lors du retrait des glaces.
- 4) Pour la smectite, l'origine serait islandaise et le transport se ferait par des courants de fond confirmant ainsi les conclusions de Grousset et Latouche (1983).

## CHAPITRE 6

### Conclusions générales

#### 6.1 Méthodes

Les techniques appliquées aux particules en suspensions et aux sédiments ont montré des résultats d'inégales valeurs.

A) Pour la détermination de l'évolution minéralogique des fractions <2 et 2-16 $\mu$ m dans le sédiment, les intensités brutes obtenues par la diffraction - X se révèlent être plus riches en informations que les intensités relatives. Pour les suspensions, le problème de la matière organique liée aux particules doit être résolu. La minéralogie reste un outil de base précieux, support indispensable à toute analyse.

B) La spéciation des carbonates comme analyse de routine du sédiment apparaît aussi intéressante que les méthodes plus sophistiquées comme l'activation neutron. Par contre, pour les particules en suspensions, l'activation neutron a été efficace.

C) Le Coulter, comme instrument de mesure granulométrique, doit encore être amélioré. L'étude de l'aggrégation des particules en suspensions doit être poursuivie dans le milieu marin.

#### 6.2 Résultats

Dans les sédiments de l'Atlantique NE, les résultats ont montré que les variations minéralogiques, géochimiques, et granulométriques étaient dues aux variations climatiques et à la topographie sous-marine.

##### A) Variations climatiques

Les variations climatiques, de 13000 ans à l'actuel, ont été déterminées sur les carottes de talus Noamp 59 et 197. Depuis 13000 ans, elles se traduisent dans le sédiment brut par:

- une augmentation de la production carbonatée et siliceuse biogéniques, avec un minimum à Dryas III, daté à 10700 ans.
- une augmentation du matériel détritique carbonaté et insoluble entre 11000 et 9000 ans.
- une diminution des minéraux en grain (quartz, albite, feldspath, dolomite), avec un maximum à 10700 ans (Dryas III).
- une augmentation des phyllosilicates jusqu'à 6700 ans avec un minimum de concentration à Dryas III.
- de 6700 ans à l'actuel, les teneurs en quartz, albite, feldspath, dolomite et phyllosilicate diminuent peu.
- des forts taux d'accumulation entre 13000 et 9000 ans; les plus faibles taux d'accumulation ont été enregistrés entre 9000 et 3 - 4000 ans.

Dans la fraction  $<2\mu\text{m}$ , les intensités brutes du résidu insoluble montrent:

- un groupe de minéraux formé de phengite ou illite, chlorite, kaolinite, avec de bons coefficients de corrélation; les intensités les plus fortes sont observées à 10700 ans et à 6400 ans.
- que la cristallinité des micas est mauvaise à 10700 ans ( $>0.3$  degré 2théta) mais bonne à l'actuel (0.18 - 0.22 degré 2 théta).
- que la smectite apparaît au niveau de cendre volcanique daté à 9800 ans par Ruddimann et McIntyre (1981). Elle corrèle généralement mal avec la phengite, la chlorite et la kaolinite, mais le maximum des intensités brutes se retrouve également à 6400 ans.
- que le quartz, dont les intensités les plus fortes correspondent à 10700 ans, corrèle plus ou moins bien avec les micas.

Dans la fraction  $2-16\mu\text{m}$ , les intensités brutes du résidu insoluble montrent:

- une augmentation des phyllosilicates jusque dans la zone homogène
- un maximum des intensités des minéraux en grain quartz, albite, feldspath à 10700 ans.
- une corrélation positive minéraux en grain / phyllosilicates au Pléistocène terminal.
- une corrélation négative minéraux en grain / phyllosilicates pendant l'Holocène.
- une bonne corrélation cristallinité / intensités brutes des micas.

## B) Bathymétrie

L'influence de la bathymétrie sur la composition du sédiment est surtout visible sur Noamp. Elle n'est pas déterminable sur le DS. La comparaison des carottes de plaine Noamp et des carottes de montagne et de talus Noamp montre:

- des taux d'accumulation 1.5 à 2 fois plus forts dans les vallées.
- une teneur du sédiment en smectite plus élevée dans les vallées.
- la dilution des carbonates par le matériel détritique insoluble fin mis en suspension le long des talus et au-dessus des montagnes et transporté latéralement dans les vallées.
- une corrélation des intensités brutes des phyllosilicates avec celles des minéraux en grain dans les carottes de vallée.
- que certains minéraux comme la clinoptilolite et la hornblende sont relativement enrichis dans les carottes de montagne et de talus par soustraction des phyllosilicates.
- que l'oligoclase pourrait indiquer un apport advectif par le "Maury channel" dans les vallées.

S'il existe des cycles carbonatés dépendant directement des variations climatiques, ces cycles ne concernent pratiquement que la production biogénique carbonatée qui est faible en période froide et importante en période plus chaude. La dissolution des carbonates suite à la remontée de la lysocline est négligeable pour les stations plus hautes que 4400m.

La dilution par le matériel insoluble est un facteur déterminant pour la teneur en carbonate du sédiment. L'évolution du résidu insoluble depuis 13000 ans est également liée aux variations climatiques. En période froide (Dryas III, 10700 ans) les apports de quartz, feldspath, albite se font par un courant de fond provenant de Norvège alors que les graviers sont transportés par glaces. En période plus chaude comme l'Holocène, les courants de fond s'affaiblissent et les apports éoliens dominent. Le maximum des apports éoliens se situe entre 6700 et 6400 ans. Ces apports sont actuellement suffisamment importants pour déterminer la sédimentation détritique sur le DS et les stations de montagnes et de talus Noamp. En raison du retrait des glaces vers le Nord, l'origine des particules est de plus en plus nordique. La source islandaise de la smectite est plus proximale.

Si la sédimentation actuelle est le résultat de l'aggrégation des particules d'origine éolienne, la resuspension est possible grâce à la destruction des agrégats suite à la minéralisation de la matière organique. La resuspension est sélective. L'épaisseur et la concentration de la "BNL du Ri" sont plus grandes que celles de la "BNL des carbonates".

## Bibliographie

- Arrhenius, G., 1952: Sediment cores from the East Pacific. Rep. Swed., Deep-Sea Exped., vol. 5, 227p..
- Baker, P., A., Gieskes, J., M., Elderfield, 1981: Diagenesis of carbonates in deep sea sediments - evidence from Sr/Ca ratios and interstitial dissolved Sr data. J. of Sed. Petrol., 52, 71-82.
- Balsam, W., 1981: Late quaternary sedimentation in the western north Atlantic: stratigraphy and paleoceanography. Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoeco., 35, 215-240.
- Balsam, L., W., 1983: Carbonate dissolution on the Muir Seamount (Western North Atlantic): interglacial / glacial changes. J. of Sedim. Petrol., vol. 53, no 3, p.719-731.
- Balzer, W., 1982: On the distribution of iron and manganese at the sediment / water interface: thermodynamic versus kinetic control. Geochim. Cosmochim. Acta 46, 1153-1161.
- Barthelemy-Bonneau, M.C., 1978: Dissolution expérimentale et naturelle de foraminifères planctoniques. Approches morphologique, isotopique et cristallographique. Thèse, Uni. Pierre et Marie Curie, Paris, 231p.
- Bathurst, R., G., C., 1971: Carbonate Sediments and their Diagenesis. Elsevier, Amsterdam, 620p.
- Becker, G.A., Berger, R., Bork, I., Heinrich, H., Mittelstaedt, E., Nies, H., Schauer, U., 1986: Programme de surveillance de l'Atlantique N-E. Une étude mésologique des eaux profondes de l'Atlantique N-E. Interim oceanographic description of the North - East Atlantic site for the disposal of low - level radioactive waste, vol. 2, chapitre 9, 127-147, NEA / OECD Paris.
- Bender, M.L., Lorenson, R.B., Williams, D.F., 1975: Sodium, magnesium and strontium in the tests of planktonic foraminifera. Micropal. 21, 4, 448-459.
- Berger, W.H., Heath, G.R., 1968: Vertical mixing in pelagic sediments. J. of Marine Res., 26(2), 134-143.
- Berger, W.H., 1968: Planktonic foraminifera: selective solution and the lysocline. Marine Geol., 8, 111-138.
- Berger, W.H., Piper, D.J.W., 1972: Planktonic foraminifera: differential settling, dissolution, and redeposition. Limn. Oceano., 17, 275-287.
- Berger, W.H., 1973: Deep - sea carbonates: evidence for a coccolith lysocline. Deep - Sea Res., 20, 917-921.
- Berger, W.H., Killingley, J.S., 1982: Box cores from the Equatorial Pacific: <sup>14</sup>C sedimentation rates and benthic mixing. Marine Geol., 45, 93-125.

- Berner, R., A., 1980: Early diagenesis. A theoretical Approach. Princeton Univ. Press, 241p.
- Biscaye, P.E., 1965: Mineralogy and Sedimentation of Recent Deep - Sea Clay in the Atlantic Ocean and Adjacent Seas and Oceans. Geol. Soc. Am. Bull., 76, 803-832.
- Bonatti, E., Fisher, D., E., Joensuu, O., Rydell, H., S., 1971: Post - depositional mobility of some transition elements, phosphorus, uranium and thorium in deep sea sediments. Geochim. Cosmochim. Acta 35, 189-201.
- Boyle, E., A., 1983: Manganese carbonate overgrowth on foraminifera tests. Geochim. Cosmochim. Acta 47, 1815-1819.
- Broecker, W.S., Takahashi, T., 1978: The relationship between lysocline depth and in situ carbonate ion concentration. Deep - Sea Res., 25, 65-95.
- Broecker, W., S., Peng, T.-H., 1982: Tracers in the Sea. Columbia University, 690p..
- Brun Cottan, J.C., 1976: Contribution à l'étude de la granulométrie et de la cinétique des particules marines. J. Rech. Océanogr., vol 1, no 4, 41-54.
- Burckle, L.H., 1984: Diatom distribution and paleoceanographic reconstruction in the Southern Ocean - present and last glacial maximum. Marine Micropal., 9, 241-261.
- Clarke, J.R., Keller, W., D., 1984: A gibbsite - cemented quartz sandstone. J. Sedim. Petrol., Vol 54, 1, 0154-0158.
- CLIMAP Project Members, 1976: Glacial North Atlantic 18,000 Years Ago: A CLIMAP Reconstruction. Geol. Soc. Am., Memoir 145.
- Cochran, J.K., 1985: Particle mixing rates in sediment of the eastern equatorial Pacific: evidence from <sup>210</sup>Pb, <sup>239</sup>, <sup>240</sup>Pu and <sup>137</sup>Cs distributions at MANOP sites. Geoch. Cosmo Acta, 49, 1195-1210.
- Crowley, T., J., 1982: Calcium carbonate preservation pattern in the central north Atlantic during the last 150,000 years. Marine Geol., 51, 1-14.
- Delfanti, R., Papucci, C., 1984: Distribution of <sup>239</sup>, <sup>240</sup>Pu in the Northeast Atlantic sediments. ENEA - C.R.E.A., Int. Report, 15p..
- Denton, G.H., Karlén, W., 1973: Holocene Climatic Variations - Their Pattern and Possible Cause. Quaternary Res. 3, 155-205.
- Drever, J.I., 1982: The geochemistry of natural water. Prentice - Hall, 388p..
- Droxler, A., W., 1984: Late quaternary glacial cycles in the Bahamian Deep Basins and in the adjacent Atlantic Ocean. Thèse,

Univ. of Miami, 119p..

Duin, E., J., Th., Kuijpers, A., 1982: Geological studies on abyssal plains in the North Atlantic. Progress Report, Ministry of Econom. Affairs of The Netherlands, 107p..

Dunoyer de Segonzac, G., 1969: Les minéraux argileux dans la diagénèse. Passage au métamorphisme. Mém. Serv. Carte Géol. Alsace Lorraine, 29, 320p.

Duplessy, J.C., Delibrias, G., Turon, J.L., Pujol, C., Duprat, J., 1981: Deglacial warming of the Northeastern Atlantic Ocean: Correlation with the paleoclimatic evolution of the European Continent. *Palaeogeo, Palaeoclim, Palaeoeco*, 35, 121-144.

Duursma, E.K., 1973: Specific activity of radionuclides sorbed by marine sediments in relation to the stable element composition. In: *Radioactive contamination of the marine environment*. IAEA, Vienna, SM. 158/4, 57-71.

Eisma, D., Kalf, J., Veenhuis, M., 1980: The formation of small particles and aggregates in the Rhine estuary. *Netherlands J. of Sea Res.*, 14, 2, 172-191.

Eisma, D., 1986: Flocculation and de-flocculation of suspended matter in estuaries. *Netherlands J. of Sea Res.*, 20, 2/3, 183-199.

Elderfield, H., Greaves, M., J., 1982: The rare earth elements in seawater. *Nature, Lond.*, 296, 214-219.

Ellwood, B., B., 1984: Bioturbation: minimal effects on the magnetic fabric of some natural and experimental sediments. *Earth Plan. Sci. Lett.*, 367-376.

Emery, K., O., Uchupi, E., 1984: *The Geology of the Atlantic Ocean*. Springer-Verlag, New-York, 1050p.

Erlenkeuser, H., 1980:  $^{14}\text{C}$  age and vertical mixing of deep - sea sediments. *Earth and Plan. Science Letters*, 47, 319-326.

Flügel, E., 1982: *Microfacies Analysis of Limestones*. Springer - Verlag, 633p..

Folger, D.W., 1970: Wind transport of land - derived mineral, biogenic, and industrial matter over the North Atlantic. *Deep-Sea Res.*, 17, 337-352.

Friedlander, S., K., 1959: On the particle - size spectrum of atmospheric aerosols. A.E.C Contract AT(30-1) 2165, 373-374.

Friedlander, S., K., 1960: Similarity considerations for the particle - size spectrum of a coagulating, sedimenting aerosol. *J. Meteor.*, 17/5, 479-483.

Griffin, J.J., Windom, H., Goldberg, E.D., 1968: The distribution of clay minerals in the World Ocean. *Deep-Sea Res.*, 15, 433-459.

- Grousset, F., Latouche, C., Parra, M., 1981: Late quaternary sediment between the Gibbs fracture and the Greenland basin: mineralogical and geochemical data. *Marine Geol.*, 47, 303-330.
- Grousset, F., Parra, M., 1982: Contribution of mineralogical and geochemical data to the study of northeast Atlantic deep quaternary sediments: trace - elements as bottom - current indicators. *Sedim. Geol.*, 31, 49-61.
- Grousset, F., Latouche, C., Maillet, N., 1983: Clay minerals as indicators of wind and current contribution to post-glacial sedimentation on the Azores/Iceland ridge. *Clay Minerals*, 18, 65-75.
- Grousset, F., Latouche, C., 1983: Rôles respectifs de l'advection et de la décantation sur la ride médio - atlantique (40°N à 50°N). *Chem. Geol.*, 40, 225-249.
- Guinasso, N., L., Schink, D., R., 1975: Quantitative Estimates of Biological Mixing Rates in Abyssal Sediments. *J. of Geoph. Research*, 80, 21, 3032-3043.
- Haq, B.U., Boersma, A., 1980: Introduction to marine micropaleontology. Elsevier, New York, 376p..
- Hays, J.D., Peruzza, A., 1972: The significance of calcium carbonate oscillations in Eastern Equatorial Atlantic Deep-Sea sediments for the end of the Holocene warm interval. *Quar. Res.*, 2, 355-362.
- Heinrich, H., 1986: Bathymetrie und Geomorphologie des NOAMP Gebietes, Westeuropäisches Becken (17° W bis 22° W, 46° N bis 49° N). *Dt. hydrogr. Z.* 39, H.5., 183-196.
- Honjo, S., 1976: Coccoliths: production transportation and sedimentation. *Marine Micropal.*, 1, 65-79.
- Jansen, E., Erlenkeuser, H., 1985: Ocean circulation in the Norwegian Sea during the last deglaciation: isotopic evidence. *Palaeogeol., Palaeoclim., Palaeoeco.*, 49, 189-206.
- Kelts, K., Hsu, K., J., 1978: Freshwater Carbonate Sedimentation. In: *Lakes: Chemistry, Geology, Physics*. Ed. A. Lerman. Springer - Verlag, New York, 295-323.
- Kershaw, P.J., 1985: 14C and 210Pb in the NE Atlantic sediments: evidence of biological reworking in the context of radio- active waste disposal. *J. Environ. Radioactivity*, 2, 115-134.
- Kolla, V., Biscaye, P.E., Hanley, A.F., 1979: Distribution of Quartz in Late Quaternary Atlantic Sediment in Relation to Climate. *Quaternary Res.* 11, 261-277.
- Kuroda, P.K., 1982: The Origin of the Chemical Elements and the Oklo Phenomenon. Springer-Vorlag, 165p..
- Lebel, J., Poisson, A., 1976: Potentiometric determination of calcium and magnesium in seawater. *Marine Chem.*, 4, 321-332.

Leinen, M., Cwienk, D., Heath, G.R., Biscaye, P.E., Kolla, V., Thiede, J., Dauphin, J.P., 1986: Distribution of biogenic silica and quartz in recent deep - sea sediments. *Geology*, 14, 199-203.

McCave, I.N., 1983: Particulate size spectra, behavior and origin of nepheloid layers over the Nova Scotian continental rise. *J. of Geophysical Res.*, 88, 7647-7666.

McCave, I.N., 1985: Properties of suspended sediment over the Hebble Area on the Nova Scotian Rise. *Marine Geol.*, 66, 169-188.

Mauviel, A., Nguyen, H.-V., Chesselet, R., Sibuet, M., Yokoyama, Y., Auffret, G., 1982: Etudes des variations des taux de bioturbations par la spectrométrie gamma non destructive (GeHP), dans trois zones sédimentaires de l'Atlantique Nord, à 2000m et à plus de 4000m de profondeur. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux*, 31, 257-274.

Mielke, P., Winkler, H., G., F., 1979: Eine bessere Berechnung der Mesonorm für granitische Gesteine. (An improved mesonorm calculation for granitic rocks). *N. Jb. Miner. Mh.*, H.10, Stuttgart, 471-480.

Miller, M., F., 1984: Bioturbation of intertidal quartz - rich sands: a modern example and its sedimentologic and paleoecologic implications. *J. Geol.*, Vol. 92, 201-216.

Milliman, J.D., Summerhayes, C.P., 1974: Oceanography and suspended matter off the Amazon river February - March 1973. *J. of Sedim. Petrology*, 45, 1, 189-206.

Mook, W.G., 1983: 14C calibration curves depending on sample time - width. *Pact 8 - VI.4*, 518-525.

Moorby, S., A., Cronan, D., S., 1983: The geochemistry of hydrothermal and pelagic sediments from the Galapagos Hydrothermal Mounds Field. *D.S.D.P. Leg 70. Min. Mag.*, 47, 291-300.

Mudry, J., Kiraly, L., Muller, I., 1979: Analyse multivariée du chimisme de quelques sources karstiques du Jura suisse et franc-comtois. *Bull. du centre d'Hydro. Neuchâtel*, 3, 183-220.

Murata, K., J., Norman, M., B., 1976: An index of cristallinity for quartz. *Am. J. Sci.*, Vol. 276, 1120-1130.

Neiheisel, J., 1979: Sediment characteristics of the 2800 meter atlantic nuclear waste disposal site: radionuclide retention potential. Technical note, ORP/TAD-79-10.

Neiheisel, J., 1983: Quantitative mineral assesment and radioactive retention potential of Atlantic 3800 - meter nuclear waste dumptsite sediments. *EPA 520 / 1-83-003*.

Neiheisel, J., 1983: Prediction parameters of radionuclide retention at low-level radioactive waste sites. *EPA 520 / 1-83-025*.

- Nyffeler, F., Wyttenbach, A., Ruch, P., Jaquet, J.M., Hanselmann, K., 1984: The swiss oceanographic research program 'PROSPER'. Progress Report, Nagra, 84-36, 86p..
- Nyffeler, F., Godet, C-H., 1986: The structural parameters of the benthic nepheloid layer in the northeast Atlantic. Deep - Sea Res., 33/2, 195-207.
- Oinuma, K., Shimoda, S., Sudo, T., 1972: Triangular diagrams for surveying chemical compositions of chlorites. J. Toyo Uni., General Education (Nat.Sci.) 15, 1-33.
- Parra, M., 1980: Apport des données minéralogiques et géochimiques à la connaissance de la sédimentation profonde et de l'hydrologie de l'Océan Nord - Atlantique pendant le quaternaire terminal (dernier glaciaire et post - glaciaire). Thèse, Uni. Bordeaux I, 223p..
- Pawlowski, J., 1986: Etude microfaunistique des sédiments du site d'immersion des déchets radioactifs en Atlantique N-E (zone de vallée). Diplôme, Uni. Genève, 97p..
- Persoz, F., 1969: Fidélité de l'analyse quantitative des poudres de roches par diffraction - X. Bull. Centre Rech. Pau - SNPA, 3/2.
- Peterson, M.L., Wyttenbach, A., 1986: Development of a selective leaching technique for carbonate - rich North Atlantic deep sea sediments using instrumental neutron activation analyses as the analytical tool. Part IV: final results for Noamp core 165/1. Int. Report, TM - 44 - 86 - 08, 43p..
- Pierce, J.W., Nelson, D.D., Colquhoun, D.J., 1971: Pyrophyllite and talc in waters off the southeastern United States. Maine Geol., 11, M9-M15.
- Price, N., B., 1977: The contrasting geochemical behaviours of iodine and bromine in recent sediments from the Namibian shelf. Geoch. Cosm. Acta, Vol.4, 1769-1775.
- Pochon, M., 1978: Origine et évolution des sols du Haut-Jura suisse. Thèse, Uni. Neuchâtel, 190p..
- Rey, J.F., Kubler, B., 1982: Identification des micas des séries sédimentaires par diffraction X à partir de la série harmonique 001 des préparations orientées. Cahier Instit. Géol. Uni. Neuchâtel.
- Richardson, M.J., Gardner, W.D., 1985: Analysis of suspended - size distributions over the Nova Scotian Continental Rise. Marine Geol., 66, 189-203.
- Ruch, P., Kubler, K., Nyffeler, F., 1984: Minéralogie, géochimie et origine des sédiments postglaciaires au sud de la plaine abyssale de Porcupine (46°N, 17°W). 5ème Congrès européen de sédimentologie, Marseille.

- Ruddiman, W.F., 1977: Late Quaternary deposition of ice - rafted sand in the subpolar North Atlantic (lat 40° to 65°N). *Geol. Soc. Am. Bull.*, 88, 1813-1827.
- Ruddiman, W.F., McIntyre, A., 1981: The North Atlantic Ocean During The Last Deglaciation. *Palaeogeog., Palaeoclim., Palaeoeco.*, 35, 145-214.
- Rumley, G., Adatte, T., 1983: Méthode rapide de séparation des fractions 2 et 16µm pour l'analyse par diffraction - X. *Série A.G.*, 5, 4p.
- Rutgers van der Loeff, M.M., Jaquet, J.-M., Ruch, P., Wyttenbach, A., 1986: Sediment chemical and physical properties. Interim oceanographic description of the North - East Atlantic site for the disposal of low - level radioactive waste, vol. 2, Chapter 4, 39-58, NEA / OECD Paris.
- Rutgers van der Loeff, M.M., Lavaleye, M.S.S., 1986: Sediments, fauna and the dispersal of radionuclides at the N.E. Atlantic dumpsite for low - level radioactive waste. Report of the Dutch DORA program. *Neth. Inst. for Sea Res. int. rept.*, 134p..
- Sayles, F., L., 1979: The composition and diagenesis of interstitial solutions-I. Fluxes across the seawater - sediment interface in the Atlantic Ocean. *Geochim. Cosmochim. Acta* 43, 527-545.
- Sayles, F., L., 1981: The composition and diagenesis of interstitial solutions-II. Fluxes and diagenesis at the water - sediment interface in the high latitude North and South Atlantic. *Geochim. Cosmochim. Acta* 45, 1062-1086.
- Schifano, G., 1982: Temperature effects on shell mineralogy and morphology in three gasteropod species. *Marine Geol.*, 45, 79-91.
- Seyve, C., Fourtanier, E., 1985: Contenu microfloristique d'un sédiment éolien actuel. *Bull. Centres Rech. Explo. - Prod. Elf Aquitaine*, 9, 1, 137-154.
- Sliter, W.V., Be, A.W.H., Berger, W.H., (eds.) 1975: Dissolution of Deep - Sea Carbonates. *Cushman Foundation for Foraminiferal Research. Special Publ.*, 13, 159p..
- Smythe Jr., F.W., Ruddiman, W.F., Lumsden, D.N., 1985: Ice - rafted evidence of long - term North Atlantic Circulation. *Marine Geol.*, 64, 131-141.
- Spaltenstein, M.H., 1984: Pedogénèse sur calcaire dur dans les Hautes Alpes calcaires. *Thèse, EPFL, Lausanne*, 260p..
- Stein, R., Bleil, U., 1986: Deep - water circulation in the Northeast Atlantic and climatic changes during the late Neogene (DSDP site 141). *Marine Geol.*, 70, 191-209.
- Sudo, T., Shimoda, S., 1978: Clays and clay minerals of Japan. *Elsevier, 1978, Developments in Sedimentology* 26, 326p..

- Takahashi, T., Broecker, W.S., 1977: Mechanisms for calcite dissolution on the sea floor. *Marine Science*, 6, 455-477.
- Tardy, Y., 1969: Géochimie des altérations: études des arènes et des eaux de quelques massifs cristallins d'Europe et d'Afrique. Thèse, Sci. Strasbourg, 247p..
- Tardy, Y., 1980: Géochimie des interactions entre les eaux, les minéraux et les roches. S.A.R.L. *Eléments*, 239p..
- Thomas, R.B., 1985: Estimating Total Suspended Sediment Yield With Probability Sampling. *Water Resources Res.*, vol. 21, no 9, 1381-1388.
- Thunell, R.C., 1982: Carbonate dissolution and abyssal hydrography in the Atlantic Ocean. *Marine Geology*, 47, 165 - 180.
- Tobler, L., Wytttenbach, A., 1983: Vorschriften und Messresultata der Neutronaktivierungsanalyse für erste Proben des Forschungsprogrammes PROSPER. E.I.R. Report TM - 44 - 83 - 07.
- Tobler, L., Wytttenbach, A., 1983: Forschungsprogramm Prosper I-82: 1. Teil: Neutronaktivierungsanalyse und Messresultate von Meeressediment und Silikat Proben. E.I.R. Report TM - 44 - 83 - 15, 23p..
- Volat, J.-L., Pastouret, L., Vergnaud-Grazzini, C., 1979: Dissolution and carbonate fluctuations in Pleistocene deep - sea cores: a review. *Marine Geol.*, 34, 1-28.
- Weaver, P., P., E., Schultheiss, P., J., 1983b: Detection of repenetration and sediment disturbance in open-barrel gravity cores. *J. of Sedim. Petrol.* 53/2: 649-678.
- Weston, F., Murray, J.W., 1984: Benthic Foraminifera as deep - sea water - mass indicators. *Benthos '83; 2nd Int. Symp. Benthic Foraminifera*, Pau, 605-610.
- Wytttenbach, A., Tobler, L., 1984: Forschungsprogramm PROSPER I-82: 2. Teil: Geochemische Interpretation der Ergebnisse E.I.R. Technical Report TM - 44 - 84 - 01, 65p.
- Yariv, S., Cross, H., 1979: *Geochemistry of Colloid Systems*. Springer - Verlag, 450p..
- Zehnder, A., J., B., 1982: The Carbon Cycle. In: *The Natural Environment and the Biogeochemical Cycles*. Ed. O. Hutzinger, Springer - Verlag, Berlin, 83-110.

## Liste des abréviations

- ACP: Analyses en Composantes Principales.
- AFC: Analyses Factorielles des Correspondances selon Benzécri.
- BNL: Benthic Nepheloid Layer (= couche néphéloïde benthique).
- CMIN: % CO<sup>2</sup> minéral.
- COT: % CO<sup>2</sup> de la matière organique.
- CTOT: % CO<sup>2</sup> total.
- CWM: Clear Water minimum (= minimum d'eau claire).
- DHI: Deutsches Hydrographisches Institut.
- DS: Dumping Site (= site d'immersion des déchets faiblement radioactifs).
- E.I.R.: Eidgenossenschaft Institut für Reaktorforschung.
- FCB: Flux Carbonaté biogénique dans le sédiment  
(en g/cm<sup>2</sup>.1000 ans).
- Fricwm: Flux du résidu insoluble au clear water minimum  
(en g/cm<sup>2</sup>.1000 ans).
- HO: Holocène (graphes).
- L: épaisseur de la zone homogénéisée par bioturbation.
- LMPG: Laboratoire de Minéralogie Pétrographie et Géochimie de Neuchâtel.
- LW: Labrador Water (= Eau du Labrador).
- M: carottes de montagnes et de talus (graphes).
- MEB: Microscope Electronique à Balayage.
- MW: Mediterranean Water (= Eau méditerranéenne).
- NACW: North Atlantic Central Water.
- NADW: North Atlantic Deep Water.
- NEA: Nuclear European Agency.
- NIOZ: Netherlands Institute for Sea Research.
- OW: Overlaying Water (= eau surnageante).
- P: carottes de vallées (graphes).

PAI: Plaine Abyssale Ibérique.

PL: Pléistocène (graphes).

PROSPER: Programme de Recherches Océanographiques Suisse pour  
l'Élimination des Radionucléides.

Ri: Résidu insoluble.

SP: Suspended particles (particules en suspension).

TAC: Taux d'Accumulation des Carbonates dans le sédiment  
(en  $\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 1000$  ans).

TARI: Taux d'Accumulation du Résidu Insoluble dans le sédiment  
(en  $\text{g}/\text{cm}^2 \cdot 1000$  ans).

To: Age des particules arrivant à la surface du sédiment.

Tml: Age de la zone homogène.

Tsf: Age extrapolé de la surface du sédiment.

$\omega$ : Taux d'accumulation dans le sédiment en  $\text{cm}/1000$  ans.

x: profondeur dans le sédiment (cm).

ZH: Zone Homogène (graphes).

## ANNEXES

- ANNEXE 1. Diffraction - X , analyses quantitatives
- ANNEXE 2. Diffraction - X , intensités brutes de la fraction <2  $\mu\text{m}$
- ANNEXE 3. Diffraction - X , intensités brutes des fractions 2-16  $\mu\text{m}$
- ANNEXE 4. Spéciation des carbonates du sédiment brut
- ANNEXE 5. Spéciation des carbonates de la fraction <63  $\mu\text{m}$
- ANNEXE 6. Activation neutronique / particules en suspension
- ANNEXE 7. Activation neutronique / eau surnageante
- ANNEXE 8. Activation neutronique / sédiment de surface
- ANNEXE 9. Activation neutronique / sédiment de la station DS 6
- ANNEXE 10. Activation neutronique / sédiment de la station Noamp 165

## ANNEXE 1. MINERALOGIE DE LA ROCHE TOTALE [%]

## STATION 4 : 4300m (DUMPSITE)

ECH	PROF	CACO3	QUARTZ	DOLOMITE	FK	ALBITE	PHYLLO	INDOSE
p-53	.5	80.8	4.4	.7	.5	1.4	4.3	8.0
p-54	1.5	79.4	4.3	.6	.5	1.4	4.4	9.3
p-55	3.0	79.3	4.5	.5	.4	1.3	4.6	9.5
p-56	5.0	79.8	4.3	.7	.5	1.7	5.8	7.3
p-57	7.0	80.1	4.6	.6	.5	1.6	4.7	8.0
p-58	9.0	78.3	4.4	.7	.6	1.6	7.3	7.2
p-59	11.5	77.5	5.5	.5	.4	1.8	5.9	8.4
p-60	14.5	75.8	6.1	.6	.4	2.1	6.3	8.7
p-61	17.5	73.3	7.8	.6	.5	3.7	7.6	6.5
p-62	20.5	70.3	8.8	.5	.4	4.2	8.8	7.1

## STATION 6 : 4550m (DUMPSITE)

ECH	PROF	CACO3	QUARTZ	DOLOMITE	FK	ALBITE	PHYLLO	INDOSE
83	.5	81.1	4.3	.8	.7	1.7	4.1	7.3
84	1.5	82.1	4.2	.8	.6	1.3	4.1	6.9
85	3.0	82.2	4.1	.7	.5	1.5	4.5	6.5
86	5.0	82.3	4.2	.7	.7	1.6	6.6	3.9
87	7.0	81.8	4.6	.6	.6	2.1	7.2	3.1
88	9.0	81.1	4.0	.6	.5	1.2	8.0	4.6
89	11.5	80.7	5.9	.6	.7	1.6	8.2	2.4
90	14.5	78.1	6.6	.6	.6	3.2	7.8	3.0
91	17.5	77.2	7.8	.5	.4	2.7	7.1	4.2
92	20.5	74.5	8.8	.5	.4	2.6	8.6	4.5

## STATION 13 : 4700m (DUMPSITE)

ECH	PROF	CACO3	QUARTZ	DOLOMITE	FK	ALBITE	PHYLLO	INDOSE
p127	0.5	82.5	3.8	1.1	1.0	2.6	8.2	.8
p128	1.5	81.9	4.9	.8	.7	4.0	7.1	.6
p129	3.0	81.5	5.2	.5	.4	3.5	7.0	1.9
p130	5.0	80.1	5.6	.7	.6	3.9	7.2	1.9
p131	7.0	82.1	4.4	.7	.6	2.3	5.4	4.5
p132	9.0	80.6	6.5	.7	.5	1.9	5.1	4.8
p133	11.5	80.2	6.5	.6	.5	1.5	5.7	5.0
p134	14.5	74.0	8.2	.5	.7	5.2	5.3	6.1
p135	17.5	67.4	10.4	.5	.4	3.9	8.5	8.9
p136	22.0	72.2	10.1	.6	.5	2.6	8.1	5.8
p137	25.0	62.1	16.0	.6	.5	4.9	12.7	3.1
p138	28.0	56.4	16.4	.5	.4	5.4	12.3	8.6

## STATION 8 : 4725m (DUMPSITE)

ECH	PROF	CACO3	QUARTZ	DOLOMITE	FK	ALBITE	PHYLLO	INDOSE
p-63	1.0	79.2	4.7	.7	.5	1.3	5.8	7.9
p-64	2.0	79.9	4.7	.7	.5	1.3	5.8	7.2
p-65	4.0	80.5	4.9	.7	.6	1.3	5.2	6.8
p-66	6.0	80.7	5.0	.7	.6	1.0	4.8	7.3
p-67	8.0	80.1	4.5	.7	.5	2.1	5.8	6.4
p-68	10.0	80.3	4.3	.6	.5	1.2	5.9	7.2
p-69	13.0	79.5	5.8	.6	.5	1.2	9.2	3.1
p-70	16.0	76.6	6.3	.6	.4	1.3	8.1	6.7
p-71	19.0	73.5	7.1	.5	.4	2.4	11.6	4.5
p-72	22.0	66.8	8.8	.4	.3	3.9	14.1	5.6

## STATION 1 (GASCOGNE) : 4800m (DUMPSITE)

ECH	PROF	CACO3	QUARTZ	DOLOMITE	FK	ALBITE	PHYLLO	INDOSE
p-13	.5	68.1	9.5	.8	.6	2.1	14.2	4.7
p-14	1.5	66.4	9.5	.6	.6	2.0	14.3	6.6
p-15	3.0	68.1	9.3	.7	.5	2.7	14.2	4.6
p-16	5.0	65.6	11.2	.5	.4	2.1	15.6	4.6
p-17	7.0	62.1	12.2	.6	.6	2.8	19.0	2.8
p-18	9.0	54.5	13.4	.6	.6	3.0	20.3	7.8
p-19	11.5	49.9	17.2	.5	.5	3.5	25.5	3.0
p-20	14.5	42.4	19.9	.5	.4	4.0	26.2	6.6
p-21	17.5	35.1	24.6	.4	.3	4.9	34.6	.1
p-22	20.5	28.7	25.9	.5	.5	4.0	33.0	7.4
p-23	23.5	17.7	30.5	.4	.4	6.2	40.4	4.4
p-24	26.5	19.4	27.4	.3	.5	5.6	38.3	8.4

## STATION 197 : 4100m (NOAMP)

ECH	PROF	CACO3	QUARTZ	DOLOMITE	FK	ALBITE	PHYLLO	INDOSE
T401	.5	80.8	7.9	.3	1.6	1.5	2.5	5.5
T402	1.5	82.1	6.0	.2	1.2	.8	3.2	6.6
T403	3.0	80.9	6.3	.2	.0	1.2	3.0	8.5
T404	5.0	80.7	6.2	.4	1.1	.8	5.0	5.8
T405	7.0	77.1	8.2	.5	.0	1.5	4.6	8.2
T406	9.0	75.0	9.2	.6	.0	1.5	5.6	8.1
T407	11.5	72.9	10.7	.8	.0	1.8	6.5	7.2
T408	14.5	68.4	12.8	1.3	.6	2.8	9.2	5.0
T409	17.5	55.8	24.8	3.3	.1	5.4	6.3	4.3
T410	20.0	41.7	32.1	6.7	.4	6.8	3.2	9.0
T411	21.5	37.5	41.0	8.0	.0	8.5	2.3	2.8
T412	23.5	42.5	34.9	10.9	.0	11.4	.6	-.4
T413	26.0	43.3	32.1	9.7	1.7	9.6	1.5	2.0
T414	27.5	22.5	28.3	3.7	1.7	7.5	20.2	16.2

## STATION 165 : 4545m (NOAMP)

ECH	PROF	CACO3	QUARTZ	DOLOMITE	FK	ALBITE	PHYLLO	INDOSE
PA01	.5	79.1	1.7	.1	.1	.4	11.4	7.3
PA02	1.5	79.2	2.6	.1	1.2	1.2	10.3	5.4
PA03	2.5	79.1	1.7	.1	.7	.8	10.8	4.8
PA04	3.5	79.1	1.7	.1	1.1	.4	11.5	6.1
PA06	5.5	79.1	1.7	.1	1.2	.6	11.1	6.2
PA08	7.5	79.8	2.5	.1	1.2	.7	13.5	2.2
PA09	8.5	79.0	2.5	.1	1.2	.8	14.6	1.8
PA10	9.5	75.8	3.0	.3	.0	1.1	16.4	3.5
PA12	11.5	70.8	4.0	.1	.1	1.5	18.4	5.1
PA14	13.5	63.3	4.1	.1	.6	1.7	23.3	7.0
PA16	15.5	56.6	4.9	.1	.1	2.3	28.9	7.2
PA18	17.5	49.2	5.1	.1	.1	3.1	33.2	9.2
PA20	19.5	30.1	6.4	.3	.1	4.1	51.0	8.1
PA22	21.5	38.3	6.7	.4	.1	5.0	43.4	6.1
PA24	23.5	21.6	7.9	.2	.1	5.2	58.5	6.5
PA26	25.5	24.2	7.6	.3	.1	5.1	55.7	7.1

## ANNEXE 2. PREPARATIONS ORIENTEES GLYCOLEES INTENSITES BRUTES DE LA FRACTION &lt;2 µm [mm]

## DUMPSITE

\*STATION 483 : 4175m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
S401	.5	13	19	32	5	14	10	59	12	10	.38	5				
S402	1.5	15	19	33	7	15	12	60	14	10	.32	5				
S403	3.0	17	29	44	5	17	16	77	15	10	.26	5				
S404	6.0	2	22	30	4	9	10	50	10	6	.32	5				
S405	9.5	5	24	40	6	19	15	72	16	9	.25	4				
S406	12.5	28	26	46	7	15	15	72	14	9	.31	7				
S407	15.5	35	30	47	10	18	15	75	18	9	.37	9				
S408	18.5	33	34	41	9	15	12	74	15	10	.38	9				
S409	22.0	40	38	54	10	18	18	90	19	10	.41	10				

\*STATION 2 : 4200m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
S202	1.5	19	17	36	5	12	13	60	9	6	.33	5				
S203	3.0	20	25	32	5	10	11	50	10	7	.31	4				
S204	5.0	25	23	34	4	10	10	55	10	8	.29	7				
S205	7.0	28	28	37	7	15	11	60	10	6	.29	6				
S206	9.0	32	28	38	7	10	10	72	11	8	.31	8				
S207	11.5	37	35	41	7	15	15	71	13	6	.35	9				
S208	14.5	41	30	44	6	15	18	75	14	8	.35	10				
S209	17.5	50	34	51	6	18	19	82	15	8	.38	8	8	8		

STATION 4 : 4300m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
p-54	1.5	7	14	26				45			.26					
p-55	3.5	9	14	25				43			.27					
p-56	5.0	11	16	28				52			.26					
p-57	7.0	13	16	26				44			.30					
p-58	9.0	14	20	30				50			.32					
p-59	11.5	25	25	36				56			.35					
p-60	14.5	30	25	36				56			.39					
p-61	17.5	28	25	35				55			.35					
p-62	20.5	29	22	34				57			.40					

STATION 6 : 4570m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
p-83	.5	5	16	22				45			.22					
p-84	1.5	16	26	33				58			.25					
p-85	3.0	10	17	27				54			.21					
p-86	5.0	17	22	34				60			.29					
p-87	7.0	18	25	30				54			.26					
p-88	9.0	23	29	39				64			.31					
p-89	11.5	30	32	40				65			.30					
p-90	14.5	46	43	51				78			.34					
p-91	17.5	38	33	46				68			.34					

STATION 13 : 4700m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
p127	.5	7	7	10				22			.20					
p128	1.5	13	20	34				61			.26					
p129	3.0	23	25	37				65			.30					
p130	5.0	13	20	31				57			.25					
p131	7.0	15	20	35				62			.27					
p132	9.0	15	20	31				55			.26					
p133	11.5	19	23	32				57			.27					
p134	14.5	29	30	43				65			.29					
p135	17.5	37	28	46				72			.30					
p136	20.5	41	36	43				70			.36					
p137	23.5	40	30	52				76			.33					
p138	26.6	35	26	44				60			.29					

\*STATION 99 : 4710m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
9901	.5	45	39	52	7	19	18	84	16	10	.43	8				
9902	1.5	45	44	50	7	15	12	75	15	9	.43	7				
9903	3.0	45	35	55	7	18	17	80	16	10	.49	9				
9904	5.0	50	38	54	9	20	18	89	17	12	.43	7				
9905	7.0	58	40	64	10	25	24	100	19	11	.41	3				
9906	9.0	70	50	70	11	25	24	110	20	13	.42	8				
9907	11.5	60	45	60	7	23	20	98	18	10	.45	10				
9908	14.5	100	60	83	10	27	30	124	24	12	.47	8				
9909	17.5	92	55	75	12	31	30	110	23	12	.53	10				
9910	20.5	90	56	70	11	28	6	108	20	12	.51	6				
9911	23.5	58	40	64	8	24	21	84	17	10	.47	11				
9912	26.5	54	40	55	5	20	20	72	13	9	.51	14				

STATION 8 : 4725m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
p-63	.5	10	23	27				48			.35					
p-64	1.5	15	17	31				55			.37					
p-65	3.0	9	16	23				45			.24					
p-66	5.0	8	18	26				49			.22					
p-67	7.0	20	23	34				63			.28					
p-68	9.0	14	20	31				58			.26					
p-69	11.5	23	25	43				68			.32					
p-70	14.5	31	30	40				68			.36					
p-71	17.5	17	16	28				42			.33					
p-72	20.5	27	25	50				70			.33					

\*STATION 97 : 4730m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
9701	.5	20	30	39	5	14	17	61	13	8	.35	5	1	1		
9701	.5	20	30	39	5	14	17	61	13	8	.35	5	1	1		
9702	1.5	16	22	35	5	19	19	55	12	6	.30	8	2	7		
9703	3.0	19	20	35	6	9	10	58	11	6	.35	6	2	6		
9704	5.0	18	22	35	4	13	11	61	13	6	.43	5	2	5		
9705	7.0	20	25	37	5	12	10	67	11	7	.35	6	2	5		
9706	9.0	25	24	38	4	12	13	62	12	7	.45	7	2	5		
9707	11.5	30	28	50	8	15	17	82	15	9	.53	10	7	11		
9708	14.5	39	38	47	7	19	19	80	16	9	.34	9	5	7		
9709	17.5	40	35	48	7	14	14	72	14	7	.44	10	2	5		
9710	20.5	42	43	49	7	15	20	83	17	9	.39	9	2	5		
9711	23.5	46	44	52	8	22	22	86	17	10	.40	8	1	1		
9712	26.5	48	41	58	8	25	21	90	18	10	.42	7	5	6		

STATION 1 (GASCOGNE) : 4800m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
p-13	.5	11	16	25					59		.21					
p-14	1.5	25	25	32					70		.25					
p-15	3.0	32	25	35					72		.27					
p-16	5.0	39	30	40					78		.28					
p-17	7.0	53	32	43					79		.32					
p-18	9.0	74	40	56					89		.35					
p-19	11.5	50	34	42					84		.28					
p-20	14.5	75	38	55					93		.35					
p-21	17.5	48	30	41					87		.25					
p-22	20.5	103	51	78				101			.45					
p-23	23.5	129	56	84				97			.48					
p-24	26.6	92	47	60				69			.52					

PLAINE ABYSSALE IBERIQUE

\*STATION 283 : 5240m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
L202	1.5	80	42	76	9	37	35	130	33	23	.48	10				
L202	1.5	80	42	76	9	37	35	130	33	23	.48	10				
L203	3.0	70	42	90	14	38	45	130	36	22	.49	12				
L204	5.0	72	46	96	13	40	40	130	40	20	.48	10				
L205	8.0	70	45	104	10	40	48	126	35	27	.49	10				
L206	12.0	88	52	94	13	42	46	136	37	27	.51	12				
L207	16.0	160	100	116	14	60	68	180	47	35	.56	11				
L208	20.0	100	80	108	17	60	62	140	49	42	.58	10				
L209	24.0	130	80	116	20	55	60	186	55	34	.59	12				

\*STATION 383 : 5255m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
L301	.5	70	37	83	10	30	32	115	34	20	.38	9				
L302	1.5	80	54	93	12	32	34	128	38	20	.38	11				
L303	3.5	80	52	110	12	40	48	148	52	27	.42	13				
L304	6.5	100	52	105	14	40	44	140	50	28	.51	15				
L305	9.5	98	60	109	13	37	45	152	48	27	.43	14				
L306	12.5	90	58	94	10	33	37	148	43	22	.52	13				
L307	15.5	84	56	88	11	38	40	130	40	20	.37	15				
L308	18.5	114	68	110	15	42	48	180	49	25	.41	10				
L309	21.5	64	39	60	9	20	17	98	21	14	.31	11				
L310	24.5	80	40	70	9	28	28	122	26	13	.39	13				
L311	27.5	65	32	60	10	18	16	114	23	13	.34	10				
L312	30.0	60	38	69	11	24	24	150	40	22	.26	8				

## STATION 197 : 4100m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
T401	.5	12	37	41	7	16	16	72	17	8	.29	8	7	11	5	5
T402	1.5	23	35	44	9	17	15	75	16	8	.33	7	4	10	6	5
T403	3.0	25	31	48	8	22	21	79	16	9	.34	5	7	13	5	4
T404	5.0	40	42	59	10	22	21	94	21	11	.32	8	7	18	6	5
T405	7.0	43	50	52	8	20	20	86	16	8	.32	4	4	11	6	6
T406	9.0	48	48	56	8	21	23	96	19	12	.33	8	9	17	6	4
T407	11.5	70	65	70	13	30	24	114	23	12	.46	12	9	13	5	6
T408	14.5	48	44	65	9	18	18	108	19	10	.33	9	8	13	7	5
T409	17.5	52	52	70	13	22	21	110	20	12	.48	12	6	11		5
T410	20.0	58	72	140	22	48	42	200	26	10	.53	14	8	24		12
T411	21.5	40	42	79	17	29	20	112	14	11	.54	18	9	20		8
T412	23.5	40	41	69	13	28	21	93	13	9	.54	20	9	21		6
T413	26.0	59	55	94	18	40	25	150	23	10	.62	19	14	20		8
T414	27.5	20	29	43	5	14	15	65	11	7	.48	11	6	5		4

## \*STATION 59 : 4420m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
T501	.5	4		29	13	11	10	48	8	6	.27	5				
T502	1.5	4		29		11	10	48	8	5	.27	5				
T503	3.0	4		28		10	9	47	10	5	.33	6				
T504	5.0	21		31		12	11	58	10	5	.31	7				
T505	7.0	25		42		15	15	70	14	8	.31	9				
T506	9.0	23		44		13	14	62	10	6	.33	6				
T507	11.5	19		33		12	11	55	9	5	.38	5				
T508	14.4	44		46		16	13	75	13	7	.35	8				
T509	17.5	30		40		15	15	62	12	6	.35	6				
T510	20.5	24		32		10	12	54	11	6	.42	5				
T511	23.5	19		34		12	10	56	10	6	.35	6				
T512	26.5	5		37		13	9	61	11	6	.42	9				
T513	29.5	5		37		13	9	60	9	4	.45	10				
T514	32.5	3		23		5	5	32	6	2	.34	5				
T515	35.5	4		28		12	10	42	8	3	.34	7				

## \*STATION 31 : 4470m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
PA31	1.5	25	24	33	5	12	10	54	8	7	.36	6				
PA32	4.5	35	30	47	6	15	15	59	1	7	.38	7				
PA33	7.5	52	45	44	9	18	12	57	10	7	.38	10				
PA34	10.5	52	42	41	5	19	16	55	13	7	.44	10				
PA35	13.5	60	50	40	10	15	14	46	11	6	.40	6				
PA36	16.5	40	46	36	4	11	12	41	10	6	.43	4				
PA37	19.5	34	34	31	6	10	10	39	9	5	.38	6				
PA38	22.5	24	30	30	5	12	8	35	8	4	.39	6				
PA39	25.5	20	29	33	5	12	11	34	12	4	.38	5				
PA40	28.5	26	20	30	5	8	8	38	8	4	.27	5				
PA41	31.5	17	20	29	5	13	8	35	7	5	.37	4				
PA42	34.5	35	34	30	7	12	10	35	12	4	.34	4				

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
PA01	.5	73	56	49	9	19	18	76	17	8	.38	8	5	10		
PA02	1.5	30	30	45	10	14	16	65	18	9	.32	8	8	10		
PA03	2.5	55	45	45	12	19	15	70	15	8	.35	7	7	10		
PA04	3.5	58	47	48	10	19	19	79	17	8	.39	7	8	12		
PA05	4.5	70	50	54	9	18	17	82	17	9	.30	7	10	16		
PA06	5.5	57	55	55	10	18	18	90	20	10	.38	10	11	14		
PA07	6.5	70	59	62	10	21	23	105	20	11	.36	8	6	11		
PA08	7.5	74	59	74	14	28	31	95	23	11	.39	9	8	8		
PA09	8.5	70	55	49	12	18	18	68	17	11	.45	10	4	12		
PA10	9.5	70	60	50	10	20	15	70	17	10	.46	6	4	8		
PA11	10.5	120	100	69	10	28	25	94	20	13	.54	9	6	15		
PA12	11.5	132	110	70	13	25	22	97	19	11	.48	10	7	10		
PA13	12.5	89	64	50	9	24	22	70	13	9	.48	9	13	14		
PA14	13.5	87	67	47	11	21	19	69	14	10	.46	8	5	16		
PA15	14.5	89	45	50	8	21	20	70	16	10	.48	10	9	14		
PA16	15.5	75	60	51	11	21	18	70	18	11	.41	6	10	16		
PA17	16.5	75	54	48	9	19	19	58	13	10	.43	6	8	14		
PA18	17.5	83	60	49	8	20	16	60	15	7	.42	10	9	12		
PA19	18.5	54	44	42	11	21	15	40	13	8	.48	13	7	15		
PA20	19.5	65	55	52	11	22	20	51	14	10	.43	11	13	20		
PA21	20.5	81	45	54	7	21	18	60	15	10	.52	10	8	13		
PA22	21.5	60	55	61	15	30	22	49	19	12	.56	7	5	14		
PA23	22.5	85	78	58	14	21	18	65	12	9	.55	5	5	12		
PA24	23.5	85	76	46	10	19	16	62	11	8	.49	10	5	11		
PA25	24.5	128	114	60	14	24	24	62	16	7	.41	7	5	10		
PA26	25.5	94	108	66	15	30	21	80	25	15	.44	10	7	20		
PA27	26.5	84	94	56	10	27	21	74	17	9	.42	7	8	17		

\*STATION M6806 : 3960m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
B601	1.0	22	28	50	9	22	19	95	22	16	.25	8	4	5		
B602	3.0	18	22	36	6	17	15	65	14	9	.31	7	1	5		
B603	5.0	25	26	44	6	16	14	74	17	9	.35	8	3	5		
B604	7.0	20	22	42	6	15	12	75	16	10	.30	7	3	5		
B605	9.0	25	26	49	7	19	15	92	19	13	.28	8	5	9		5
B606	11.0	26	30	50	10	21	17	91	18	13	.25	8	5	7		
B607	13.0	25	26	46	7	18	13	70	15	6	.33	10	4	4		
B608	15.0	20	27	45	6	13	10	63	13	5	.36	8	4	14		5
B609	17.0	20	23	46	6	17	12	64	16	6	.35	12	7	13		5
B610	19.0	15	28	40	7	13	10	62	13	6	.34	10	8	12		5
B611	21.0	25	20	44	8	16	11	68	11	10	.26	13	7	14		6
B612	23.0	8	25	55	9	19	13	90	14	8	.35	10	9	21		12
B613	25.0	5	30	77	15	34	18	135	19	13	.32	18	19	30		16
B614	27.0	2	24	65	10	29	11	104	15	9	.32	14	11	24		11
B615	29.0	2	12	36	5	16	11	45	10	8	.32	13	12	12		5
B616	31.0	9	17	33	6	11	11	48	12	9	.26	14	7	13		
B617	33.0	11	13	32	3	12	12	44	10	6	.30	8	5	10		
B618	35.0	9	13	32	4	14	10	49	10	6	.30	5	2	10		

\*STATION M6808 : 4125m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
B801	1.5	35	25	50	8	20	16	80	20	12	.31	9	8	10		
B802	4.5	35	28	52	8	19	18	86	19	12	.35	9	8	10		
B803	7.5	54	45	45	8	12	16	70	13	6	.45	9		5		
B804	10.5	40	36	42	4	15	13	70	12	6	.45	10	5	6		7
B805	13.5	38	30	41	9	21	16	65	14	7	.47	10		7		
B806	16.5	50	40	55	9	23	19	98	17	7	.43	12	5	6		
B807	19.5	29	31	50	4	16	13	70	13	9	.35	12	5	6		4
B808	22.5	19	23	47	11	20	15	72	11	5	.30	15	10	19		8
B809	25.5	8	24	64	11	28	11	100	13	10	.32	20	14	23		10
B810	28.5	8	16	31	5	16	8	58	10	7	.33	11	10	12		8
B811	31.5	24	16	27	5	10	10	38	9	5	.39	10		11		3
B812	34.5	25	20	40	5	12	16	54	13	6	.42	17	6	13		

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
TT01	1.5	30	28	36	5	18	16	60	15	8	.43	4				
TT02	4.5	45	39	48	7	21	17	65	11	8	.43	5				
TT03	7.5	40	30	47	7	13	15	56	12	7	.39	7				
TT04	10.5	55	39	45	6	18	13	62	12	7	.41	9				
TT05	13.5	75	55	55	9	24	24	70	14	9	.43	10				
TT06	16.5	73	50	52	8	18	15	68	13	8	.41	10				
TT07	19.5	55	38	42	7	16	19	48	8	6	.46	9				
TT08	22.5	42	26	30	7	11	10	32	8	5	.48	8				
TT09	25.5	30	26	30	7	9	9	30	7	5	.42	7				
TT10	28.5	35	28	31	8	12	8	36	8	5	.43	7				
TT11	31.5	33	28	30	8	10	7	34	8	5	.34	8				

## \*STATION M6812 : 4520m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
VT01	1.5	43	33	50	6	19	19	82	19	10	.35	6	6	8		
VT02	4.5	44	35	50	7	20	18	78	19	10	.35	8	5	10		
VT03	7.5	41	36	49	9	21	19	84	18	11	.36	8	1	5		
VT04	10.5	32	29	40	6	13	11	59	10	8	.46	5	4	5		
VT05	13.5	55	45	52	6	20	16	70	16	10	.46	8				
VT06	16.5	60	48	40	9	15	15	60	10	9	.43	10				
VT07	19.5	70	44	32	3	10	9	40	5	4	.45	5				
VT08	22.5	50	38	40	3	11	11	60	10	5	.45	8				
VT09	25.5		50	50	4	20	14	65	10	7	.38	5				
VT10	28.5	90	48	45	4	18	11	58	12	5	.42	7				
VT11	31.5	50	34	26	3	6	6	30	5	1	.51	4				

## \*STATION M6813 : 4540m

ECH	PROF	SMEC	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	CPT	HBL
VM01	1.0	35	34	45	6	19	18	64	15	10	.42	7				
VM02	3.0	34	36	45	7	15	14	66	15	10	.30	9				
VM03	5.0	35	30	42	7	15	15	56	12	7	.37	9				
VM04	7.0	35	33	42	8	18	17	64	11	8	.37	7				
VM05	9.0	36	35	42	7	13	13	60	12	7	.42	7				
VM06	11.0	36	34	48	8	18	17	68	15	10	.43	9				
VM07	13.0	33	34	44	8	17	18	60	16	10	.43	7				
VM08	15.0	32	30	33	7	15	12	44	10	6	.46	7				
VM09	17.0	40	34	35	7	14	12	50	9	8	.38	8				
VM10	19.0	44	36	34	6	16	10	48	10	8	.42	8				
VM11	21.0	40	25	30	4	12	8	38	8	7	.34	9				
VM12	23.0	50	29	29	4	13	8	36	9	8	.38	10				
VM13	25.0	35	25	22	4	6	6	26	5	2	.51	6				
VM14	27.0	37	25	20	4	8	6	20	5	7	.40	10				
VM15	29.0	38	22	17	4	8	6	24	5	3	.38	4				
VM16	31.0	47	29	21	5	8	6	24	6	4	.41	8				

SMEC = SMECTITE A 17Å

CHL1, CHL2, CHL3, CHL4 = RESPECTIVEMENT LES PLANS 001, 002, 003, 004 DE LA CHLORITE

K002 = PLAN 002 DE LA KAOLINITE

M001, M002, M005 = RESPECTIVEMENT LES PLANS 001, 002, 005 DES MICAS

IAG = INDICE DE LA CRISTALLINITE DES MICAS GLYCOLES [°2THETA]

Q100 = PLAN 100 DU QUARTZ

F002 = PLAN 002 DES K-FELDSPATHS

P002 = PLAN 002 DE L'ALBITE

OL = PLAN 002 DE L'OLIGOCLASE

CPT = PLAN 020 DE LA CLINOPTILOLITE

HBL = PLAN 110 DE LA HORNBLENDE

L'\* SIGNIFIE QUE LA CAROTTE A ETE DECARBONATEE ET LES FRACTION SEPARÉES SELON LA METHODE DES POIDS ET DES VOLUMES CONSTANTS

ANNEXE 3. PREPARATIONS ORIENTEES GLYCOLEES INTENSITES BRUTES DES FRACTIONS 2-16 µm [mm]

DUMPSITE

\*STATION 483 : 4175m

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
S401	.5	21	54	11	25	14	100	30	19	.18	22	21	28		4	8
S402	1.5	24	62	13	30	15	116	34	24	.19	23	23	34		4	9
S403	3.0	29	75	13	33	19	124	32	24	.19	24	24	34		4	10
S404	5.0	28	68	11	30	18	134	35	24	.18	22	20	30		4	13
S405	7.0	37	80	15	30	20	140	49	26	.20	23	22	33			13
S406	9.0	27	65	11	30	15	114	30	22	.20	25	28	37		7	14
S407	11.5	26	68	13	32	14	114	30	24	.21	25	29	38		7	13
S408	14.5	27	65	10	32	13	100	27	19	.23	37	30	40		4	11
S409	17.5	24	56	10	29	15	80	19	15	.23	39	32	53		4	16

\*STATION 2 : 4200m

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
S201	.5	29	60	13	27	15	104	31	20	.21	23	23	34		5	6
S202	1.5	20	64	13	27	14	106	32	18	.19	24	17	40		9	8
S203	3.0	23	54	10	25	16	98	27	18	.21	21	17	28		8	6
S204	5.0	23	61	12	25	15	96	29	18	.21	22	19	32		5	7
S205	7.0	26	61	12	25	14	104	28	18	.21	23	16	42		5	7
S206	9.0	35	77	16	35	20	135	38	28	.19	27	25	33		4	11
S207	11.5	42	86	15	38	20	144	39	29	.20	30	31	54		5	16
S208	14.5	34	79	18	37	21	132	42	29	.20	35	35	57		6	10
S209	17.5	34	69	14	37	21	116	34	27	.24	36	43	50			

STATION 4 : 4300m

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
p-53	.5	15	24	5	10	7	50	12	5	.18	5	7	10		2	2
p-54	1.5	29	53	10	20	13	128	28	15	.15	9	16	23		5	4
p-55	3.0	26	53	17	21	10	115	26	16	.17	8	15	22		5	6
p-56	5.0	24	41	10	15	8	87	20	12	.18	7	10	17		4	4
p-57	7.0	24	49	10	19	10	104	24	15	.18	9	14	22		4	5
p-58	9.0	28	67	12	26	12	134	32	21	.17	15	23	30		7	13
p-59	11.5	33	79	15	30	15	160	38	25	.17	16	33	49		8	13
p-60	14.5	34	82	17	33	16	166	40	26	.16	17	32	49		7	14
p-61	17.5	31	78	16	32	13	146	35	25	.16	25	54	74		5	17
p-62	20.5	25	67	15	30	12	117	33	24	.17	23	40	72		5	16

STATION 6 : 4550m

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
p-83	.5	24	48	9	18	9	115	21	15	.13	6	15				
p-84	1.5	21	45	9	17	8	93	23	13	.15	13	12				
p-85	3.0	35	71	13	29	15	152	37	20	.15	13	25				
p-86	5.0	32	65	11	25	11	147	36	20	.15	16	18				
p-87	7.0	35	76	13	29	15	178	41	24	.15	18	27				
p-88	9.0	43	79	17	32	16	200	54	26	.14	14	28				
p-89	11.5	38	85	16	32	16	181	45	26	.15	21	48				
p-90	14.5	36	93	18	40	17	193	50	31	.15	34	61				
p-91	17.5	30	70	15	30	13	151	30	24	.16	25	52				

\*STATION 99 : 4710m

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
9901	.5	42	125	66	27	87	240	67	51	.23	33	56	90		8	17
9902	1.5	40	127	64	26	26	250	65	54	.23	48	56	93		10	24
9903	3.0	39	139	30	70	30	270	69	56	.23	48	69	93		5	28
9904	5.0	39	140	29	64	28	280	67	54	.23	36	58	105		11	30
9905	7.0	42	145	30	76	35	310	73	58	.23	43	95	100		13	29
9906	9.0	39	125	27	69	30	260	63	55	.23	44	84	110		11	20
9907	11.5	42	130	30	69	30	270	65	52	.23	58	100	134		12	30
9908	14.5	35	115	22	64	23	200	60	47	.23	46	93	127		10	37
9909	17.5	38	113	27	61	19	190	58	50	.23	55	97	163		9	50
9910	20.5	27	89	21	52	20	168	45	48	.24	53	82	107		9	26
9911	23.5	23	79	18	53	20	140	45	47	.20	65	97	130		8	24
9912	26.5	22	68	18	48	16	115	38	38	.20	70	100	158		7	27

\*STATION 97 : 4730m

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
9701	.5	23	54	10	23	13	83	24	17	.19	23	18	26		3	8
9702	1.5	22	51	9	24	10	78	21	16	.22	30	19	28		3	8
9703	3.0	23	58	12	24	12	93	26	17	.22	26	20	26		5	12
9704	5.0	24	61	14	29	18	100	29	20	.23	24	21	36		5	12
9705	7.0	27	66	13	28	15	103	32	23	.22	24	32	48		6	11
9706	9.0	21	65	14	34	17	107	33	23	.21	28	29	42		4	10
9707	11.5	34	92	20	40	20	150	46	32	.20	35	52	70		8	15
9708	14.5	30	84	15	38	19	132	42	29	.21	39	50	69		6	15
9709	17.5	28	84	15	38	19	132	42	29	.22	36	43	72		9	15
9710	20.5	30	75	15	38	19	117	40	26	.22	43	52	75		6	12
9711	23.5	29	70	14	34	17	104	32	31	.23	47	33	66		4	15
9712	26.5	27	64	10	31	15	84	24	22	.28	43	30	47		3	7

STATION 1 (GASCOGNE) : 4800m

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
P-13	.5	46	108	42	90	33	280	140	79	.14	24	35	40		6	4
P-14	1.5	57	122	24	51	20	308	81	47	.13	15	26	30		4	7
P-15	3.0	61	137	28	58	19	340	87	50	.14	18	31	37		5	8
P-16	5.0	63	144	27	57	21	356	92	53	.14	18	34	39		8	7
P-17	7.0	63	147	30	62	21	350	93	59	.14	19	31	33		8	6
P-18	9.0	56	144	29	62	21	320	94	62	.14	25	32	31		4	5
P-19	11.5	67	159	32	66	21	394	107	60	.14	23	35	37		7	7
P-20	14.5	63	163	33	69	24	372	106	66	.14	28	37	40		5	6
P-21	17.5	47	125	25	54	19	264	82	52	.15	23	25	26		5	5
P-22	20.5	46	122	28	64	18	230	83	62	.16	38	43	44		4	5
P-23	23.5	40	117	27	65	17	210	80	63	.16	39	36	42		4	5
P-24	26.5	41	124	27	59	16	229	81	62	.16	37	47	45		2	6

PLAINE ABYSSALE IBERIQUE

\*STATION 283 : 5240

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
L202	1.5	36	112	29	76	29	242	76	89	.31	65	53	48			
L203	3.0	39	123	30	80	30	244	84	88	.28	65	65	53			
L204	5.0	30	110	25	74	28	220	72	89	.30	70	49	59			
L205	8.0	42	125	30	84	32	246	76	91	.30	70	48	53			
L206	12.0	45	140	31	80	32	280	82	92	.30	78	40	44			
L207	16.0	38	114	30	76	30	230	70	85	.30	77	35	45			
L208	20.0	49	150	35	100	42	296	95	97	.29	77	38	48			
L209	24.0	60	198	46	115	47	366	102	105	.29	80	30	38			
L210	28.0	64	202	43	113	38	310	100	105	.23	89	52	62			

\*STATION 383 : 5255m

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
L301	.5	34	94	21	58	30	150	57	66	.26	43	24	30			
L302	1.5	40	108	22	59	40	176	57	43	.26	39	16	18			
L303	3.5	37	112	23	66	34	170	70	80	.26	52	30	36			
L304	6.5	50	129	26	77	42	188	70	78	.26	49	22	25			
L305	9.5	48	115	24	70	42	186	59	60	.30	49	10	13			
L306	12.5	58	132	29	73	49	210	68	69	.27	44	12	14			
L307	15.5	50	132	30	80	44	196	68	74	.27	56	14	18			
L308	18.5	48	110	18	60	37	178	56	52	.31	48	11	13			
L309	21.5	50	145	32	71	38	230	74	59	.24	63	15	24			
L310	24.5	50	140	27	77	39	210	70	59	.24	67	12	20			
L311	27.5	50	144	28	71	38	214	63	58	.24	69	16	21			
L312	30.0	50	150	31	81	33	220	69	60	.24	105	24	34			

NOAMP

\*STATION 197 : 4100m

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
T401	.5	28	65	14	29	14	125	26	20	.19	16	24	54		3	18
T402	1.5	36	70	17	28	17	142	29	18	.18	14	25	46	20	6	10
T403	3.0	39	74	15	31	19	150	33	21	.18	14	28	39	14	7	16
T404	5.0	35	78	15	30	17	154	36	21	.18	17	37	52		7	16
T405	7.0	38	73	15	30	19	136	30	22	.19	18	35	51	17	7	18
T406	9.0	33	80	15	33	18	140	34	20	.18	19	34	56	18	8	23
T407	11.5	34	72	14	25	12	118	29	18	.21	20	32	57		8	21
T408	14.5	36	69	15	25	16	121	26	18	.19	23	26	52		4	20
T409	17.5	27	62	13	28	10	103	24	18	.21	31	37	88			30
T410	20.5	16	44	8	25	9	72	16	23	.26	80	114	184			35
T411	21.5	14	42	9	21	5	68	15	21	.30	78	94	168			38
T412	23.5	17	34	7	21	4	71	14	21	.28	103	174	214			27
T413	26.0	16	54	14	33	5	97	22	23	.24	72	145	200			58
T414	27.5	18	40	10	23	10	53	17	16	.27	38	30	44	23		7

\*STATION 59 : 4420m

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
T501	.5	22	58	10	20	11	91	22	19	.18	20	29	42	16	6	7
T502	1.5	20	56	10	25	11	88	22	19	.18	22	35	40	16	6	5
T503	3.0	17	57	12	21	13	90	23	20	.19	21	28	40	18	7	10
T504	5.0	18	57	11	28	14	85	20	19	.20	24	33	50	15	5	8
T505	7.0	22	60	11	29	15	90	25	18	.20	27	39	60	22	6	12
T506	9.0	25	64	15	30	16	100	27	17	.23	33	45	70	24	7	15
T507	11.5	26	56	11	29	14	91	23	19	.23	33	49	74	28	5	10
T508	14.5	27	58	14	25	12	88	20	18	.24	33	45	72	25		17
T509	17.5	20	60	12	27	14	74	22	15	.24	35	50	76	24		12
T510	20.5	16	49	8	23	12	68	16	12	.29	49	40	71	21		10
T511	23.5	22	40	8	19	8	60	13	10	.28	55	44	77			10
T512	26.5	18	38	8	21	9	58	12	10	.33	65	68	111			12
T513	29.5	15	40	11	18	7	60	15	10	.35	70	85	133			22
T514	32.5	13	20	7	11	8	25	10	7	.42	40	12	27			
T515	35.5	12	26	5	16	9	38	11	8	.27	27	10	22			

\*STATION 31 : 4470m

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
PA31	1.5	14	36	7	18	8	42	14	13	.28	23	24	55	63		
PA32	4.5	19	34	8	22	11	43	14	14	.28	22	24	51	60		
PA33	7.5	28	36	8	19	15	47	11	13	.28	28	14	37	45		
PA34	10.5	24	33	8	15	11	38	11	10	.24	22	8	35	42		
PA35	13.5	18	30	8	17	10	26	14	13	.28	22	10	30	36		
PA36	16.5	15	30	4	18	11	33	9	9	.28	22	12	34	43		
PA37	19.5	13	29	5	13	9	30	9	10	.23	21	11	30	37		
PA38	22.5	10	28	4	13	6	27	8	10	.21	20	11	28	34		
PA39	25.5	9	20	4	14	8	25	8	9	.18	19	9	24	31		
PA40	28.5	9	23	4	14	8	20	8	9	.23	19	10	26	37		
PA41	31.5	9	20	3	14	8	16	7	9	.21	20	8	25	30		
PA42	34.5	9	19	4	14	8	19	9	9	.24	18	8	27	27		

STATION 165 : 4545m

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAG	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
PA01	.5	42	82	19	35	22	144	38	24	.17	14	29	50	43	12	13
PA02	1.5	40	87	16	37	17	170	41	27	.18	15	22	51	35	20	9
PA03	2.5	40	90	16	33	17	156	38	23	.18	15	23	47	28	15	9
PA04	3.5	35	81	18	32	17	144	35	28	.19	17	21	43	33	11	16
PA05	4.5	40	88	17	37	20	152	44	28	.19	14	28	48	41	13	13
PA06	5.5	39	85	16	35	18	155	38	24	.19	15	27	49	37	9	10
PA07	6.5	36	82	15	34	24	137	39	25	.20	23	27	52	41	15	10
PA08	7.5	30	86	18	40	20	140	40	29	.19	19	34	80	74	15	15
PA09	8.5	28	71	16	33	16	104	29	20	.19	17	25	50	31	8	10
PA10	9.5	33	73	15	32	19	124	32	21	.19	19	23	50	39	12	13
PA11	10.5	29	73	14	38	18	104	35	32	.20	27	35	102	72	13	13
PA12	11.5	23	61	19	32	20	82	28	19	.20	22	29	68	64	10	10
PA13	12.5	24	67	17	29	15	94	28	24	.18	25	33	58	55	11	12
PA14	13.5	25	63	14	30	15	88	25	18	.19	20	26	59	52	12	10
PA15	14.5	24	58	13	29	16	85	28	24	.18	22	27	55	62	9	10
PA16	15.5	20	38	9	19	12	76	19	10	.18	10	10	20	19	14	9
PA17	16.5	14	40	10	23	9	57	19	14	.20	18	20	44	49	8	6
PA18	17.5	21	52	11	23	12	73	22	17	.19	19	20	46	50	10	8
PA19	18.5	18	45	12	30	10	53	21	16	.21	25	40	89	106	13	9
PA20	19.5	20	48	10	27	8	62	16	20	.20	23	37	68	86	11	10
PA21	20.5	21	47	10	25	12	54	18	20	.21	21	30	69	80	8	7
PA22	21.5	19	47	11	24	8	54	20	18	.23	25	30	63	97	8	5
PA23	22.5	23	58	13	25	12	71	22	18	.18	17	20	53	65	15	5
PA24	23.5	24	48	10	19	7	70	21	14	.18	10	19	40	40	13	9
PA25	24.5	21	44	11	25	12	52	18	18	.22	25	25	82	87	13	8
PA26	25.5	21	47	13	26	11	62	19	18	.22	23	32	76	93	15	10
PA27	26.5	20	43	10	24	10	58	23	16	.18	20	23	59	65	7	7

## STATION M6806 : 3960m

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAN	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
B601	1.0	42	145	29	66	30	240	60	44	.16	33	63	100	39	15	42
B602	3.0	43	135	27	58	26	230	59	43	.16	39	78	105	42	13	38
B603	5.0	37	116	25	54	20	195	52	42	.16	37	75	115	49	10	42
B604	7.0	42	124	25	53	20	208	58	42	.17	33	80	120	50	10	36
B605	9.0	40	112	26	55	20	195	57	46	.18	40	89	151	51	10	49
B606	11.0	30	92	23	53	22	138	48	37	.26	49	110	162	63	4	37
B607	13.0	29	89	21	48	16	135	43	35	.24	56	152	218	80	10	62
B608	15.0	23	72	20	43	14	105	35	33	.25	50	140	200	74	6	38
B609	17.0	22	65	17	39	14	92	29	32	.27	61	152	216	63	7	39
B610	19.0	16	46	12	35	15	60	21	30	.29	76	142	196		4	29
B611	21.0	21	51	13	27	10	80	21	25	.32	66	123	170			28
B612	23.0	21	60	13	32	9	96	20	30	.32	105	210	340			31
B613	25.0	12	36	11	29	8	65	17	27	.31	85	188	240			45
B614	27.0	16	39	11	23	7	60	15	22	.30	78	180	236			23
B615	29.0	10	36	6	22	12	48	15	22	.30	55	38	66	25		
B616	31.0	15	38	7	22	12	45	13	13	.30	48	20	32	20		
B617	33.0	17	37	8	20	10	40	10	10	.32	43	9	24	17		
B618	35.0	20	37	8	19	13	52	13	11	.28	42	8	23			5

## STATION M6808 : 4125m

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAN	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
B801	1.5	40	130	25	63	21	220	67	45	.17	38	90	140	50	7	71
B802	4.5	40	154	28	69	22	260	70	453	.16	42	115	166	70	15	74
B803	7.5	42	138	24	66	22	230	59	51	.16	47	120	177	73	14	64
B804	10.5	35	120	23	60	18	180	54	49	.19	52	136	186	74	13	57
B805	13.5	29	90	18	45	15	132	43	38	.22	55	156	194	78	7	55
B806	16.5	24	80	18	45	15	112	38	34	.22	64	160	250	70	8	56
B807	19.5	20	63	13	30	10	89	27	28	.24	68	144	210	54	4	37
B808	22.5	13	32	8	15	4	52	14	18	.26	84	197	290	60		32
B809	25.5	13	32	8	15	5	70	14	15	.28	86	120	195	45		34
B810	28.5	12	30	6	21	7	40	13	17	.32	55	75	105	40		6
B811	31.5	12	33	5	14	9	35	10	11	.28	42	9	24	2		1
B812	34.5	13	42	8	14	7	45	13	17	.33	44	11	22	9		6

## STATION M6810 : 4510m

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAN	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
TT01	1.5	28	110	25	55	26	159	54	43	.16	33	59	94	80	15	22
TT02	4.5	27	103	23	54	21	157	49	38	.18	32	52	96	95	16	19
TT03	7.5	27	100	23	55	18	152	45	36	.19	30	46	100	98	17	20
TT04	10.5	19	70	18	40	18	94	34	26	.19	30	45	99	127	10	11
TT05	13.5	17	53	14	31	8	62	26	23	.22	34	34	72	98	6	7
TT06	16.5	14	42	9	25	6	54	18	19	.23	35	53	100	127	10	5
TT07	19.5	10	31	8	23	5	32	14	19	.29	31	37	90	121	3	3
TT08	22.5	10	24	8	15	9	19	10	10	.28	22	20	38	50		
TT09	25.5	10	23	8	10	5	19	8	9	.28	18	18	32	38		
TT10	28.5	10	24	8	10	5	19	8	10	.28	18	12	34	25		
TT11	31.5	10	29	5	21	8	30	11	18	.25	23	45	95	137		

STATION M6812 : 4520m

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAN	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
VT01	1.5	34	89	19	54	19	142	40	33	.18	29	35	64	48	11	18
VT02	4.5	24	77	14	40	14	121	36	27	.18	30	38	64	50	10	14
VT03	7.5	29	72	18	38	13	114	37	27	.18	29	38	70	47	8	10
VT04	10.5	24	65	14	36	14	106	40	30	.18	26	38	72	58	8	17
VT05	13.5	18	48	12	30	12	63	27	21	.22	24	36	70	82	6	6
VT06	16.5	19	63	7	33	13	88	32	28	.18	30	37	90	96	10	11
VT07	19.5	14	28	11	19	8	28	8	14	.25	19	28	55	77	3	5
VT08	22.5	22	74	15	35	15	108	38	35	.21	36	39	86	73	10	12
VT09	25.5	15	35	10	20	6	47	17	20	.27	32	33	65	76		
VT10	28.5	15	27	7	17	7	35	14	17	.20	30	36	60	97		
VT11	31.5	15	20	4	11	3	29	9	13	.25	21	17	31	41		

STATION M6813 : 4540m

ECH	PROF	CHL1	CHL2	CHL3	CHL4	K002	M001	M002	M005	IAN	Q100	F002	P002	OL	CPT	HBL
VM01	1.0	25	90	15	42	15	120	31	25	.21	31	27	48	40	9	10
VM02	3.0	24	85	16	42	18	130	36	28	.20	29	45	69	50	8	9
VM03	5.0	23	83	15	39	14	124	39	33	.20	28	50	70	59	9	8
VM04	7.0	22	89	18	42	16	130	39	32	.21	33	42	69	57	12	12
VM05	9.0	20	80	18	38	14	113	37	30	.20	30	29	74	62	12	6
VM06	11.0	19	71	17	33	13	95	33	24	.20	33	36	62	64	8	6
VM07	13.0	19	75	15	36	12	107	32	28	.20	28	39	86	83	13	10
VM08	15.0	20	65	13	34	14	76	27	23	.21	28	35	65	78	10	9
VM09	17.0	16	44	10	18	7	48	14	12	.23	27	20	36	53	7	7
VM10	19.0	13	31	6	18	10	33	12	10	.31	20	20	35	49		
VM11	21.0	13	25	3	13	10	28	10	11	.37	21	19	34	40		
VM12	23.0	9	22	2	13	8	25	8	7	.26	23	22	35	44		
VM13	25.0	10	15	2	9	3	20	8	7	.30	18	15	30	30		
VM14	27.0	8	14	1	9	4	15	5	5	.26	17	10	27	28		
VM15	29.0	8	12	1	9	4	10	3	3	.60	17	90	22	25		
VM16	31.0	7	12	1	9	4	12	3	3	.23	12	10	18	25		

## ANNEXE 4. SPECIATION DES CARBONATES [%]

## DUMPSITE

## STATION 483 : 4175m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL	BALANCE
S401	.5	8.50	8.30	.20	22.13	.3532	.2585	.3969	.4911	.4465	.8334	1.3890	.2183	.3373	100.96
S402	1.5	10.60	10.10	.50	9.38	.2480	.1839	.2990	.5731	.2043	.2392	1.3953	.2193	.2093	101.77
S403	3.0	10.50	10.20	.30	9.11	.2672	.2986	.2986	.5873	.2090	.2588	1.2940	.1991	.2090	101.59
S404	6.0	10.50	10.30	.20	9.29	.2531	.2595	.1996	.5788	.1946	.2096	1.1975	.1796	.1896	101.49
S405	9.5	10.50	10.10	.40	9.55	.2671	.2836	.2986	.5723	.1941	.2389	1.2938	.1990	.1891	101.39
S406	12.5	10.30	10.00	.30	10.68	.2813	.2934	.2984	.5620	.1890	.2586	1.1937	.1989	.1989	101.15
S407	15.5	10.00	9.80	.20	12.29	.2906	.3325	.2978	.5360	.2184	.2978	1.1912	.1985	.2085	100.97
S408	18.5	9.70	9.50	.20	15.25	.3142	.3566	.3962	.5250	.2675	.3566	1.1887	.2179	.2179	101.87
S409	22.0	8.90	8.70	.20	20.36	.3650	.4459	.4954	.4756	.2725	.5549	1.2881	.2973	.2774	101.82

## STATION 2 : 4200m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL	BALANCE
S201	.5	10.50	9.90	.60	10.44	.2575	.2172	.2990	.5730	.2093	.3288	1.0962	.2192	.2392	101.16
S202	1.5	10.30	9.90	.40	9.81	.2323	.1956	.2979	.5709	.1986	.2383	1.5886	.2383	.1986	100.69
S203	3.0	10.30	10.10	.20	9.86	.2335	.1966	.2994	.5738	.2046	.2395	1.0977	.1996	.2096	100.35
S204	5.0	10.30	9.90	.40	10.14	.2425	.1918	.2982	.5715	.1988	.2485	1.1927	.2187	.2087	99.98
S205	7.0	10.20	9.90	.30	10.27	.2521	.2082	.2982	.5665	.1988	.2584	1.1927	.1988	.2087	99.79
S206	9.0	10.00	9.80	.20	11.07	.2505	.2259	.2992	.5684	.2144	.2792	1.1966	.2393	.2094	99.55
S207	11.5	9.90	9.70	.20	12.17	.2630	.2430	.2993	.5613	.2145	.3093	1.1974	.2195	.2195	99.95
S208	14.5	9.30	9.20	.10	16.87	.2814	.2572	.2985	.5373	.2438	.3184	.7959	.2388	.2288	99.16
S209	17.5	9.80	9.50	.30	14.14	.2915	.2573	.2887	.5475	.2389	.2986	.7963	.2190	.2190	99.52

## STATION 4 : 4300m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL	BALANCE
p-53	.5	10.20	9.70	.50	9.59	.0518		.2967	.1759	.0529	.2810	1.2718	.2041	.2669	
p-54	1.5	10.20	9.52	.68	12.20	.0487		.2993	.1746	.0733	.3143	1.2373	.1636	.2594	
p-55	3.0	10.30	9.53	.77	12.01	.0510		.2882	.1878	.0721	.2852	1.2321	.1699	.2484	
p-56	5.0	10.30	9.58	.72	11.19	.0562		.3491	.1925	.0742	.5685	1.0921	.1905	.4588	
p-57	7.0	10.50	9.62	.88	12.78	.0659		.2792	.1834	.0742	.5464	1.0917	.1426	.2742	
p-58	9.0	10.50	9.75	.75	13.18	.0527		.2849	.1793	.0816	.3138	1.0210	.1634	.2341	
p-59	11.5	9.90	9.52	.38	14.48	.0575		.2967	.1748	.0836	.3207	1.0939	.1499	.2398	
p-60	14.5	9.70	9.32	.38	16.01	.0612		.3488	.1668	.0918	.3858	1.2112	.1727	.2960	
p-61	17.5	9.40	9.21	.19	18.25	.0632		.3799	.1607	.0955	.3729	.9670	.1731	.2819	
p-62	20.5	8.90	8.54	.36	21.36	.0666		.4472	.1474	.0945	.5240	1.0152	.2054	.3321	

## STATION 6 : 4570m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL	BALANCE
p-83	.5	10.00	9.73	.27	10.49	.0562	.6182	.3481	.1601	.0458	.3155	1.4320	.1173	.1940	99.57
p-84	1.5	10.05	9.85	.20	11.32	.0549	.4461	.2796	.1628	.0409	.1516	1.3980	.1011	.1348	100.03
p-85	3.0	10.07	9.87	.20	10.56	.0564	.5689	.2994	.1627	.0456	.2777	1.4380	.1086	.1747	100.23
p-86	5.0	10.10	9.89	.21	10.23	.0588	.6246	.3090	.1605	.0465	.3232	1.3160	.1130	.1495	99.89
p-87	7.0	9.93	9.83	.10	11.12	.0593	.5195	.2916	.1679	.0455	.2157	1.2460	.1002	.1508	99.22
p-88	9.0	9.83	9.73	.10	12.23	.0607	.5085	.2788	.1603	.0428	.2206	1.4340	.0993	.1394	99.94
p-89	11.5	9.83	9.69	.14	13.03	.0647	.5288	.2829	.1606	.0441	.2239	1.1920	.1007	.1414	99.95
p-90	14.5	9.60	9.38	.22	14.67	.0707	.7104	.3913	.1465	.0602	.4321	1.1040	.1229	.2107	100.36
p-91	17.5	9.32	9.27	.05	15.89	.0737	.7664	.4081	.1393	.0630	.4885	1.1140	.1295	.2243	100.38
p-92	20.5	8.99	8.94	.05	17.56	.0798	.7952	.4491	.1367	.0666	.6207	1.1180	.1420	.2675	99.99

## STATION 13 : 4700m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL	BALANCE
p127	.5	10.20	9.91	.30	11.42	.0534		.2537	.1708	.0706	.2747	1.7381	.1299	.1698	
p128	1.5	10.40	9.83	.57	10.53	.0567		.3490	.1785	.0720	.4700	1.2988	.1765	.3272	
p129	3.0	10.40	9.79	.61	11.60	.0529		.2847	.1832	.0704	.2967	1.1598	.1294	.2190	
p130	5.0	10.30	9.62	.68	11.64	.0522		.2890	.1794	.0631	.2801	1.1612	.1425	.1844	
p131	7.0	10.60	9.86	.74	11.32	.0589		.2651	.1787	.0611	.3297	1.0873	.1291	.1589	
p132	9.0	10.00	9.68	.32	11.44	.0653		.3365	.1876	.0684	.5976	1.0176	.1698	.1886	
p133	11.5	10.20	9.63	.57	13.55	.0581		.3123	.1746	.0724	.3602	1.0926	.1497	.2544	
p134	14.5	10.00	8.88	1.12	16.22	.0609		.3369	.1610	.0832	.3697	1.0186	.1491	.2534	
p135	17.5	8.30	8.09	.21	25.17	.0718		.4537	.1380	.0993	.5828	.9432	.1837	.2979	
p136	20.5	9.80	8.68	1.12	18.81	.0653		.4042	.1527	.0780	.5010	1.0231	.1777	.2895	
p137	23.5	8.70	7.45	1.25	28.52	.0812		.5570	.1199	.1031	.6066	1.0160	.2508	.4559	
p138	26.5	7.50	6.77	.73	33.60	.0816		.5991	.1077	.1037	.6948	1.0217	.2462	.4187	

## STATION 99 : 4710m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL	BALANCE
9901	.5	10.00	9.50	.50	13.83	.1969	.2033	.3480	.9197	.2535	.2187	1.5908	.3778	.1889	101.93
9902	1.5	10.09	9.60	.49	12.33	.1843	.1962	.3271	.9415	.2626	.2081	1.3875	.3370	.1883	100.55
9903	3.0	10.33	9.40	.93	12.71	.2017	.1737	.3195	.9234	.2596	.1897	1.3976	.2795	.1797	100.69
9904	5.0	9.75	9.60	.15	12.75	.1904	.1200	.2876	.9423	.2133	.1389	1.2894	.4166	.1587	99.02
9905	7.0	9.63	9.50	.13	13.92	.2031	.1294	.2887	.9208	.2041	.1493	1.3936	.2787	.1493	99.41
9906	9.0	9.92	9.20	.72	14.35	.1904	.1899	.3174	.9174	.2678	.2182	1.2893	.2777	.1785	99.71
9907	11.5	9.72	9.10	.62	15.49	.1784	.2423	.3667	.8920	.2924	.2775	1.0902	.2973	.1982	99.58
9908	14.5	9.35	8.70	.65	17.63	.2098	.2682	.3996	.8492	.3097	.3097	1.2987	.3197	.1998	99.29
9909	17.5	8.92	8.60	.32	19.40	.2165	.3083	.4270	.8193	.3376	.3972	1.1917	.3376	.2284	99.25
9910	20.5	8.52	8.30	.22	21.60	.2138	.3582	.4896	.7743	.3747	.4896	1.1989	.3797	.2698	99.28
9911	23.5	8.07	7.70	.37	25.97	.2457	.4032	.5548	.7183	.3914	.5449	1.1889	.4359	.2774	99.64
9912	26.5	7.67	7.00	.67	30.39	.2675	.4062	.6188	.6737	.3892	.5689	1.2974	.4591	.2794	99.83

## STATION 8 : 4725m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL	BALANCE
p-63	.5	9.64	9.51	.13	12.03	.0502	.6745	.3247	.1948	.0520	.2848	2.5629	.1479	.1299	101.59
p-64	1.5	10.15	9.59	.56	12.23	.0499	.6580	.3228	.2185	.0516	.2344	1.4303	.1361	.1589	100.89
p-65	3.0	10.07	9.66	.41	12.41	.0646	.6610	.3118	.1946	.0519	.2355	1.3120	.1367	.1696	100.81
p-66	5.0	10.12	9.69	.43	12.19	.0524	.7221	.3113	.1942	.0518	.2470	1.1853	.1474	.1594	100.65
p-67	7.0	9.91	9.61	.30	12.51	.0524	.6596	.2813	.1991	.0518	.2469	1.0603	.1254	.1593	99.33
p-68	9.0	10.13	9.65	.48	12.77	.0525	.6614	.2820	.1947	.0499	.2596	1.0633	.1148	.1398	100.52
p-69	11.5	9.78	9.54	.24	13.88	.0643	.7698	.3228	.1937	.0546	.4430	.9932	.1251	.1788	100.53
p-70	14.5	9.44	9.20	.24	16.41	.0619	.8442	.3675	.1837	.0596	.4459	.9931	.1361	.1817	100.43
p-71	17.5	9.20	8.82	.38	18.31	.0538	.8497	.4123	.1799	.0630	.4568	.9396	.1479	.1999	99.74
p-72	20.5	8.52	8.02	.50	24.06	.0743	.8870	.5122	.1499	.0760	.6316	.9694	.1699	.2099	100.16

## STATION 97 : 4730m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL	BALANCE
9701	.5	9.91	9.50	.41	11.91	.2782	.3477	.4074	.8693	.2235	.3676	1.7884	.3775	.2484	101.25
9702	1.5	9.89	9.60	.29	12.23	.2629	.2544	.3784	.8961	.2191	.2489	1.8919	.3385	.1991	101.43
9703	3.0	9.91	9.70	.21	12.66	.1978	.2043	.3197	.9241	.2248	.2198	1.2987	.2997	.1898	100.44
9704	5.0	9.97	9.80	.17	11.76	.2085	.2248	.3176	.8934	.2233	.2680	1.3897	.3375	.1886	100.69
9705	7.0	9.89	9.80	.09	12.46	.1967	.2295	.3477	.8941	.1987	.2484	.8941	.3576	.1987	99.82
9706	9.0	9.71	9.70	.01	12.58	.1678	.1802	.3096	.9237	.2197	.1897	1.3900	.2596	.1598	99.58
9707	11.5	9.92	9.70	.22	12.89	.1727	.2054	.3176	.9179	.2134	.2282	1.2901	.2779	.1786	100.64
9708	14.5	9.65	9.31	.34	14.65	.1846	.2200	.3573	.8684	.2382	.2481	1.3894	.2977	.1786	100.04
9709	17.5	9.42	9.20	.22	16.58	.2036	.1931	.3394	.8484	.2346	.2096	1.2975	.3394	.1597	100.15
9710	20.5	9.69	9.10	.59	17.26	.1969	.2233	.3481	.8454	.2337	.2586	.9946	.3183	.1790	100.79
9711	23.5	8.57	8.55	.02	22.25	.2162	.2683	.4067	.7688	.2926	.3571	1.0912	.3373	.2083	99.99
9712	26.5	8.35	8.20	.15	24.79	.2344	.3168	.4469	.7448	.2979	.4171	.9930	.3575	.2185	100.23

STATION 1 (GASCOGNE) : 4800m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL BALANCE
p-13	.5	8.44	8.01	.43	22.98	.0559	.6962	.4973	.1492	.0446	.4436	2.3026	.2019	.1989 101.58
p-14	1.5	8.58	7.98	.60	24.69	.0713	.7076	.3782	.1640	.0508	.4236	1.5274	.1767	.1854 101.22
p-15	3.0	9.01	8.18	.83	22.47	.0696	.6275	.3445	.1673	.0512	.3927	1.2303	.1565	.1575 100.33
p-16	5.0	8.43	7.88	.55	25.39	.0722	.6670	.3582	.1581	.0514	.4753	1.2994	.1571	.1877 100.33
p-17	7.0	7.90	7.44	.46	28.90	.0792	.8132	.4312	.1577	.0532	.5421	1.3553	.1784	.2070 100.58
p-18	9.0	6.99	6.54	.45	35.51	.0941	.9314	.4779	.1275	.0553	.8588	1.2255	.2098	.2549 100.67
p-19	11.5	6.21	5.99	.22	42.60	.1050	.7951	.4721	.1153	.0612	.8240	.8697	.2018	.2187 100.98
p-20	14.5	5.76	5.08	.68	47.55	.1141	.9084	.5087	.1027	.0554	1.0223	1.1192	.2287	.2616 101.67
p-21	17.5	4.59	4.20	.39	52.83	.1362	.9715	.5665	.0805	.0590	1.3976	1.2314	.2622	.2809 100.25
p-22	20.5	3.85	3.44	.41	59.02	.1464	1.2480	.6115	.0599	.0599	1.5475	1.1881	.2796	.3494 101.14
p-23	23.5	2.56	2.10	.46	69.98	.1416	.8665	.6684	.0376	.0812	1.2181	1.3617	.2555	.2872 100.10
p-24	26.5	2.79	2.30	.49	67.35	.1623	1.0545	.7071	.0407	.1479	1.5383	1.2406	.2888	.3474 100.48

## PLAINE ABYSSALE IBERIQUE

STATION 283 : 5240m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL	BALANCE
L202	1.5	5.94	5.30	.64	43.69	.3426	.5721	.5079	.4581	.3436	1.1551	1.3941	.9560	.3983	101.98
L203	3.0	5.41	5.30	.11	44.21	.4188	.5701	.5359	.4565	.3473	1.1114	1.2901	.9527	.3771	100.12
L204	5.0	5.67	5.10	.57	44.71	.4148	.4806	.5384	.4587	.3390	.9373	1.4957	.9173	.3191	100.25
L205	8.0	5.66	5.10	.56	44.72	.4328	.5350	.6948	.3921	.3524	1.6873	1.1911	1.1514	.6452	103.43
L206	12.0	4.26	3.70	.56	57.72	.5455	.5825	.6294	.2748	.3896	1.4387	1.1989	1.0391	.3797	102.94
L207	16.0	3.97	3.40	.57	59.73	.5575	.6023	.6869	.2439	.4629	1.5530	1.1946	1.1150	.4181	103.19
L208	20.0	3.26	2.80	.46	62.52	.6341	.4920	.8647	.1888	.6162	2.3656	1.2921	1.4710	.7951	105.14
L209	24.0	2.25	1.50	.75	71.51	.9111	.6254	.7625	.1040	.5348	1.9608	1.2874	1.1884	.4258	101.53

STATION 383 : 5255m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL	BALANCE
L301	.5	5.78	5.50	.28	40.46	.3756	.4026	.7592	1.0989	.3546	1.6883	1.9980	.6593	.6993	103.12
L302	1.5	5.75	5.50	.25	41.43	.3877	.5826	.6196	1.0742	.3348	1.2991	1.6988	.5396	.4697	101.17
L303	3.5	5.89	5.50	.39	40.88	.6486	.7835	.5554	1.0166	.3174	1.2695	1.2893	.5157	.4165	100.00
L304	6.5	5.09	4.70	.39	47.24	.4090	.4763	.7481	.9227	.3342	1.9551	1.7955	.6584	.7481	104.16
L305	9.5	3.49	3.30	.19	60.14	.4941	.5611	.8037	.6202	.3721	2.2227	1.1907	.7144	.8930	104.69
L306	12.5	3.21	3.10	.11	61.55	.4895	.2278	.8754	.1990	.3780	2.5070	1.2933	.7760	1.0446	105.33
L307	15.5	3.38	3.10	.28	60.97	.4956	.1294	.8658	.1940	.3732	2.4082	.9951	.7563	.9454	103.67
L308	18.5	3.25	3.00	.25	62.41	.5528	.6391	.7982	.1696	.3692	1.9158	.8980	.6186	.6486	102.11
L309	21.5	2.60	2.30	.30	69.42	.5398	.4028	1.0096	.1000	.4298	2.2791	.6997	.6597	.8996	104.87
L310	24.5	2.70	2.40	.30	68.70	.6591	.3320	1.0086	.0999	.4494	2.2868	.6990	.6191	.8888	104.78
L311	27.5	2.83	2.30	.53	70.29	.7313	.4757	.7932	.0967	.3470	1.5386	.5949	.4759	.3466	101.64
L312	30.0	2.82	2.30	.52	70.17	.7331	.3483	.7951	.0959	.3479	1.6143	.4970	.4771	.4318	101.50

NOAMP

STATION 197 : 4100m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL BALANCE	
T404	5.0	10.00	9.61	.39	13.05	.2442	.1856	.3574	.8935	.1837	.2184	.7942	.1787	.1688	99.16
T405	7.0	9.70	9.25	.45	15.85	.2769	.1908	.4881	.8219	.2241	.2291	.8966	.1992	.1494	99.68
T406	9.0	9.60	8.95	.65	16.47	.2835	.2306	.4692	.7986	.2246	.2895	.9982	.2196	.1797	99.17
T407	11.5	9.10	8.75	.35	19.55	.2971	.2437	.5184	.7726	.2143	.3190	.7975	.2193	.1794	99.13
T408	14.5	8.90	8.20	.70	23.13	.3161	.2733	.6162	.7206	.2137	.3678	.8945	.2584	.1988	100.15
T409	17.5	7.20	6.70	.50	35.96	.3079	.3824	.9635	.3924	.1937	.6059	.6953	.2980	.2583	100.96
T410	20.0	6.00	5.00	1.00	48.69	.4122	.3379	1.4168	.2328	.1437	.5350	.5945	.2774	.2279	101.40
T411	21.5	5.10	4.50	.60	54.58	.3984	.3270	1.8829	.1239	.1140	.5649	.2973	.2973	.2279	101.71
T412	23.5	6.00	5.10	.90	47.49	.3668	.1688	2.3793	.1537	.1933	.5948	.2974	.2974	.2379	101.77
T413	26.0	5.80	5.20	.60	46.82	.3922	.4249	2.3175	.1139	.1832	.6834	.3962	.3367	.2872	101.59
T414	27.5	3.60	2.70	.90	61.53	.4465	.3897	2.4419	.0498	.1993	1.8040	.9269	.4585	.0897	100.75

STATION 59 : 4420m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL BALANCE	
T501	.5	10.00	9.90	.10	12.39	.2629	.1676	.3990	.5187	.1945	.2594	1.5960	.1995	.2095	102.35
T502	1.5	10.00	9.90	.10	12.19	.2793	.1922	.2988	.5279	.2092	.2689	1.0956	.1992	.2092	102.72
T503	3.0	9.90	9.80	.10	12.54	.2818	.1963	.2990	.5282	.2093	.2791	1.0963	.1993	.1993	102.23
T504	5.0	9.90	9.80	.10	12.85	.2908	.1957	.2980	.5264	.2135	.2880	.9932	.1986	.1986	102.29
T505	7.0	9.90	9.80	.10	12.86	.2952	.2142	.3967	.5356	.2132	.3372	.9918	.2182	.2281	100.77
T506	9.0	9.60	9.50	.10	14.43	.3103	.2252	.3978	.5171	.2088	.3282	.9944	.2188	.2088	99.77
T507	11.5	9.30	9.00	.30	17.67	.3429	.2766	.4984	.4934	.2342	.4386	.9967	.2392	.2492	100.35
T508	14.4	8.80	8.60	.20	20.69	.3728	.2917	.6993	.4645	.2448	.4695	.8991	.2398	.2298	99.80
T509	17.5	8.60	8.10	.50	24.39	.3966	.3187	.6983	.4389	.2544	.5686	.9975	.2793	.2793	101.27
T510	20.5	7.30	7.00	.30	31.66	.4187	.3652	.8980	.3692	.2245	.7084	.8980	.3193	.3193	99.29
T511	23.5	6.60	6.00	.60	39.35	.4499	.3525	1.0968	.2742	.1944	.7777	.7977	.3191	.3290	100.11
T512	26.5	5.30	4.50	.80	50.69	.4746	.3634	1.7871	.1191	.1787	.7844	.3971	.3177	.3276	99.78
T513	29.5	5.60	4.70	.90	48.21	.4978	.3567	1.9818	.0793	.3369	.7231	.2973	.2973	.2874	99.06
T514	32.5	2.40	2.10	.30	66.67	.6915	.3698	1.1977	.0948	.2994	2.1559	.8983	.7386	.9183	101.02
T515	35.5	3.40	2.90	.50	60.89	.5641	.3805	.9987	.1448	.2047	1.8176	1.1964	.7191	.8389	101.82

STATION 31 : 4470m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL BALANCE	
PA31	1.5	9.43	9.15	.28	15.61	.1723	.3332	.4258	.8169	.2376	.4555	1.7824	.3565	.2773	101.88
PA32	4.5	9.33	9.22	.11	14.67	.2297	.3320	.3994	.7989	.2447	.4494	1.4979	.3196	.2696	100.00
PA33	7.5	8.66	8.20	.46	18.70	.2518	.4247	.5396	.7494	.2798	.9193	1.5987	.4596	.4496	99.71
PA34	10.5	7.01	6.62	.39	30.45	.3626	.4622	.7629	.6192	.3369	1.4664	1.8825	.6737	.7431	102.20
PA35	13.5	5.82	5.43	.39	39.54	.4575	.5579	.5569	.3729	.3282	1.5316	2.1880	.7161	.7956	102.48
PA36	16.5	3.38	2.89	.49	56.00	.7800	.5815	1.1670	.2294	.4089	2.3539	2.3938	.9775	1.2468	104.16
PA37	19.5	3.43	2.83	.60	58.04	.7496	.5652	1.1006	.2181	.3917	2.0625	2.4789	.9519	1.1403	104.92
PA38	22.5	2.59	2.10	.49	65.47	.8034	.5494	1.0440	.1591	.4474	1.8693	2.5853	.9148	1.0440	105.08
PA39	25.5	2.68	2.36	.32	60.65	.7923	.5094	1.2973	.1796	.5638	2.8740	2.3950	1.1177	1.4969	106.49
PA40	28.5	2.55	2.27	.28	62.43	.7751	.5563	1.1286	.1598	.4744	1.9577	2.8965	.9988	1.0987	104.25
PA41	31.5	2.27	1.30	.97	67.88	.6115	.5966	1.1317	.1291	.5162	1.9458	2.6804	.8736	1.1417	103.63
PA42	34.5	1.70	1.30	.40	65.27	.6775	.4027	1.4388	.1199	.5645	3.1974	3.0975	1.1990	1.6986	106.28

## STATION 54 : 4490m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL	BALANCE
P501	.5	9.78	9.40	.38	10.96	.2915	.3215	.3394	.8486	.2646	.4692	1.3976	.3195	.3095	98.60
P502	1.5	9.61	9.40	.21	11.86	.2751	.3270	.3489	.8722	.2691	.4884	1.3955	.3190	.3190	98.99
P503	3.0	9.41	9.30	.11	11.97	.3083	.3108	.3580	.8454	.2636	.4973	1.4918	.3381	.3282	98.22
P504	5.0	9.84	9.40	.44	11.20	.2857	.3017	.3497	.8492	.2598	.4896	1.4987	.3397	.3297	99.47
P505	7.0	9.57	9.30	.27	12.35	.2618	.2653	.3698	.8395	.2748	.6396	1.4991	.3398	.3698	99.71
P506	9.0	9.29	8.90	.39	14.57	.2651	.3692	.4186	.7973	.2890	.7475	1.4949	.3787	.3986	99.78
P507	11.5	9.29	8.90	.39	15.42	.2524	.1575	.4272	.7948	.2931	.7452	1.3910	.3775	.3974	99.93
P508	14.5	8.74	8.40	.34	19.18		.4921	.5065	.7696	.3227	.9533	1.3903	.4369	.4866	101.15
P509	17.5	8.31	7.50	.81	21.22	.3029	.4579	.5879	.6975	.3288	1.1259	1.4946	.5381	.5978	98.80
P510	20.5	6.70	6.60	.10	30.60	.4092	.4546	.7784	.5739	.3543	1.6766	1.6966	.6786	.8483	101.64
P511	23.5	5.36	5.20	.16	39.53	.4756	.4107	.9692	.3897	.3897	2.1183	2.0983	.8593	1.0991	102.88
P512	26.5	3.43	2.90	.53	53.56	.6072	.2742	1.2343	.2090	.4927	2.8270	2.3890	1.0751	1.6922	104.61
P513	29.5	2.54	2.00	.54	58.81	.6880	.2503	1.4474	.1685	.7733	3.8069	2.7759	1.3086	2.1810	108.75
P514	32.5	2.26	1.90	.36	59.29	.7197	.2934	1.5167	.1536	.9120	3.9255	2.8747	1.3481	2.2799	109.01
P515	35.5	1.99	1.70	.29	61.36	.7001	.4366	1.4520	.1492	.6564	3.7792	2.8841	1.3128	2.1880	108.48

## STATION 165 : 4545m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL	BALANCE
PA01	.5	10.20	9.50	.70	11.07	.2258	.2308	.2997	.9491	.2598	.2698	1.4987	.2598	.2098	99.72
PA04	3.5	10.40	9.50	.90	11.23	.2180	.2289	.2675	.9412	.2527	.2774	1.1889	.2378	.2180	99.74
PA05	4.5	10.40	9.50	.90	11.24	.3620	.3128	.2794	.9718	.2612	.3401	1.0933	.2672	.2430	99.99
PA06	5.5	10.30	9.50	.80	11.80	.2181	.2399	.2776	.9169	.2528	.2875	1.1895	.2577	.2181	100.04
PA07	6.5	9.70	9.50	.20	13.48	.2357	.2723	.3070	.9160	.2624	.3466	1.2874	.2773	.2377	100.17
PA08	7.5	9.90	9.60	.30	12.56	.3027	.3761	.2975	.5206	.2578	.3255	.9917	.2777	.2350	99.77
PA09	8.5	9.50	9.40	.10	14.61	.3179	.4093	.3969	.4961	.2778	.3451	.9922	.3373	.2976	100.02
PA10	9.5	9.20	9.10	.10	16.28	.2987	.4208	.3999	.4874	.2999	.3577	1.0997	.3599	.3289	99.70
PA12	11.5	8.70	8.50	.20	19.93	.3395	.4301	.4963	.4591	.3077	.3776	1.1912	.4169	.3951	99.52
PA14	13.5	7.80	7.60	.20	27.51	.4235	.5077	.5993	.4395	.3396	.4035	1.2984	.5394	.5224	100.93
PA16	15.5	6.90	6.80	.10	32.57	.4711	.3456	.6992	.3896	.3596	.4261	1.4984	.6393	.7032	100.22
PA18	17.5	6.30	5.90	.40	38.55	.5312	.4369	.7988	.3495	.3645	.4351	1.5477	.6990	.7728	100.64
PA20	19.5	4.10	3.60	.50	52.72	.6799	.3942	1.1950	.2490	.4182	.4606	2.1908	.9560	1.2308	100.45
PA22	21.5	4.90	4.60	.30	46.26	.6423	.3160	.8977	.2942	.4139	.4568	1.8951	.8977	1.1251	99.66
PA24	23.5	2.70	2.60	.10	61.15	.7506	.4409	1.0979	.1946	.5190	.4749	1.9962	1.0780	1.4852	99.67
PA26	25.5	3.00	2.90	.10	58.74	.7396	.4354	.9951	.1990	.4777	.4716	1.9405	1.0548	1.4051	99.08

## ANNEXE 5. SPECIATION DES CARBONATES FRACTION &lt;63 µm NOAMP [%]

STATION M6806 : 3960m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL	BALANCE
B601	1.0	10.73	10.49	.24	10.74	.3671	.2877	.1984	.6266	.3175	.2676	.0794	.1191	.2480	102.05
B602	3.0	10.70	10.51	.19	10.75	.3771	.2653	.2986	.6221	.2986	.2647	.0995	.1195	.2399	102.17
B603	5.0	10.61	10.22	.39	10.94	.3977	.3344	.5954	.6078	.3176	.2926	.0695	.1389	.2630	101.43
B604	7.0	10.59	10.12	.47	11.77	.3972	.3618	.2973	.5946	.3369	.3120	.0396	.1586	.2785	101.34
B605	9.0	10.58	10.00	.58	12.01	.4086	.3536	.5586	.5925	.3392	.3069	.0399	.1397	.2594	101.29
B606	11.0	10.48	9.66	.82	14.62	.3839	.4090	.3962	.5635	.3565	.3256	.0594	.1585	.2694	101.96
B607	13.0	9.73	9.62	.11	17.07	.6894	.4100	.3971	.5461	.3574	.3384	.0695	.1787	.2810	101.61
B609	17.0	8.66	8.61	.05	23.87	.6250	.4916	.5964	.4846	.3976	.3762	.0696	.2584	.3857	100.88
B610	19.0	7.69	7.05	.64	33.07	.6408	.4761	.8984	.3618	.3394	.3947	.0499	.2995	.4592	100.03
B611	21.0	6.78	6.69	.09	34.57	.5896	.5277	1.1959	.2242	.2392	.3877	.0598	.2990	.4046	96.89
B612	23.0	6.25	5.39	.86	44.86	.6668	.5282	1.5962	.1561	.2195	.3993	.0399	.3392	.4599	100.07
B613	25.0	6.39	5.43	.96	43.76	.7100	.5193	1.8831	.0867	.3568	.4936	.0198	.3568	.4034	100.18
B614	27.0	6.03	5.05	.98	47.17	.7899	.5286	1.7969	.0814	.4193	.4026	.0299	.3794	.4203	100.25
B615	29.0	2.17	2.10	.07	70.18	.8675	.4499	.9922	.0868	.3175	.4767	.1290	.9128	1.3970	98.65
B616	31.0	1.89	1.81	.08	72.17	.9845	.3765	.8964	.0996	.2988	.4820	.1195	.9163	1.5578	98.55
B617	33.0	3.49	3.45	.04	60.72	.7950	.3697	.7950	.1058	.2932	.4696	.1391	.7751	1.3276	99.41
B618	35.0	2.85	2.65	.20	67.11	.8200	.3400	.8935	.1365	.3574	.4703	.1191	.7545	1.3263	99.76

STATION M6808 : 4125m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL	BALANCE
B801	1.5	10.78	10.41	.37	11.91	.2800	.3150	.2983	.5594	.2784	.2854	.1094	.1392	.2526	103.41
B802	4.5	10.51	10.32	.19	12.38	.2846	.3381	.2986	.5723	.2986	.2933	.1194	.1592	.2607	102.63
B803	7.5	10.45	9.89	.56	13.98	.3148	.3778	.2988	.5728	.3188	.3166	.1096	.1594	.2809	102.20
B804	10.5	10.28	9.71	.57	15.10	.3174	.3386	.3963	.5573	.3220	.3301	.0991	.1783	.3012	102.05
B805	13.5	9.73	9.21	.52	18.39	.3483	.4266	.3976	.5159	.3379	.3488	.0994	.1988	.3181	101.32
B806	16.5	9.01	8.46	.55	24.08	.3907	.4549	.6948	.4591	.3573	.3647	.1092	.2382	.3524	101.68
B807	19.5	7.85	7.26	.59	33.12	.4174	.4808	.8953	.3546	.3183	.3860	.1094	.2984	.4228	101.64
B808	22.5	6.45	5.58	.87	45.11	.4097	.4633	1.5955	.1620	.2194	.3861	.0698	.3191	.4009	101.60
B808	22.5	9.65	9.09	.56	19.50	.6410	.4209	.4958	.5270	.3669	.3581	.0595	.1983	.3133	101.64
B809	25.5	6.39	5.44	.95	44.40	.4171	.5260	2.0875	.0870	.3976	.3901	.0497	.3579	.3936	100.98
B810	28.5	4.81	3.94	.87	55.60	.5281	.4461	1.8832	.0932	.3370	.4290	.1289	.5749	.6859	100.57
B811	31.5	2.56	2.14	.42	71.79	.5029	.4100	.8945	.0994	.2783	.4608	.2087	.8548	1.2842	101.30
B812	34.5	2.70	2.12	.58	70.38	.5388	.3076	.9971	.1187	.3590	.4645	.1795	.8376	1.3002	100.26

STATION M6810 : 4510m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL	BALANCE
TT01	1.5	10.58	10.27	.31	13.55	.2554	.4546	.1992	.5727	.3187	.3034	.1295	.1593	.2719	103.99
TT02	4.5	10.43	10.19	.24	13.77	.2897	.2958	.1992	.5917	.3387	.3156	.1295	.1793	.2958	103.13
TT03	7.5	10.30	10.15	.15	14.17	.2898	.2721	.1993	.5671	.3388	.3204	.1196	.1794	.2840	102.76
TT04	10.5	10.00	9.83	.17	14.57	.3401	.3302	.2976	.5397	.3423	.3500	.1190	.1984	.3383	101.16
TT05	13.5	8.97	8.47	.50	22.80	.3976	.3911	.4980	.4920	.3785	.3856	.1594	.2789	.4592	100.50
TT06	16.5	8.12	7.55	.57	31.13	.4786	.4497	.5963	.4537	.3975	.3769	.2087	.3777	.6102	102.50
TT07	19.5	6.00	5.99	.01	43.79	.6112	.4690	.7943	.3599	.4170	.4541	.2879	.5163	.8439	101.98
TT08	22.5	3.79	3.53	.26	59.33	.7586	.1543	.9945	.2362	.4376	.5001	.4177	.7161	1.2929	100.07
TT09	25.5	3.00	2.59	.41	64.89	.7917	.4451	1.2903	.1926	.4467	.5140	.4367	.7940	1.5881	100.72
TT10	28.5	2.56	2.53	.03	66.14	.8168	.3776	1.1901	.1860	.4959	.5175	.3967	.8529	1.7177	100.26
TT11	31.5	5.70	5.66	.04	42.05	.6492	.2865	.9914	.3534	.4759	.5008	.4164	.6741	1.3205	100.05

## STATION M6812 : 4520m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL	BALANCE
VT01	1.5	10.79	10.27	.52	13.02	.2761	.3504	.0993	.5835	.2980	.2974	.1291	.1589	.2692	103.82
VT02	4.5	10.60	10.29	.31	13.35	.2865	.3262	.1984	.5828	.2976	.3044	.1587	.1786	.2808	103.83
VT03	7.5	10.64	10.29	.35	12.49	.2760	.3499	.1986	.5832	.2780	.2980	.1291	.1787	.2611	102.99
VT04	10.5	10.59	10.05	.54	13.81	.2981	.3431	.2985	.5472	.3184	.3292	.1691	.2189	.3154	103.62
VT05	13.5	9.53	8.73	.80	20.15	.3832	.3736	.3967	.5395	.3768	.3769	.2083	.3173	.4572	101.05
VT06	16.5	9.73	9.00	.73	17.73	.3378	.4466	.2991	.5299	.3389	.3568	.2891	.2991	.3689	100.40
VT07	19.5	6.68	6.56	.12	37.54	.5759	.4558	.6990	.3934	.4194	.4349	.4094	.6191	.9785	101.60
VT08	22.5	10.04	9.71	.33	15.24	.3241	.4459	.1991	.5539	.3334	.3352	.1792	.2190	.3115	101.52
VT09	25.5	8.76	8.40	.36	24.29	.4283	.3954	.4985	.4800	.3788	.3900	.2891	.3589	.5014	101.52
VT10	28.5	8.26	7.88	.38	28.15	.4655	.4401	.5978	.4424	.3836	.4060	.3487	.4384	.6377	102.19
VT11	31.5	6.28	5.70	.58	42.70	.6276	.4816	.6960	.3420	.4573	.4422	.3977	.6761	1.0658	101.72

## STATION M6813 : 4540m

ECH	PROF	CTOT	CMIN	COT	RI	PO4	SIO2	MG	SR	MN	FE	NA	K	AL	BALANCE
VM01	1.0	10.53	10.15	.38	13.22	.2759	.1903	.2977	.5706	.3176	.3160	.3076	.1985	.2838	103.16
VM02	3.0	10.47	10.25	.22	12.92	.2677	.3429	.1989	.5658	.2983	.3125	.1691	.1989	.2774	102.84
VM03	5.0	10.50	10.17	.33	13.12	.2933	.3347	.1987	.5589	.2981	.3118	.1689	.1987	.2733	102.74
VM04	7.0	10.47	10.05	.42	13.33	.2928	.3380	.1984	.5643	.3074	.3259	.2083	.2182	.2836	102.50
VM05	9.0	10.31	9.82	.49	14.47	.3033	.3600	.1996	.5613	.3393	.3418	.1596	.2395	.3103	102.07
VM06	11.0	10.24	9.35	.89	15.76	.3287	.3911	.2988	.5543	.3486	.3511	.1494	.2391	.3207	101.18
VM07	13.0	9.80	9.29	.51	17.84	.3498	.3827	.2985	.5288	.3582	.3631	.1990	.2786	.3423	101.65
VM08	15.0	9.38	9.12	.26	19.85	.3716	.4187	.3983	.5103	.3634	.3729	.1892	.2788	.3913	101.76
VM09	17.0	8.74	8.71	.03	23.02	.3962	.4491	.4963	.4963	.3772	.3906	.2481	.3375	.4536	101.41
VM10	19.0	8.49	8.10	.39	26.18	.4433	.4766	.4961	.4837	.3820	.4051	.2679	.4366	.5973	101.62
VM11	21.0	7.81	7.51	.30	28.62	.4861	.4647	.5952	.4588	.3968	.4269	.2579	.4762	.8532	100.01
VM12	23.0	7.27	6.87	.40	34.35	.5397	.4307	.5975	.4232	.4182	.4447	.3884	.5776	.9839	101.74
VM13	25.0	6.51	6.31	.20	38.72	.5774	.4099	.7948	.3850	.4222	.4546	.2186	.6755	1.2398	101.65
VM14	27.0	6.35	5.78	.57	41.64	.5645	.4027	.7962	.3732	.4279	.4603	.2389	.7564	1.2898	101.86
VM15	29.0	5.51	5.10	.41	45.92	.6217	.4515	.8961	.3361	.3784	.4666	.2688	.7966	1.3343	100.46
VM16	31.0	5.09	4.86	.23	48.68	.6613	.4234	.8975	.3116	.4188	.4896	.2493	.7778	1.4479	100.93

Probenbez.	Distanz von Oberfläche (cm)
------------	--------------------------------

P-73	0 - 1
P-74	1 - 2
P-75	2 - 4
P-76	4 - 6
P-77	6 - 8
P-78	8 -10
P-79	10 -13
P-80	13 -16
P-81	16 -19
P-82	19 -22

Herkunftsart (Stationen) der horizontalen Sedimente  
Wassertiefe 4300 - 4500 m

Probenbez.	Station Nr.
------------	-------------

F-1	1
F-34	2
F-43	4
F-73	6
F-104	11
F-115	13
F-149	15

ANNEXE 6 : Konzentrationen der SP-Proben (korrigiert für Blank und Zähluntergrund)

Filter Station	Meter ü.Grund	Meter Gewicht	Na ppm	Al %	Cl ppm	K ppm	Ca %	Sc ppm	Ti ppm	V ppm	Cr ppm	Mn ppm	Fe %	Co ppm	Sr ppm	I ppm	Ba ppm	La ppm	Au ppm	
F-72	13	2	0.56	3529	1.89	8241	6241	18.3	3.23	2857 <sup>*)</sup>	39.3	884	680	1.37	13.0	1354	114	1325	13.6	4.82
			20	0.02	113	613	0.3	0.07	286	1.5	113	9	0.14	0.9	127	12	81	2.0	0.36	
F-71	13	4	0.62	3174	2.17	10400	6015	16.8	3.31	1535	59.0	311	760	2.76 <sup>*)</sup>	20.2	1166	103	1605	9.7	5.81
			11	0.03	205	253	0.3	0.13	279	2.3	125	12	0.07	0.8	105	11	180	2.1	0.32	
F-73	13	10	0.61	9069	1.85	16590	5670	17.7	3.02	1033	41.5	697	700	1.62	27.0	1338	85	1739	12.8	5.08
			97	0.04	393	464	0.5	0.11	262	1.3	115	7	0.07	1.0	124	11	166	2.6	0.33	
F-74	13	75	0.52	2454	2.14	5200	5869	18.6	3.15	1340	52.3	838	749	1.73	16.0	1431	114	1445	<7.5	7.69
			21	0.03	181	344	0.3	0.04	240	1.7	135	5	0.08	1.0	150	13	202		0.38	
F-75	13	250	0.57	4139	1.89	10098	5421	18.4	3.04	1246	47.7	528	700	1.73	19.3	1331	105	1146	11.1	6.49
			25	0.03	170	333	0.3	0.14	404	2.6	123	5	0.09	0.9	132	12	83	2.3	0.35	
F-76	13	500	0.44	2677	2.19	3193	6955	21.1	3.36	1659	52.7	223	975	1.61	13.2	1707	152	1456	<8.2	12.27
			18	0.03	164	366	0.4	0.14	341	2.4	159	23	0.11	1.1	184	15	142		0.45	
Mittelwert $\bar{x}$			3168	2.01	7716	6003	18.4	3.17	1343	47.2	612	722	1.65	13.3	1338	109	1341	11.8	6.58	
$\sigma(\bar{x})$			289	0.06	1326	211	0.5	0.04	129	3.1	106	19	0.05	0.7	64	8	81	1.1	0.97	
$\sigma(\bar{x})/\bar{x}$ (%)			9	3	17	4	3	1	9	7	17	3	3	5	5	7.5	6	9	15	
red. $\chi^2$			1487	30.2	371	2.1	15.3	1.4	0.7	15.5	4.2	42.2	1.5	65	1.4	2.7	2.9	0.7	438	

\*) Als Ausreisser bei der Mittelwertbildung nicht berücksichtigt.  
Der angegebene Fehler (1  $\sigma$ ) bezieht sich auf die Reproduzierbarkeit.

Konzentrationen der OW-Proben (korrigiert für Blank und Zähluntergrund)

ANNEXE 7 :

Filter Station	Gewicht mg	Na ppm	Al %	Cl ppm	K ppm	Ca %	Sc ppm	Ti ppm	V ppm	Cr ppm	Mn ppm	Fe %	Co ppm	Sr ppm	I ppm	Ba ppm	La ppm	Au ppm	
F-11	4	9.42	1139	1.16	2.3	3723	35.9	2.53	503	22.0	24.8	663	0.77	8.2	1965	34.8	169	10.7	0.20
		12	0.01	22.5	56	0.2	0.12	83	0.8	12.1	12	0.07	0.9	70	1.9	34	0.2	0.02	
F-29	6	3.84	1239	1.24	0.	4102	29.7	2.37	1009	21.1	23.4	641	0.75	21.4	1790	27.5	<188	10.1	0.52
		10	0.02	60.	91	0.2	0.11	317	0.9	24.8	13	0.09	1.9	87	3.4			0.3	0.05
F-43	8	1.20	3668	1.52	3173	5430	30.4	2.74	783	28.5	86.7	760	0.94	10.1	2092	39.4	<275	11.0	2.08
		41	0.02	68	227	0.3	0.13	183	1.5	58.3	17	0.05	1.3	255	9.5			2.8	0.17
F-51	11	9.64	1734	1.66	318	5807	36.4	3.07	680	30.7	27.3	881	0.95	9.4	1961	37.3	157	12.9	0.21
		24	0.01	59	65	0.4	0.13	103	1.2	12.2	29	0.10	1.0	57	1.9	43	0.3	0.02	
F-79	13	13.35	21202	1.39	31124	5673	32.7	2.72	<692	25.4	19.4	757	0.82	8.3	1870	39.2	<148	< 9.2	<0.77
		120	0.02	142	441	0.4	0.12		2.1	8.7	14	0.07	0.8	88	1.6				
F-96	15	10.65	1243	1.12	93	3348	36.7	2.12	499	21.1	11.1	671	0.62	7.3	1975	33.4	<110	10.7	0.13
		7	0.01	34	48	0.3	0.07	139	1.1	9.8	13	0.05	0.6	63	1.6			0.2	0.02
Mittelwert $\bar{x}$		1316	1.33	655	4093	33.2	2.46	593	23.6	20.2	697	0.79	8.7	1934	35.7	164	11.0	0.20	
$\sigma(\bar{x})$		398	0.10	1628	425	1.3	0.14	62	1.6	5.1	27	0.06	1.2	31	1.4	27	0.4	0.08	
$\sigma(\bar{x})/\bar{x}$ (%)		30	7	250	10	4	6	11	7	25	4	8	14	2	4	16	4	35	
red. $\chi^2$		6288	388	9736	205	157	11.2	1.3	12.7	0.5	20.3	4.7	10.5	0.9	2.7	0.05	11.5	43.3	

Der angegebene Fehler ( $1\sigma$ ) bezieht sich auf die Reproduzierbarkeit.

## ANNEXE 8 :

Sedimente horizontal : oberste 10 mm für verschiedene Stationen (vgl. Tab.2)  
 Wassertiefe 4300 - 4500 m

Interne Bezeich.	Na (ppm)	Mg (ppm)	Al (%)	Si (%)	Cl (ppm)	K (ppm)
F-1	2.274E+03	8.457E+03	3.000E+00	6.760E+00	3.610E+02	8.756E+03
F-34	2.002E+03	3.979E+03	1.200E+00	2.740E+00	6.060E+02	3.667E+03
F-43	1.820E+03	3.989E+03	1.070E+00	2.800E+00	2.300E+02	3.097E+03
F-73	1.473E+03	4.075E+03	1.270E+00	2.880E+00	3.130E+02	3.599E+03
F-104	1.928E+03	5.283E+03	1.400E+00	2.910E+00	3.710E+02	4.365E+03
F-115	2.284E+03	4.367E+03	1.400E+00	3.300E+00	4.070E+02	4.101E+03
F-149	2.256E+03	4.305E+03	9.700E-01	2.930E+00	3.790E+02	2.728E+03
	Ca (%)	Se (ppm)	Ti (ppm)	V (ppm)	Cr (ppm)	Mn (ppm)
F-1	2.738E+01	4.800E+00	1.232E+03	5.222E+01	2.952E+01	6.495E+02
F-34	3.240E+01	2.410E+00	* 3.670E+02	2.070E+01	1.079E+01	5.358E+02
F-43	3.323E+01	1.990E+00	5.800E+02	1.989E+01	1.140E+01	4.772E+02
F-73	3.305E+01	2.380E+00	5.560E+02	2.304E+01	1.171E+01	6.103E+02
F-104	3.253E+01	2.670E+00	4.870E+02	2.563E+01	1.379E+01	6.724E+02
F-115	3.371E+01	2.530E+00	6.030E+02	2.440E+01	1.291E+01	5.820E+02
F-149	3.393E+01	1.960E+00	* 3.690E+02	1.927E+01	8.620E+00	3.931E+02
	Fe (ppm)	Co (ppm)	Zn (ppm)	As (ppm)	Br (ppm)	Sr (ppm)
F-1	1.461E+04	7.070E+00	3.060E+01	5.070E+00	1.206E+01	1.454E+03
F-34	6.053E+03	5.560E+00	* 3.500E+00	2.220E+00	1.123E+01	1.670E+03
F-43	4.998E+03	4.870E+00	1.490E+01	1.890E+00	1.297E+01	1.681E+03
F-73	6.180E+03	6.150E+00	* 3.500E+00	2.290E+00	1.079E+01	1.664E+03
F-104	7.112E+03	6.500E+00	2.380E+01	2.430E+00	1.235E+01	1.612E+03
F-115	6.516E+03	6.210E+00	* 4.000E+00	1.780E+00	1.080E+01	1.636E+03
F-149	4.670E+03	4.320E+00	1.550E+01	1.590E+00	8.800E+00	1.549E+03

Sedimente horizontal : oberste 10 mm für verschiedene Stationen (vgl.Tab.2)  
 Wassertiefe 4300 - 4500 m

Interne Bezeich.	Sb(ppb)	I(ppm)	Ba(ppm)	Hf(ppb)	Ta(ppb)	Au(ppb)
F-1	3.900E+02	4.105E+01	1.640E+02	1.082E+03	1.580E+02	* 1.800E+01
F-34	1.620E+02	3.106E+01	9.900E+01	5.000E+02	4.600E+01	* 1.600E+01
F-43	1.890E+02	3.730E+01	9.400E+01	4.390E+02	4.100E+01	2.500E+01
F-73	2.020E+02	3.555E+01	1.700E+02	4.830E+02	6.900E+01	* 1.500E+01
F-104	1.860E+02	3.974E+01	8.900E+01	5.380E+02	6.100E+01	2.400E+01
F-115	1.470E+02	3.516E+01	* 9.400E+01	5.810E+02	6.600E+01	* 1.300E+01
F-149	1.450E+02	3.028E+01	9.400E+01	5.820E+02	4.300E+01	2.500E+01

	U(ppb)	Th(ppb)
F-1	7.880E+02	4.815E+03
F-34	3.480E+02	2.076E+03
F-43	3.440E+02	1.905E+03
F-73	3.570E+02	2.290E+03
F-104	3.810E+02	2.496E+03
F-115	3.600E+02	2.295E+03
F-149	3.400E+02	1.700E+03

Sedimente horizontal : Seltene Erden  
 oberste 10 mm für verschiedene Stationen (vgl. Tab.2)  
 Wassertiefe 4300 -4500 m

interne Bezeich.	La(ppb)	Ce(ppb)	Nd(ppb)	Sm(ppb)	Eu(ppb)	Tb(ppb)
F-1	1.460E+04	2.616E+04	1.331E+04	2.665E+03	5.610E+02	3.460E+02
F-34	8.631E+03	1.385E+04	8.120E+03	1.706E+03	3.810E+02	2.400E+02
F-43	7.865E+03	1.243E+04	7.401E+03	1.541E+03	3.380E+02	2.120E+02
F-73	9.189E+03	1.506E+04	8.731E+03	1.774E+03	3.950E+02	2.410E+02
F-104	9.565E+03	1.593E+04	8.888E+03	1.871E+03	4.090E+02	2.530E+02
F-115	9.056E+03	1.483E+04	8.896E+03	1.793E+03	4.050E+02	2.450E+02
F-149	7.497E+03	1.099E+04	6.838E+03	1.434E+03	3.270E+02	2.200E+02

	Yb(ppb)	Lu(ppb)
F-1	1.022E+03	1.570E+02
F-34	7.350E+02	1.120E+02
F-43	6.770E+02	1.000E+02
F-73	7.480E+02	1.160E+02
F-104	7.850E+02	1.190E+02
F-115	7.710E+02	1.160E+02
F-149	6.580E+02	1.000E+02

## ANNEXE 9 :

Sedimente vertikal : Vertikales Profil der Station 6 (Wassertiefe 4500 m)  
für die Lage im Bohrkern vgl. Tab.1

Interne Bezeich.	Na(ppm)	Mg(ppm)	Al(%)	Si(%)	Cl(ppm)	K(ppm)
P-73	3.120E+03	4.402E+03	1.240E+00	3.140E+00	2.327E+03	3.776E+03
P-74	2.649E+03	5.610E+03	1.260E+00	3.080E+00	1.385E+03	4.019E+03
P-75	1.913E+03	4.038E+03	1.220E+00	2.840E+00	4.580E+02	3.853E+03
P-76	3.487E+03	4.595E+03	1.230E+00	3.020E+00	2.757E+03	3.882E+03
P-77	2.949E+03	5.972E+03	1.210E+00	2.580E+00	1.874E+03	3.936E+03
P-78	3.483E+03	6.085E+03	1.320E+00	3.370E+00	2.615E+03	4.171E+03
P-79	3.452E+03	5.190E+03	1.420E+00	3.450E+00	2.459E+03	4.450E+03
P-80	4.319E+03	5.755E+03	1.610E+00	3.950E+00	3.657E+03	5.298E+03
P-81	3.890E+03	6.990E+03	1.930E+00	4.320E+00	2.414E+03	5.791E+03
P-82	4.505E+03	8.349E+03	2.200E+00	5.590E+00	2.825E+03	7.123E+03

	Ca(%)	So(ppm)	Ti(ppm)	V(ppm)	Cr(ppm)	Mn(ppm)
P-73	3.235E+01	2.348E+00	4.480E+02	2.202E+01	1.266E+01	6.090E+02
P-74	3.205E+01	2.365E+00	6.470E+02	2.153E+01	5.540E+00	6.290E+02
P-75	3.162E+01	2.303E+00	7.740E+02	2.143E+01	5.570E+00	6.320E+02
P-76	3.245E+01	2.320E+00	7.010E+02	2.084E+01	7.500E+00	5.970E+02
P-77	3.122E+01	2.291E+00	6.440E+02	2.080E+01	7.700E+00	5.970E+02
P-78	3.159E+01	2.504E+00	4.350E+02	2.214E+01	9.550E+00	6.120E+02
P-79	3.211E+01	2.702E+00	9.000E+02	2.479E+01	1.077E+01	6.570E+02
P-80	3.113E+01	3.105E+00	1.019E+03	2.780E+01	1.297E+01	7.020E+02
P-81	3.076E+01	3.602E+00	1.269E+03	3.323E+01	1.590E+01	7.580E+02
P-82	2.983E+01	4.191E+00	1.531E+03	3.786E+01	1.883E+01	8.800E+02

Sedimente vertikal : Vertikales Profil der Station 6 (Wassertiefe 4500 m)  
für die Lage im Bohrkern vgl. Tab.1

Interne Bezeich.	Fe (ppm)	Co (ppm)	Zn (ppm)	Br (ppm)	Sr (ppm)	Sb (ppb)
P-73	6.125E+03	6.140E+00	2.940E+01	1.967E+01	1.704E+03	1.750E+02
P-74	6.187E+03	6.120E+00	2.550E+01	1.477E+01	1.678E+03	1.950E+02
P-75	6.071E+03	5.950E+00	* 6.200E+00	1.075E+01	1.749E+03	1.630E+02
P-76	6.108E+03	5.940E+00	2.410E+01	1.924E+01	1.634E+03	1.660E+02
P-77	6.033E+03	5.870E+00	2.260E+01	1.443E+01	1.698E+03	2.140E+02
P-78	6.701E+03	6.350E+00	4.840E+01	1.505E+01	1.772E+03	2.020E+02
P-79	7.304E+03	6.840E+00	2.790E+01	1.387E+01	1.646E+03	2.210E+02
P-80	8.523E+03	7.630E+00	* 7.600E+00	1.720E+01	1.590E+03	1.700E+02
P-81	1.008E+04	8.450E+00	3.460E+01	1.160E+01	1.530E+03	1.920E+02
P-82	1.189E+04	1.006E+01	4.190E+01	1.352E+01	1.470E+03	2.960E+02

	I (ppm)	Ba (ppm)	Hf (ppb)	Ta (ppb)	U (ppb)	Th (ppb)
P-73	3.727E+01	* 7.700E+01	4.790E+02	6.300E+01	3.630E+02	2.214E+03
P-74	2.855E+01	* 7.500E+01	4.900E+02	4.400E+01	3.480E+02	2.211E+03
P-75	3.300E+01	8.060E+01	4.840E+02	4.500E+01	3.710E+02	2.212E+03
P-76	3.070E+01	* 7.600E+01	4.980E+02	4.400E+01	3.680E+02	2.253E+03
P-77	3.100E+01	1.082E+02	5.010E+02	1.010E+02	3.780E+02	2.197E+03
P-78	2.755E+01	1.048E+02	5.330E+02	4.500E+01	3.760E+02	2.308E+03
P-79	2.787E+01	1.173E+02	5.910E+02	5.200E+01	4.070E+02	2.549E+03
P-80	2.250E+01	1.166E+02	6.980E+02	6.700E+01	4.620E+02	2.808E+03
P-81	2.184E+01	* 8.900E+01	8.380E+02	7.300E+01	5.040E+02	3.280E+03
P-82	2.174E+01	2.220E+02	1.007E+03	9.000E+01	6.210E+02	3.807E+03

Sedimente vertikal : Seltene Erden  
 Vertikales Profil der Station 6 (Wassertiefe 4500 m)  
 für die Lage im Bohrkern vgl. Tab.1

interne Bezeich.	La(ppb)	Ce(ppb)	Nd(ppb)	Sm(ppb)	Eu(ppb)	Tb(ppb)
P-73	8.822E+03	1.467E+04	8.581E+03	1.723E+03	3.880E+02	2.530E+02
P-74	8.819E+03	1.497E+04	8.658E+03	1.773E+03	3.920E+02	2.440E+02
P-75	8.701E+03	1.447E+04	8.521E+03	1.725E+03	3.800E+02	2.240E+02
P-76	8.579E+03	1.462E+04	8.346E+03	1.696E+03	3.850E+02	2.550E+02
P-77	8.742E+03	1.456E+04	8.379E+03	1.706E+03	3.760E+02	2.530E+02
P-78	8.971E+03	1.528E+04	8.726E+03	1.735E+03	3.900E+02	2.390E+02
P-79	9.475E+03	1.642E+04	9.015E+03	1.851E+03	4.110E+02	2.610E+02
P-80	1.053E+04	1.824E+04	9.811E+03	1.977E+03	4.370E+02	2.750E+02
P-81	1.160E+04	2.072E+04	1.083E+04	2.161E+03	4.780E+02	3.160E+02
P-82	1.305E+04	2.385E+04	1.233E+04	2.394E+03	5.320E+02	3.290E+02

	Yb(ppb)	Lu(ppb)
P-73	7.760E+02	1.110E+02
P-74	7.720E+02	1.100E+02
P-75	7.350E+02	1.120E+02
P-76	7.230E+02	1.120E+02
P-77	7.210E+02	1.070E+02
P-78	7.870E+02	1.110E+02
P-79	7.990E+02	1.200E+02
P-80	8.580E+02	1.320E+02
P-81	9.270E+02	1.410E+02
P-82	1.025E+03	1.550E+02

ANNEXE 10 :

Table 1: 0.0-0.5 cm

Elemental mass balances between aslectively leached phases and total sediments for core 165/1. Concentrations are per gram total sediment. Propogated errors are  $\pm 1$  standard deviation counting statistics.

Element units	CaCO <sub>3</sub> +Es- changeable cation	Oxy- hydroxide	Residual material	Sum (1)	Total sediment (2)	(1)/(2) Ratio
Na ppm	545 $\pm 2$	n.d.	908 $\pm 1$	1450 $\pm 2$	1700 $\pm 29$	0.85 $\pm 0.02$
K ppm	48 $\pm 6$	n.d.	3480 $\pm 30$	3530 $\pm 30$	3470 $\pm 40$	1.02 $\pm 0.02$
Rb ppm	<.6	<.9	20.1 $\pm 6$	20.1 $\pm 6$	22 $\pm 2$	0.91 $\pm 0.09$
Cs ppm	n.d.	<10	1230 $\pm 30$	1230 $\pm 30$	1150 $\pm 50$	1.07 $\pm 0.05$
Mg ppm	910 $\pm 20$ ?	<450	3430 $\pm 150$	4340 $\pm 250$	5600 $\pm 520$	0.70 $\pm 0.08$
Ca %	33.0 $\pm 2$	<.07	<.09	33.0 $\pm 2.0$	31.1 $\pm 2$	1.06 $\pm 0.01$
Si ppm	1850 $\pm 20$	<140	<160	1860 $\pm 20$	1950 $\pm 94$	0.95 $\pm 0.05$
Ba ppm	38 $\pm 4$	9.9 $\pm 2.4$	66 $\pm 4$	114 $\pm 6$	124 $\pm 36$	0.92 $\pm 0.30$
Al %	0.0267 $\pm 0.0003$	0.0367 $\pm 0.0004$	1.24 $\pm 0.04$	1.30 $\pm 0.04$	1.40 $\pm 0.04$	0.93 $\pm 0.04$
As ppm	n.d.	0.390 $\pm 0.003$	1.46 $\pm 0.02$	1.85 $\pm 0.02$	1.70 $\pm 0.03$	1.09 $\pm 0.02$
Sb ppm	n.d.	n.d.	126 $\pm 3$	126 $\pm 3$	90 $\pm 20$	1.40 $\pm 0.31$
Cl ppm $\phi$	n.d.	<59	91 $\pm 0$	91 $\pm 0$	314 $\pm 60$	0.29 $\pm 0.06$
Br ppm $\phi$	0.20 $\pm 0.04$	<.09	9.35 $\pm 0.08$	9.63 $\pm 0.09$	12.9 $\pm 3$	0.75 $\pm 0.02$
Sc ppm	0.209 $\pm 0.001$	0.232 $\pm 0.001$	2.38 $\pm 0.01$	2.91 $\pm 0.01$	2.99 $\pm 0.01$	0.97 $\pm 0.01$
Ti ppm	<94	<86	990 $\pm 60$	990 $\pm 60$	1130 $\pm 120$	0.88 $\pm 0.11$
V ppm	<.4	1.5 $\pm 1$	23.2 $\pm 0$	24.7 $\pm 8$	25.2 $\pm 1.0$	0.98 $\pm 0.05$
Cr ppm	n.d.	n.d.	11.7 $\pm 1$	11.7 $\pm 1$	10.1 $\pm 3$	1.16 $\pm 0.04$
Mn ppm	73.2 $\pm 2$	460 $\pm 1$	69 $\pm 4$	602 $\pm 1$	740 $\pm 10$	0.80 $\pm 0.01$
Fe ppm	15 $\pm 1.3$	454 $\pm 4$	7770 $\pm 18$	8240 $\pm 18$	8290 $\pm 50$	0.99 $\pm 0.01$
Co ppm	n.d.	3.01 $\pm 0.02$	2.44 $\pm 0.01$	6.25 $\pm 0.02$	7.33 $\pm 0.07$	0.85 $\pm 0.01$
Zn ppm	9.1 $\pm 2$ ?	5.5 $\pm 2$	20.5 $\pm 3$	35.1 $\pm 4$	30.6 $\pm 1.1$	1.15 $\pm 0.04$
La ppm	4490 $\pm 20$	668 $\pm 2$	3340 $\pm 10$	8500 $\pm 20$	8900 $\pm 100$	0.96 $\pm 0.01$
Ce ppm	1860 $\pm 20$	3710 $\pm 20$	8250 $\pm 50$	13900 $\pm 60$	14800 $\pm 200$	0.94 $\pm 0.01$
Nd ppm	3800 $\pm 500$	<1100	3000 $\pm 500$	6800 $\pm 700$	15000 $\pm 400$	0.45 $\pm 0.01$
Sm ppm	997 $\pm 1$	99.2 $\pm 2$	495 $\pm 1$	1590 $\pm 2$	1810 $\pm 10$	0.88 $\pm 0.01$
Eu ppm	234 $\pm 10$	24.9 $\pm 3.0$	114 $\pm 8$	373 $\pm 13$	436 $\pm 4$	0.86 $\pm 0.03$
Tb ppm	153 $\pm 5$	7 $\pm 2$	170 $\pm 6$	330 $\pm 6$	260 $\pm 17$	1.27 $\pm 0.09$
Yb ppm	392 $\pm 9$	60 $\pm 2$	244 $\pm 4$	696 $\pm 10$	760 $\pm 20$	0.92 $\pm 0.03$
Lu ppm	61 $\pm 2$	9.3 $\pm 5$	43.0 $\pm 5$	113 $\pm 5$	114 $\pm 5$	0.99 $\pm 0.05$
Hf ppm	<9	28 $\pm 3$	469 $\pm 11$	497 $\pm 11$	534 $\pm 32$	0.93 $\pm 0.06$
Te ppm	n.d.	n.d.	52 $\pm 3$	52 $\pm 3$	61 $\pm 10$	0.85 $\pm 0.15$
Th ppm	591 $\pm 4$	323 $\pm 3$	967 $\pm 8$	1000 $\pm 9$	2230 $\pm 50$	0.84 $\pm 0.02$
U ppm	n.d.	<20	110 $\pm 13$	110 $\pm 13$	<20	

n.d. = not determinable; sample activity < 2  $\sigma$  blank activity.  
 <n = theoretical instrumental detection limit.  
 ? = questionable data  
 $\phi$  = volatile elements lost in digestive procedure with HNO<sub>3</sub>.

Table 2: 0.5-1.0 cm

Elemental mass balances between selectively leached phases and total sediments for core 163/1. Concentrations are per gram total sediment. Duplicate leach values were derived by leaching separate aliquots of homogenized bulk sediment.

Element units	CaCO <sub>3</sub> +Ex- changeable cation (1)		Oxy- hydroxide (2)		Residual material (3)		Sum* (4)	Total sediment (5)	(4)/(5) Balance ratio
Na ppm	637	605	n.d.	n.d.	923	891	1530	1520	1.01
K ppm	36	57	n.d.	n.d.	353	1420	3540	3390	1.04
Rb ppm	<.6	<.6	<.8	<.8	17.8	16.9	17.4	19	0.92
Cs ppb	n.d.	n.d.	<10	<10	1110	1130	1120	1110	1.01
Mg ppm	760	730	<480	<480	3440	3380	4160	4040	1.03
Ca %	32.2	31.5	<.06	<.05	<.09	<.09	12.4	31.4	1.03
Sr ppm	1450	1410	<5	<5	<130	<130	1430	1690	0.85
Ba ppm	31	29	13	12	55	58	99	93	1.07
Al %	0.0143	0.0109	0.0316	0.0331	1.16	1.19	1.24	1.33	0.93
As ppm	n.d.	n.d.	0.152	0.352	1.12	1.18	1.51	1.82	0.83
Sb ppb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.		100	100	149	0.67
Cl ppm@	n.d.	n.d.	<96	<97	<20	<30		<230	
Br ppm@	<.3	<.1	<.1	<.1	6.11	5.74	5.93	9.01	0.67
Sc ppm	0.336	0.327	0.084	0.082	2.14	2.18	2.55	2.75	0.93
Ti ppm	<100	<98	<70	<60	911	890	901	1020	0.88
V ppm	0.44	0.42	1.4	1.4	20.5	21.3	22.7	24.9	0.91
Cr ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10.3	10.4	10.4	8.51	1.22
Mn ppm	57.1	54.1	486	499	66.7	68.3	616	711	0.87
Fe ppm	39	35	489	470	7050	7190	7640	7630	1.00
Co ppm	n.d.	n.d.	4.15	4.04	2.15	2.16	6.25	6.72	0.93
En ppm	d.t.	d.t.	d.t.	d.t.	d.t.	d.t.		d.t.	
La ppb	4420	4240	425	417	3210	324	7980	8560	0.93
Ce ppb	1890	1850	4060	3800	7030	7130	13000	13900	0.94
Nd ppb	3700	4300	<800	<700	2600	3000	6800	9900	0.69
Sm ppb	1010	964	78.9	77.5	476	484	1550	1740	0.89
Eu ppb	241	235	18.9	19.3	109	111	167	418	0.88
Tb ppb	164	155	9	14	174	116	316	223	1.42
Yb ppb	412	391	43	41	226	235	673	660	1.02
Lu ppb	59.2	56.8	6.1	5.6	40.3	42.8	105	112	0.94
Hf ppb	<10	<10	28	29	175	369	401	487	0.82
Ta ppb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	144	146	145	138	1.05
Th ppb	695	735	114	124	866	890	1720	1710	1.01
U ppb	n.d.	n.d.	<20	<20	60	210	115	<140	

\* Sum = sum of unweighted averages of (1) + (2) + (3).

d.t. = sample counted before sufficient decay time to allow En resolution from Sc.

Table 3: 1.0-1.5 cm

Elemental mass balances between selectively leached phases and total sediments for core 165/1. Concentrations are per gram total sediment. Duplicate total sediment values were derived by analyzing separate aliquots of homogenized bulk sediment.

Element units	CaCO <sub>3</sub> +Ex- changeable cation	Oxy- hydroxide	Residual material	Sum (1)	Total sediment (2) (3)		2 x (1)/(2+3) Balance ratio
Ne ppm	520	n.d.	840	1360	1550	1530	0.88
K ppm	45	n.d.	4610	4660	1190	1120	1.48
Rb ppm	<.7	<1	20.9	20.9	22	18	1.05
Ce ppb	n.d.	<10	1200	1200	1130	1090	1.08
Mg ppm	<740	<460	3320	3320	5470	4590	0.66 ?
Ce %	32.6	<.07	<.08	32.6	11.8	12.1	1.02
Sr ppm	1490	5.1	<14	1500	1770	1710	0.86
Be ppm	51	12	64	128	118	112	1.11
Al %	0.0273	0.0350	1.18	1.24	1.33	1.33	0.93
As ppm	n.d.	0.365	1.49	1.86	2.00	2.06	0.92
Sb ppb	n.d.	n.d.	140	140	164	181	0.77 ?
Cl ppm@	n.d.	<61	63.7	63.7	207	<304	0.31
Br ppm@	<.16	<.09	6.61	6.61	11.3	11.0	0.60
Sc ppm	0.285	0.223	2.33	2.84	2.63	2.80	1.01
Ti ppm	<150	<84	888	888	1060	1030	0.85
V ppm	<.8	1.5	21.9	23.4	25.1	23.5	0.96
Cr ppm	n.d.	n.d.	11.6	11.6	9.66	10.3	1.16
Mn ppm	54.6	475	64.1	594	696	663	0.87
Fe ppm	19	440	7760	8220	7790	7650	1.07
Co ppm	n.d.	1.80	2.36	6.16	7.18	6.78	0.88
En ppm	3.5	4.1	20.1	27.7	29.0	23.8	1.05
La ppb	4260	603	3230	8090	8400	8500	0.96
Ce ppb	1780	359	8220	13600	14100	14400	0.95
Nd ppb	3700	<1100	2800	6500	11000	12000	0.57 ?
Sm ppb	945	85.9	472	1500	1690	1710	0.88
Eu ppb	219	21.3	111	351	419	408	0.85
Tb ppb	145	10	190	345	230	340	1.21
Yb ppb	178	55	227	660	740	720	0.90
Lu ppb	61	9.2	50.2	120	106	107	1.12
Hf ppb	<10	23	465	488	480	500	1.00
Ta ppb	n.d.	n.d.	55.3	55.3	62	62	0.89
Th ppb	548	306	997	1850	1690	2100	0.95
U ppb	n.d.	20	135	155	150	<150	1.03

See Tables 2.1 and 2.1 for explanations of symbols and footnotes.

Table 4: 2.0-2.5 cm

Elemental mass balances between selectively leached phases and total sediments for core 165/1. Concentrations are per gram total sediment.

Element unite	CaCO <sub>3</sub> +Ex- changeable cation	Oxy- hydroxide	Residual material	Sum (1)	Total sediment (2)	(1)/(2) Balance ratio
Na ppm	546	n.d.	796	1340	1500	0.85
K ppm	54	n.d.	3360	3410	3380	1.01
Rb ppm	<.7	<1	21	21	17	1.24
Ce ppb	n.d.	<10	1220	1220	1140	1.07
Mg ppm	880	<470	3305	4180	5470	0.76 ?
Ca %	33.7	<.07	<.08	33.7	31.2	1.08
Sr ppm	1470	<5.2	<14	1470	1730	0.85
Be ppm	58	14	64	136	120	1.13
Al %	0.0243	0.0356	1.22	1.28	1.29	0.99
As ppm	n.d.	0.394	1.28	1.67	1.96	0.85
Sb ppb	n.d.	n.d.	97.6	97.6	<350	
Cl ppm@	n.d.	<63	114	114	219	0.52
Br ppm@	0.24	<.08	6.74	6.98	9.73	0.72
Sc ppm	0.299	0.234	2.35	2.88	2.81	1.03
Ti ppm	<93	<87	875	875	921	0.95
V ppm	<.4	1.6	22.3	23.9	24.1	0.99
Cr ppm	n.d.	n.d.	11.5	11.5	9.86	1.17
Mn ppm	52.4	507	67.2	627	692	0.91
Fe ppm	15	466	7730	8210	7790	1.05
Co ppm	n.d.	4.11	2.32	6.43	6.85	0.94
Zn ppm	3.7	2.3	23.9	29.9	26.3	1.14
La ppb	4460	676	3160	8240	8300	0.99
Ce ppb	1870	3670	8090	1360	14.2	0.96
Nd ppb	4300	<1	3270	7600	11000	0.69 ?
Sm ppb	1000	97.2	461	1560	1700	0.92
Eu ppb	234	22.9	110	367	404	0.91
Tb ppb	151	11	151	313	270	1.16
Yb ppb	419	64	222	705	740	0.95
Lu ppb	58.6	10	39.5	108	110	0.98
Hf ppb	<10	26	474	500	490	1.02
Ta ppb	n.d.	n.d.	51.8	51.8	47	1.10
Th ppb	675	314	958	1950	2070	0.94
U ppb	n.d.	24	136	179	<70	

See Tables 2.1 and 2.2 for explanations of symbols and footnotes.

Table 5: 5-6 cm

Elemental mass balances between selectively leached phases and total sediments for core 165/1. Concentrations are per gram total sediment.

Element units	CaCO <sub>3</sub> +Ex- changeable cation	Oxy- hydroxide	Residual material	Sum (1)	Total sediment (2)	(1)/(2) Balance ratio
Na ppm	548	n.d.	875	1420	1510	0.94
K ppm	53	n.d.	3280	3330	3170	1.05
Rb ppm	<0.7	<1	19.5	19.5	22	0.89
Ca ppb	n.d.	<10	1170	1170	1130	1.04
Mg ppm	694	<450	3260	3950	5430	0.73 ?
Ca %	11.6	<0.07	<0.07	11.6	31.3	1.01
Sr ppm	1390	<5	<13	1390	1730	0.80
Ba ppm	53	13	66	132	124	1.06
Al %	0.0200	0.0329	1.20	1.25	1.40	0.90
As ppm	n.d.	0.299	1.40	1.70	1.95	0.87
Sb ppb	n.d.	n.d.	131	131	179	0.73 ?
Cl ppm@	n.d.	<61	57.4	57.4	268	0.21
Br ppm@	<0.2	<0.09	5.20	5.20	9.64	0.54
Sc ppm	0.267	0.234	2.31	2.81	2.92	0.96
Ti ppm	<91	90	917	1010	1060	0.95
V ppm	<0.4	1.5	22.2	23.7	25.8	0.92
Cr ppm	n.d.	n.d.	11.3	11.3	9.78	1.16
Mn ppm	50.6	499	67.2	617	703	0.88
Fe ppm	15	474	7510	8000	8160	0.98
Co ppm	n.d.	4.17	2.28	6.45	7.02	0.92
Zn ppm	3.3	2.3	20.1	25.7	31.2	0.82
La ppb	4260	696	3190	8090	8600	0.94
Ca ppb	1730	3930	7550	13200	14600	0.91
Nd ppb	3.9	<1	2.9	6.8	10	0.68 ?
Ba ppb	944	98.8	465	1510	1710	0.88
Eu ppb	216	24.1	107	347	416	1.83
Tb ppb	143	12	88	243	230	1.06
Yb ppb	392	59	222	673	760	0.89
Lu ppb	56.4	10.4	40.2	107	111	0.96
Hf ppb	<9	24	478	502	550	0.91
Ta ppb	n.d.	n.d.	48	48	39	1.23
Th ppb	540	315	915	1770	2210	0.80
U ppb	n.d.	23	150	73	170	1.02

See Tables 2.1 and 2.2 for explanations of symbols and footnotes.

Table 6: 7-8 cm

Elemental mass balances between selectively leached phases and total sediments for core 165/1. Concentrations are per gram total sediment. Duplicate leach values are derived from analyses of separate aliquots of homogenized bulk sediment.

Element units	CaCO <sub>3</sub> +Exchangeable cation (1)		Oxy- hydroxide (2)		Residual material (3)		Sum* (4)	Total sediment (5)	(4)/(5) Balance ratio
Na ppm	637	632	n.d.	n.d.	960	909	1570	1590	0.99
K ppm	46	71	n.d.	n.d.	1610	1410	3500	3590	1.00
Rb ppm	<.6	<.6	<.6	<.6	10.0	10.3	10.2	17.0	1.02
Cs ppb	n.d.	n.d.	<4	<4	1100	1090	1140	1190	0.96
Hg ppm	1030	750	<430	<450	3280	3430	4250	4760	0.89
Ce $\mu$	33.3	31.6	<.05	<.05	<.09	<.09	32.6	11.6	1.03
Sr ppm	1680	1680	<5	<5	<17	<17	1600	1700	0.90
Be ppm	53	57	12	12	63	60	129	130	0.99
Al $\mu$	0.0243	0.0257	0.0265	0.0265	1.20	1.21	1.26	1.33	0.95
As ppm	n.d.	n.d.	0.292	0.308	1.24	1.20	1.52	1.28	1.19
Sb ppb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	113	116	115	51.8	2.22 ?
Cl ppm $\mu$	n.d.	n.d.	<67	<90	<26	<27		300	
Br ppm $\mu$	<.3	<.3	<.1	<.1	3.90	4.46	4.22	5.00	0.72
Sc ppm	0.339	0.322	0.0617	0.0690	2.29	2.22	2.67	2.07	0.93
Ti ppm	<94	<90	<74	<76	900	950	925	1160	0.80
V ppm	<.4	<.4	1.2	1.2	20.4	21.3	22.1	23.5	0.94
Cr ppm	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10.8	10.3	10.6	10.1	1.05
Mn ppm	40.9	55.1	471	467	70.7	71.4	508	708	0.83
Fe ppm	27	21	436	432	7580	7340	7920	8070	0.98
Co ppm	n.d.	n.d.	3.91	3.95	2.31	2.22	6.20	6.83	0.91
Zn ppm	d.t.	d.t.	d.t.	d.t.	d.t.	d.t.		d.t.	
La ppb	4220	4230	398	396	329	316	7850	6940	0.88
Ce ppb	1020	1910	3060	3000	7260	7160	12600	14200	0.89
Nd ppb	4900	5000	<700	<700	3290	3000	6100	15000	0.54 ?
Sm ppb	969	976	75.8	71.1	522	475	1540	1790	0.86
Eu ppb	233	238	19.1	17.5	115	110	366	433	0.85
Tb ppb	147	157	11	11	107	119	276	237	1.16
Yb ppb	394	403	35	33	236	221	661	752	0.88
Lu ppb	57.3	56.6	5.5	5.3	40.0	41.6	104	115	0.90
Hf ppb	<10	<10	26	26	402	475	506	536	0.94
Ta ppb	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	154	147	151	107	0.81
Th ppb	652	683	130	135	909	907	1710	1920	0.89
U ppb	n.d.	n.d.	<20	<20	89	160	125	300	0.42 ?

See Tables 2.1 and 2.2 for explanations of symbols and footnotes.

Table 7: 10-11 cm

Elemental mass balances between selectively leached phases and total sediments for core 165/1. Concentrations are per gram total sediment.

Element unite	CaCO <sub>3</sub> +Ex-changeable cation	Oxy-hydroxide	Residual material	Sum (1)	Total sediment (2)	(1)/(2) Balance ratio
Na ppm	571	n.d.	1200	1770	1960	0.90
K ppm	42	n.d.	4250	4290	4260	1.01
Rb ppm	<0.7	<1	26.4	26.4	24	1.10
Cs ppb	n.d.	<10	1490	1490	1260	1.18
Mg ppm	790	<450	4930	5720	6170	0.93
Ca %	31.0	<0.07	<0.09	31.0	29.6	1.05
Sr ppm	1400	<6	43	1440	1650	0.87
Ba ppm	40	14	82	136	150	0.91
Al %	0.0207	0.0307	1.60	1.65	1.74	0.95
As ppm	n.d.	0.291	1.67	1.96	2.07	0.95
Sb ppb	n.d.	n.d.	143	143	183	0.78 ?
Cl ppm	n.d.	<65	53	53	187	0.28
Br ppm	<0.2	<0.08	3.17	3.17	6.29	0.38
Sc ppm	0.312	0.260	3.45	4.02	3.80	1.06
Ti ppm	<86	<85	1410	1410	1520	0.93
V ppm	<0.4	1.6	31.0	32.6	35.2	0.93
Cr ppm	n.d.	n.d.	15.5	15.5	11.5	1.15
Mn ppm	43.3	565	103	712	771	0.92
Fe ppm	6	502	11400	11900	11000	1.08
Co ppm	n.d.	4.64	3.56	8.20	8.08	1.02
Zn ppm	2.6	2.2	28.1	32.9	33.5	0.98
La ppb	4050	631	4140	8930	9200	0.97
Ce ppb	2040	4320	10200	16600	16.4	1.01
Nd ppb	5000	<1000	3600	8600	17000	0.51 ?
Sm ppb	683	116	638	1440	1680	0.76
Eu ppb	242	28.6	157	428	653	0.66
Tb ppb	162	10	245	417	350	1.19
Yb ppb	438	49	312	799	850	0.94
Lu ppb	58.3	11.3	56.0	125	130	0.97
Hf ppb	<10	32	660	692	660	1.05
Ta ppb	n.d.	n.d.	74	74	74	1.00
Th ppb	683	414	1240	2340	2300	1.02
U ppb	n.d.	<20	210	230	<160	

See Tables 2.1 and 2.2 for explanations of symbols and footnotes.

Table 8: 15-16 cm

Elemental mass balances between selectively leached phases and total sediments for core 165/1. Concentrations are per gram total sediment.

Element unite	CaCO <sub>3</sub> +Ex- changeable cation	Oxy- hydroxide	Residual material	Sum (1)	Total sediment (2)	(1)/(2) Balance ratio
Na ppm	523	n.d.	2300	2820	2790	1.01
K ppm	80	11	7380	7470	6750	1.11
Rb ppm	<.6	<1.2	40.9	40.9	35	1.17
Ce ppb	n.d.	<10	2270	2270	2130	1.07
Mg ppm	990	<510	8810	9800	10700	0.92
Ca %	26.6	<0.07	<0.15	26.6	26.1	1.02
Sr ppm	1390	<6	<31	1390	1440	0.97
Ba ppm	56	20	99	179	160	1.12
Al %	0.0316	0.0367	2.66	2.73	2.79	0.98
As ppm	n.d.	0.341	2.46	2.65	2.60	1.02
Sb ppb	n.d.	n.d.	224	224	247	0.91
Cl ppm $\theta$	n.d.	<71	155	155	261	0.55
Br ppm $\theta$	<0.3	<0.06	2.91	2.91	6.64	0.44
Sc ppm	0.415	0.299	6.45	7.16	6.73	1.06
Ti ppm	<82	128	2740	2670	3200	0.90
V ppm	<0.3	1.9	56.8	58.7	63.1	0.93
Cr ppm	n.d.	n.d.	26.0	26.0	22.6	1.15
Mn ppm	48.7	611	208	866	944	0.92
Fe ppm	19	567	21400	22000	20300	1.08
Co ppm	n.d.	5.20	7.10	12.4	12.0	1.03
Zn ppm	d.t.	d.t.	d.t.		d.t.	
La ppb	4920	943	6.81	12.7	12.7	1.00
Ce ppb	2720	5570	17000	25300	23600	1.07
Nd ppb	5400	1500	6800	13700	13000	1.05
Ba ppb	1180	173	1146	2490	2590	0.96
Eu ppb	295	43.8	285	624	653	0.96
Tb ppb	195	19	280	490	630	0.78 ?
Yb ppb	491	92	582	1170	1160	1.01
Lu ppb	71.2	13.1	113	197	176	1.11
Hf ppb	<10	60	1190	1250	1260	0.98
Ta ppb	n.d.	n.d.	124	124	110	1.13
Th ppb	765	546	1910	2580	3210	0.80
U ppb	n.d.	<20	407	407	<200	

See Tables 2.1 and 2.2 for explanations of symbols and footnotes.

Table 9: 20-21 cm

Elemental mass balances between selectively leached phases and total sediments for core 163/1. Concentrations are per gram total sediment.

Element units	CaCO <sub>3</sub> +Ex- changeable cation	Oxy- hydroxide	Residual material	Sum (1)	Total sediment (2)	(1)/(2) Balance ratio
Na ppm	308	n.d.	1910	4220	4510	0.93
K ppm	73	47	11000	11100	10500	1.06
Rb ppm	<0.8	<1	61.3	61.3	55	1.10
Ce ppb	n.d.	<10	1430	1430	3110	1.10
Hg ppm	1110	<510	15100	16200	17000	0.95
Ca %	16.6	<0.07	0.91	17.5	19.3	0.91
Sr ppm	770	<6	<54	770	1060	0.73
Ba ppm	69	21	147	237	215	1.10
Al %	0.0104	0.0528	4.36	4.44	4.70	0.95
As ppm	n.d.	0.264	3.19	3.47	3.74	0.93
Sb ppb	n.d.	n.d.	267	267	373	0.72 ?
Cl ppm@	n.d.	<67	260	260	<28	
Br ppm@	<0.2	<0.09	2.58	2.58	5.06	0.51
Sc ppm	0.450	0.291	11.7	12.5	11.6	1.08
Ti ppm	<65	171	5350	5520	5080	0.94
V ppm	<0.3	2.5	97	100	107	0.93
Cr ppm	n.d.	n.d.	43.2	43.2	36.4	1.13
Mn ppm	49.0	550	380	900	1170	0.84
Fe ppm	18	651	30000	39500	36200	1.09
Co ppm	n.d.	4.39	13.2	17.6	17.2	1.02
Zn ppm	1.3	5.3	60.4	67	105	0.83
La ppb	4310	1130	11.0	16400	17400	0.94
Ce ppb	3350	6470	27400	37200	35200	1.06
Nd ppb	7400	1700	11000	20000	19000	1.05
Sm ppb	651	228	1960	3060	3720	0.82
Eu ppb	322	56.1	521	699	963	0.91
Tb ppb	192	24	471	687	710	0.97
Yb ppb	491	112	1010	1610	1630	0.99
Lu ppb	68.6	15.2	189	273	264	1.03
Hf ppb	<10	97	2110	2210	2210	1.00
Ta ppb	n.d.	n.d.	220	220	210	1.05
Th ppb	692	606	3120	4420	4720	0.94
U ppb	n.d.	<20	<160	<220	<240	

See Tables 2.1 and 2.2 for explanations of symbols and footnotes.

Table 10: 25-26 cm

Elemental mass balances between selectively leached phases and total sediments for core 165/1. Concentrations are per gram total sediment. Duplicate total sediment values are derived from analyses of separate aliquots of homogenized bulk sediment.

Element units	CaCO <sub>3</sub> +Ex- changeable cation	Oxy- hydroxide	Residual material	Sum (1)	Total sediment		2 * (1)/(2+3) Balance ratio
					(2)	(3)	
Ne ppm	292	n.d.	6220	6510	6520	6320	1.01
K ppm	150	57	16400	16600	14700	14600	1.13
Rb ppm	<.7	<1	94	94	83	88	1.10
Cs ppb	n.d.	<10	4650	4650	4210	4300	1.09
Mg ppm	1660	<650	22000	23700	24200	25200	0.96
Ca %	10.8	<0.07	1.4	12.2	12.6	12.5	0.97
Sr ppm	582	<6	<150	582	554	562	1.04
Se ppm	75	20	205	300	290	280	1.05
Al %	0.0543	0.0736	6.20	6.34	6.64	6.65	0.95
As ppm	n.d.	0.279	4.98	5.26	4.75	4.68	1.12
Sb ppb	n.d.	n.d.	450	450	310	366	1.29 ?
Cl ppm	n.d.	<80	420	420	379		1.11 ?
Br ppm	<.2	<0.09	3.45	3.45	5.44	6.99	0.56
Sc ppm	0.654	0.327	17.2	18.2	17.4	17.0	1.06
Ti ppm	<69	285	7900	8190	8310	8810	0.96
V ppm	0.21	3.3	146	150	161	159	0.94
Cr ppm	n.d.	n.d.	61.2	61.2	57.9	56.1	1.07
Mn ppm	78.4	741	598	1420	1560	1590	0.90
Fe ppm	53	687	57100	57200	54700	53400	1.06
Co ppm	n.d.	4.11	19.8	23.9	23.3	22.5	1.04
En ppm	d.t	4.0	122	126	142	146	0.87
La ppb	6320	1290	16300	23900	23100	22900	1.04
Ce ppb	6190	7240	40400	53800	47500	46600	1.14
Nd ppb	7700	1600	17000	26000	33000	28000	0.85
Sm ppb	778	276	3040	4090	5100	5020	0.81
Eu ppb	504	68.8	783	1360	1140	1310	1.03
Tb ppb	298	35	760	1090	1350	1090	0.90
Yb ppb	716	128	1460	2300	2240	2220	1.03
Lu ppb	104	17.3	296	417	407	358	1.09
Hf ppb	<14	126	3150	3280	3310	3200	1.01
Ta ppb	n.d.	n.d.	327	327	330	310	1.02
Th ppb	1110	674	4500	6280	6330	6090	1.01
U ppb	n.d.	<20	<250	<270	1000	830	

See Tables 2.1 and 2.2 for explanations of symbols and footnotes.

# CHAPITRE 1

- INTRODUCTION
- SITUATION
- ECHANTILLONNAGE

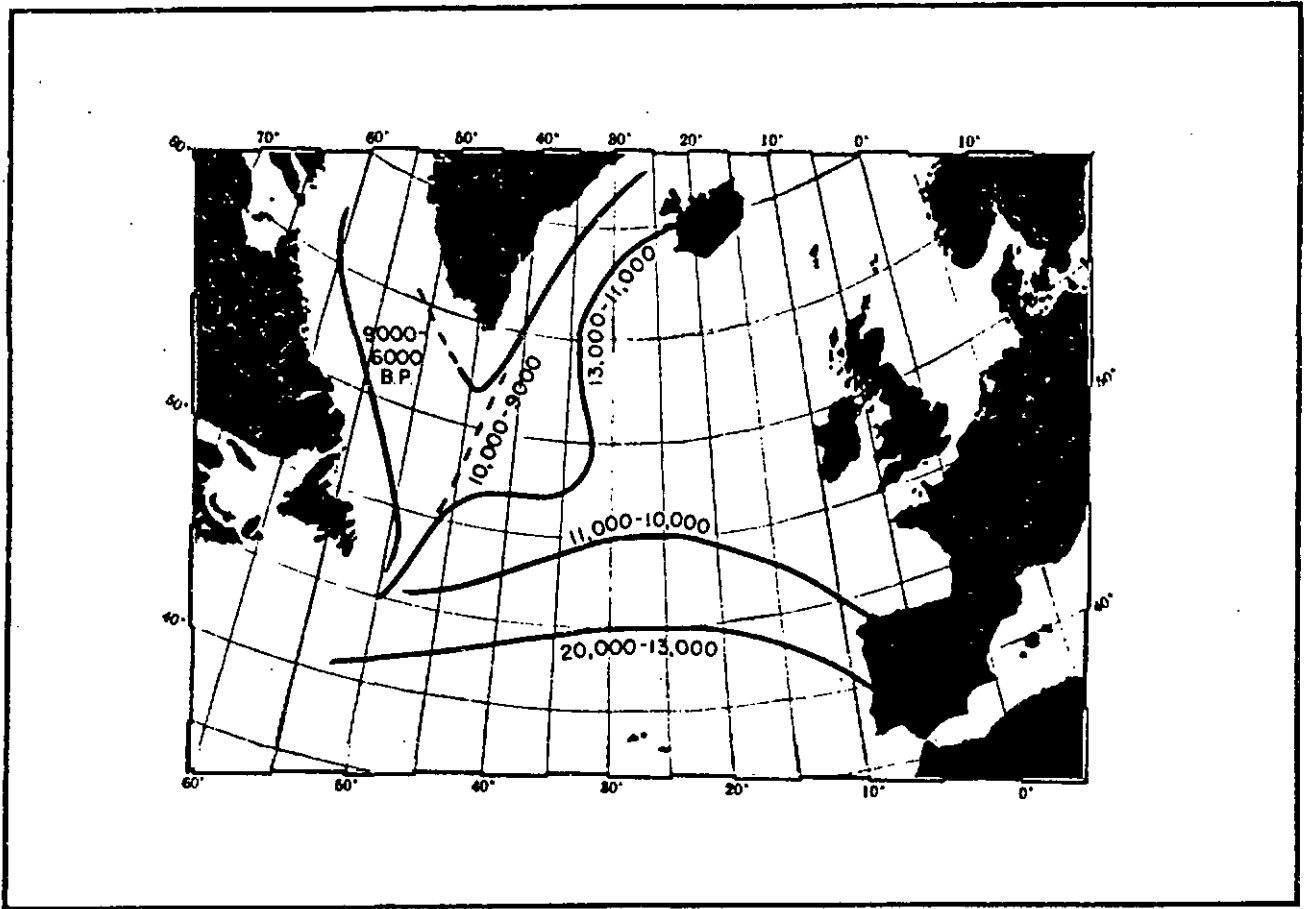


Fig. 1.1.

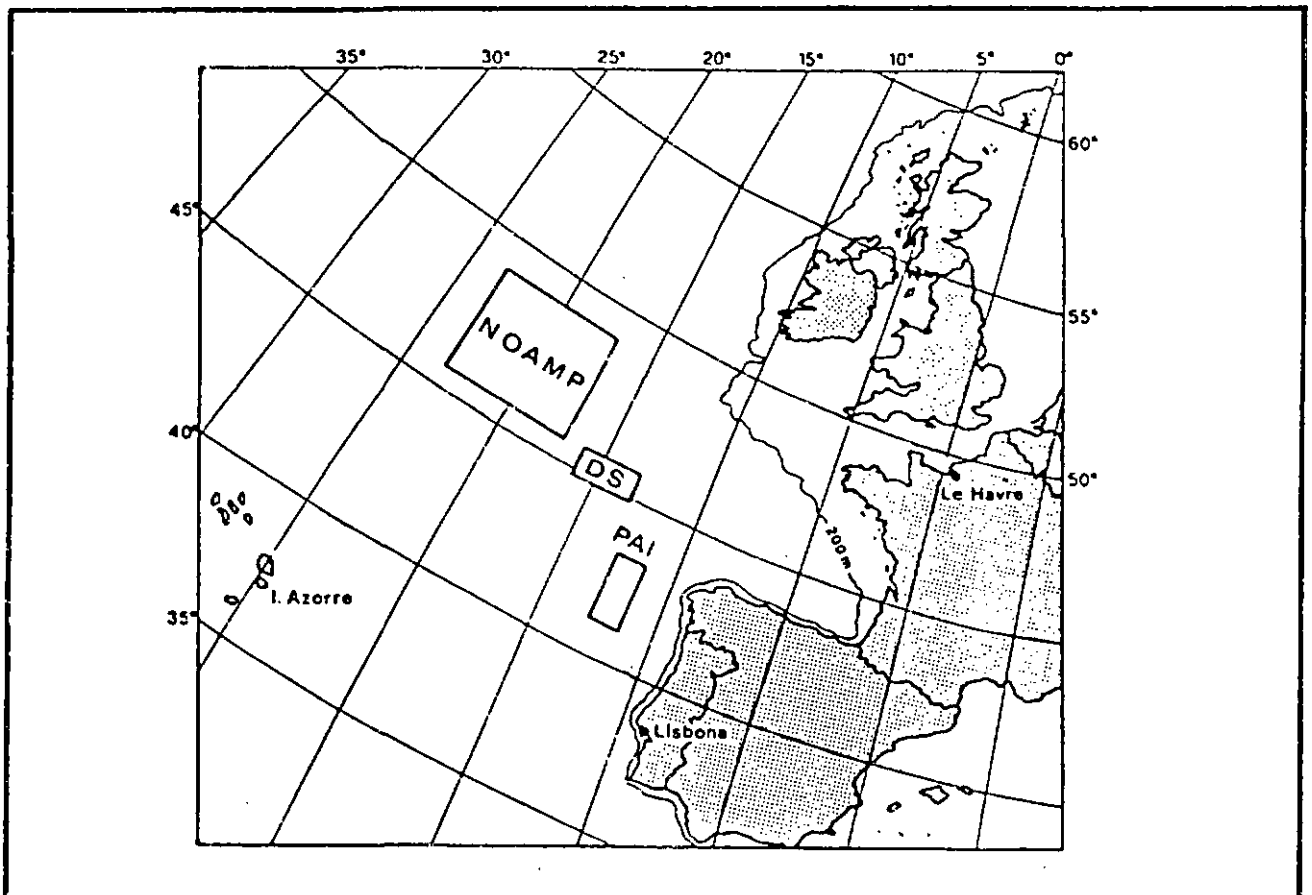


Fig. 1.2.



Verfasser: H. Heinrich, R. Paul (Deutsches Hydrographisches Institut, J. Meereskunde (Preussag AG) 1955)

Fig. 1.3.

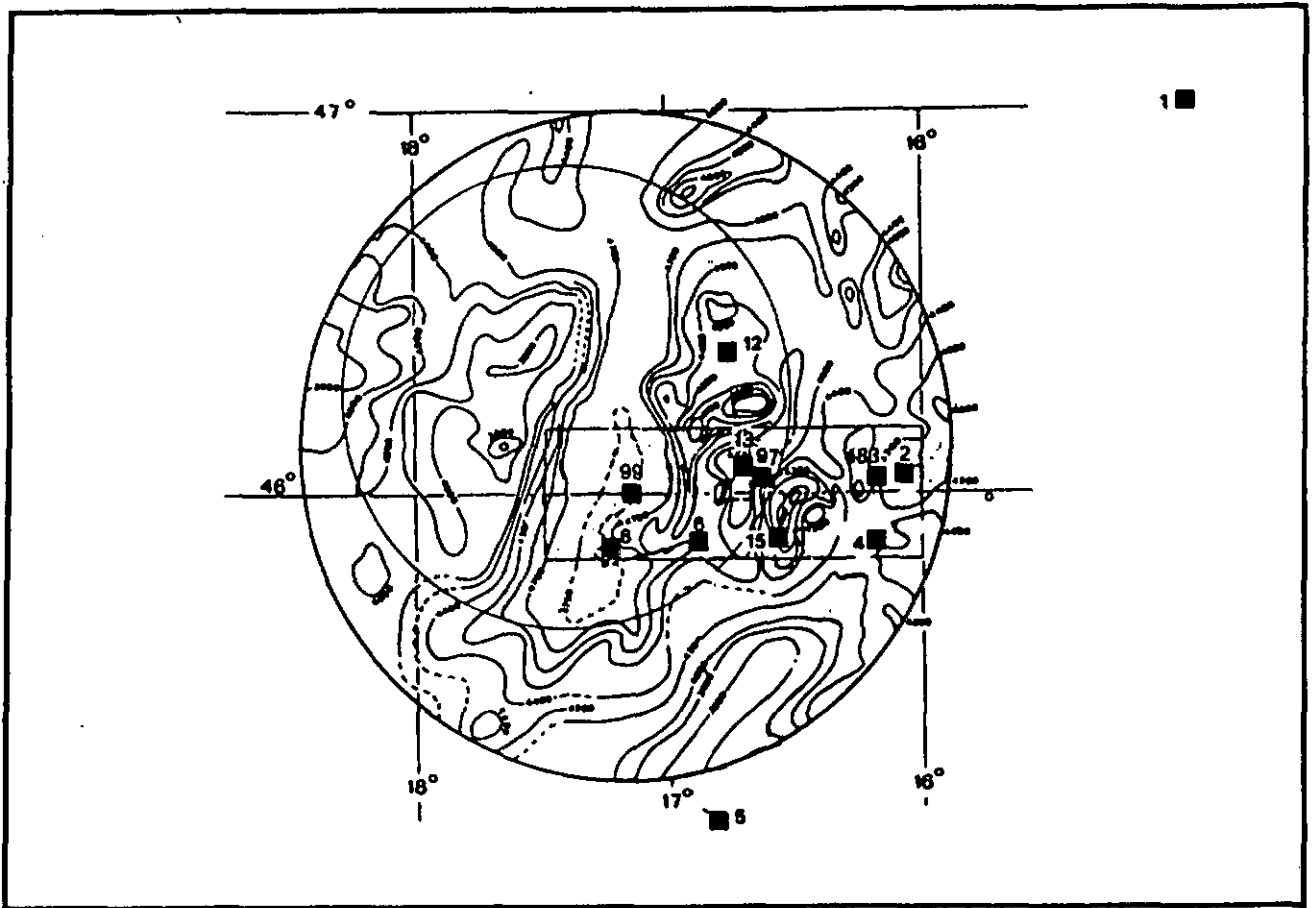


Fig. 1.4.

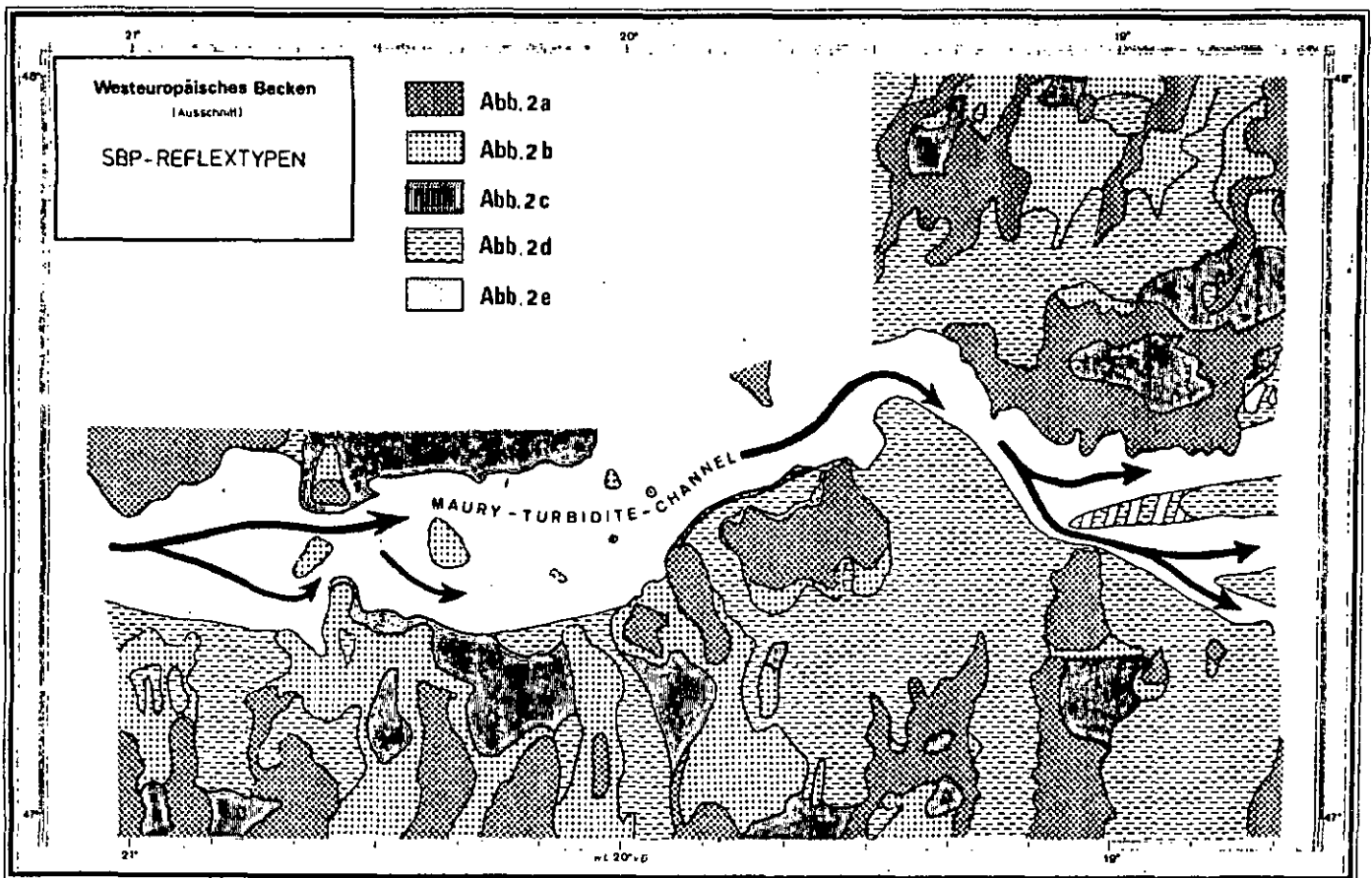
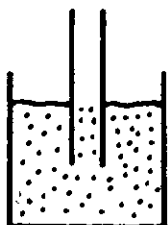


Fig. 1.5.

# Méthodologie

## Sédiment

subcore



boxcore

↓  
échantillonnage

lithologie

maille

↓  
roche totale

<sup>14</sup>C datations  
(Groningen)

diffracton-x

géoch. phase soluble

géoch. r.t. (EIR)

m.e.b.

<36µm granulo. Coulter

↓  
décarbonatation

<36µm granulo. Coulter

↓  
séparatons

↙  
<2µm

↘  
2-16µm

diffracton-x

Fig. 1.6.

## CHAPITRE 1

Fig 1.1. Positions et variations des fronts polaires depuis 20000 ans (selon Ruddimann et McIntyre, 1984).

Fig 1.2. Situation des régions NOAMP, DS et PAI (plaine abyssale Ibérique).

Fig 1.3. NOAMP: bathymétrie et situation des carottes (carte fournie par Dr. H. Heinrich du DHI).

Fig 1.4. Bathymétrie et situation des carottes sur le site d'immersion des déchets faiblement radioactifs (DS).

Fig 1.5. Profils des différents types de réflexion sismique caractérisant la région Noamp (d'après H.Heinrich, 1986)

type a: réflexions - type de grande colline avec des pentes mamelonnées.

type b: réflexions - type de faibles pentes entrecoupées de sillons.

type c: réflexions - type de "wavy ocean floor".

type d: réflexions - type de larges bassins à la surface lissée.

type e: réflexions - type de dépôts turbiditiques.

Fig 1.6. Plan d'étude d'une carotte.

# CHAPITRE 2

## - METHODES

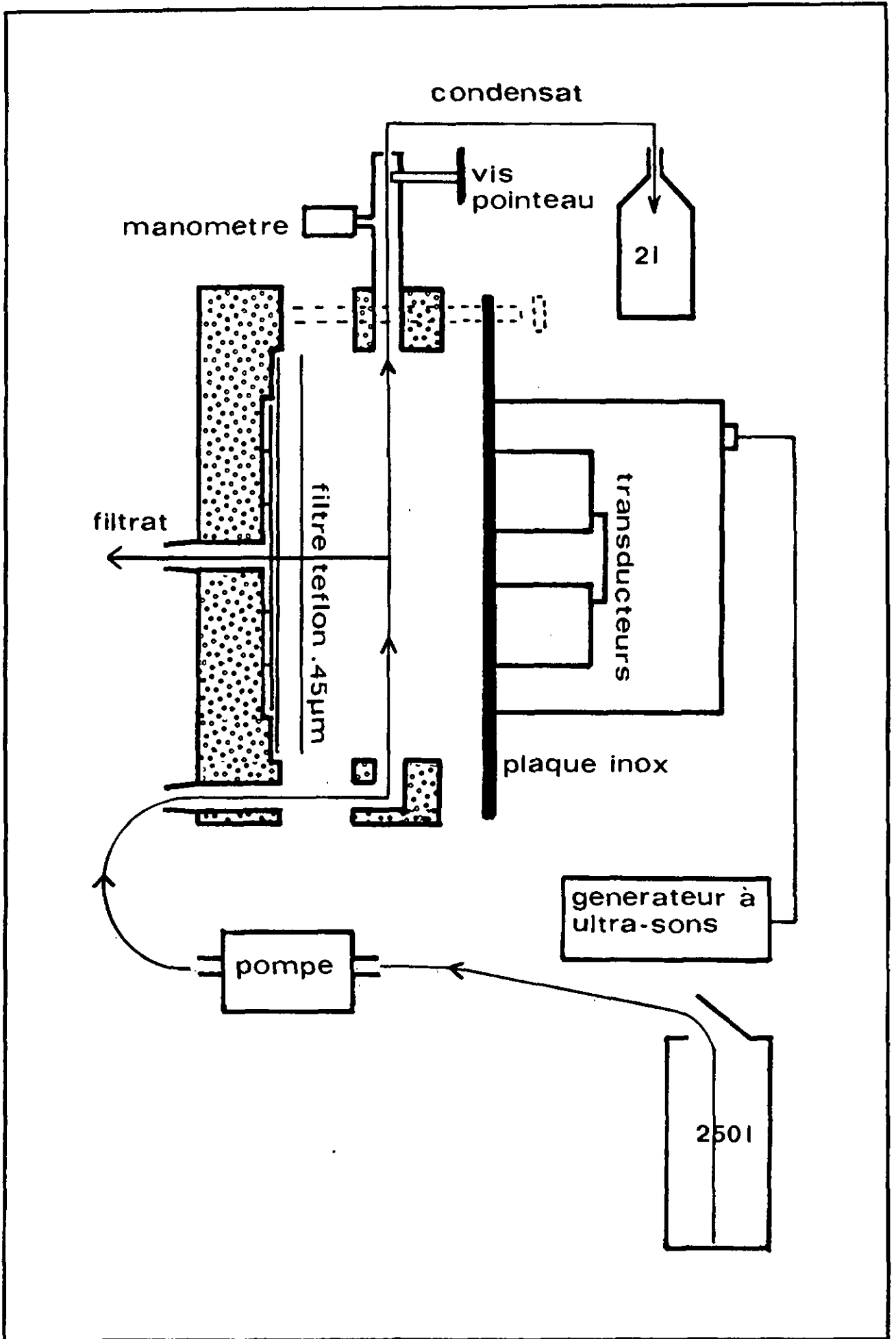


Fig. 2.1.

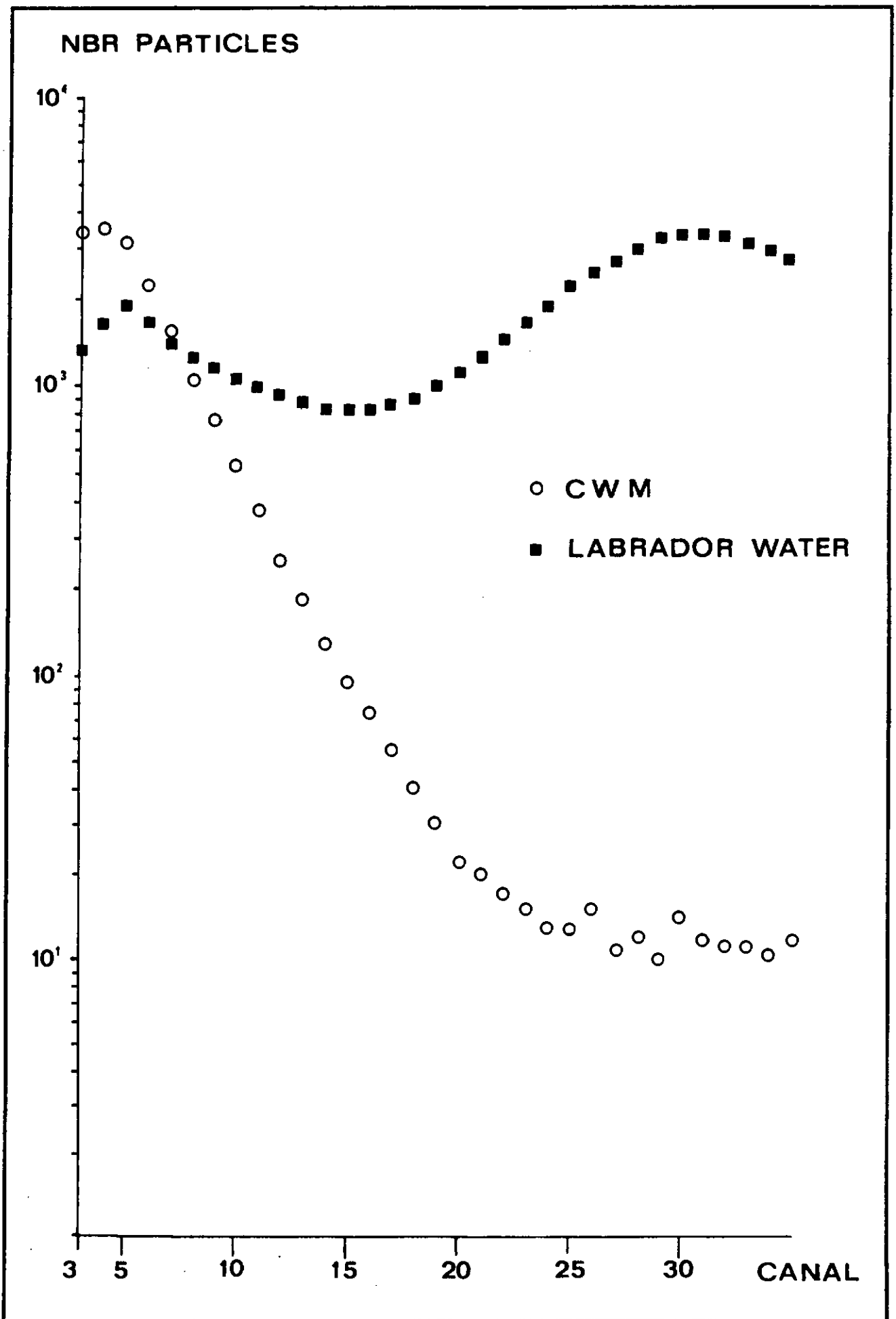


Fig. 2.2.

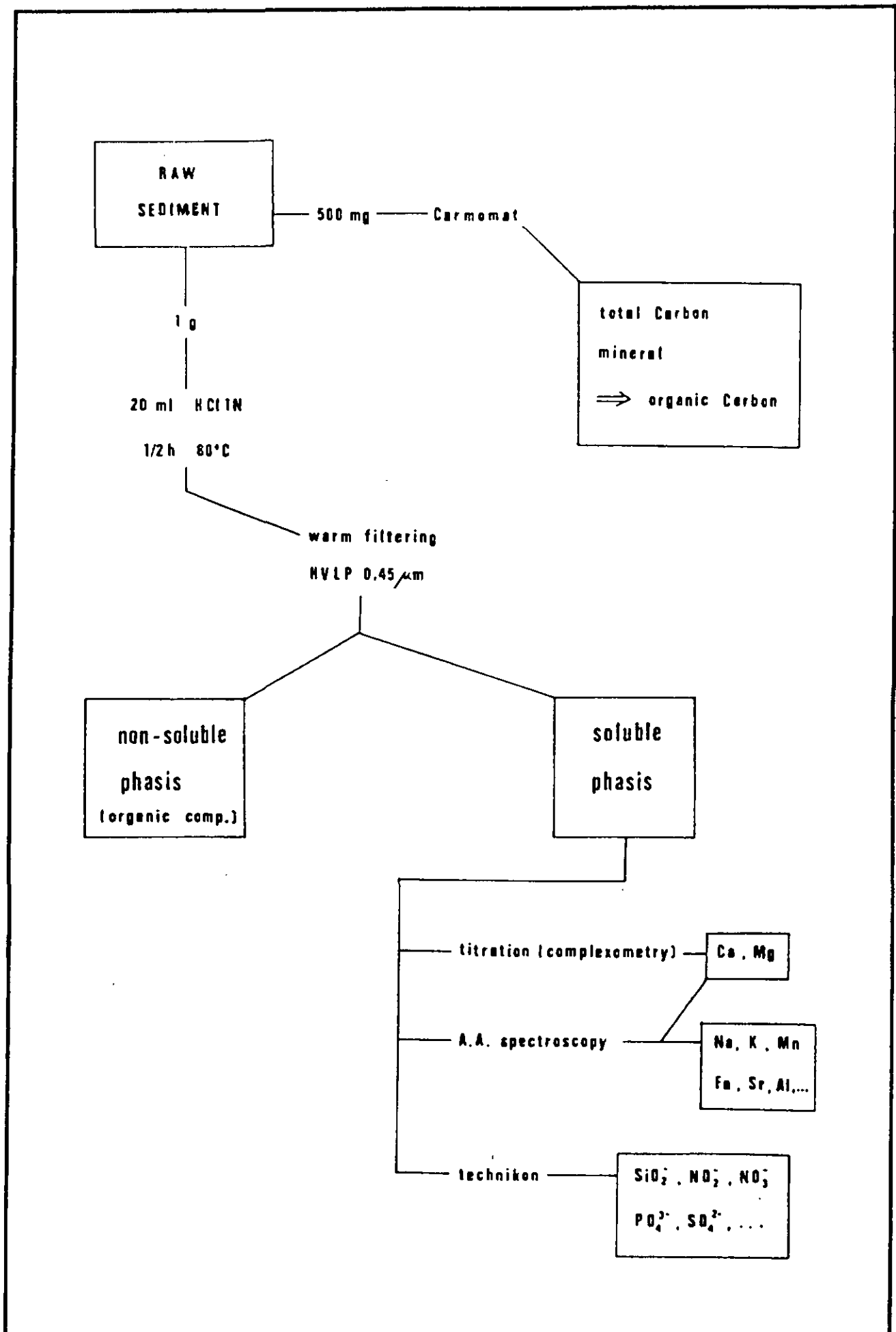


Fig. 2.3.

## CHAPITRE 2

Fig 2.1. Système de filtration à ultra - sons développé par Nyffeler et Ruch (1985). Ce système permet de filtrer 500 litres d'eau de mer en continu.

Fig 2.2. Bruit de fond propre au Coulter Counter en fonction de la concentration en particules de la suspension (CWM =  $5\mu\text{g/l}$  ; Eau du Labrador =  $30\mu\text{g/l}$ ).

Fig 2.3. Spéciation des carbonates: méthode du Laboratoire de Minéralogie Pétrographie et Géochimie (LMPG) de Neuchâtel.

## CHAPITRE 3

### RESULTATS

- DATATION
- MINERALOGIE
- GRANULOMETRIE
- GEOCHIMIE

% DOLOMITE      ST197:DATATIONS/%DOLOMITE

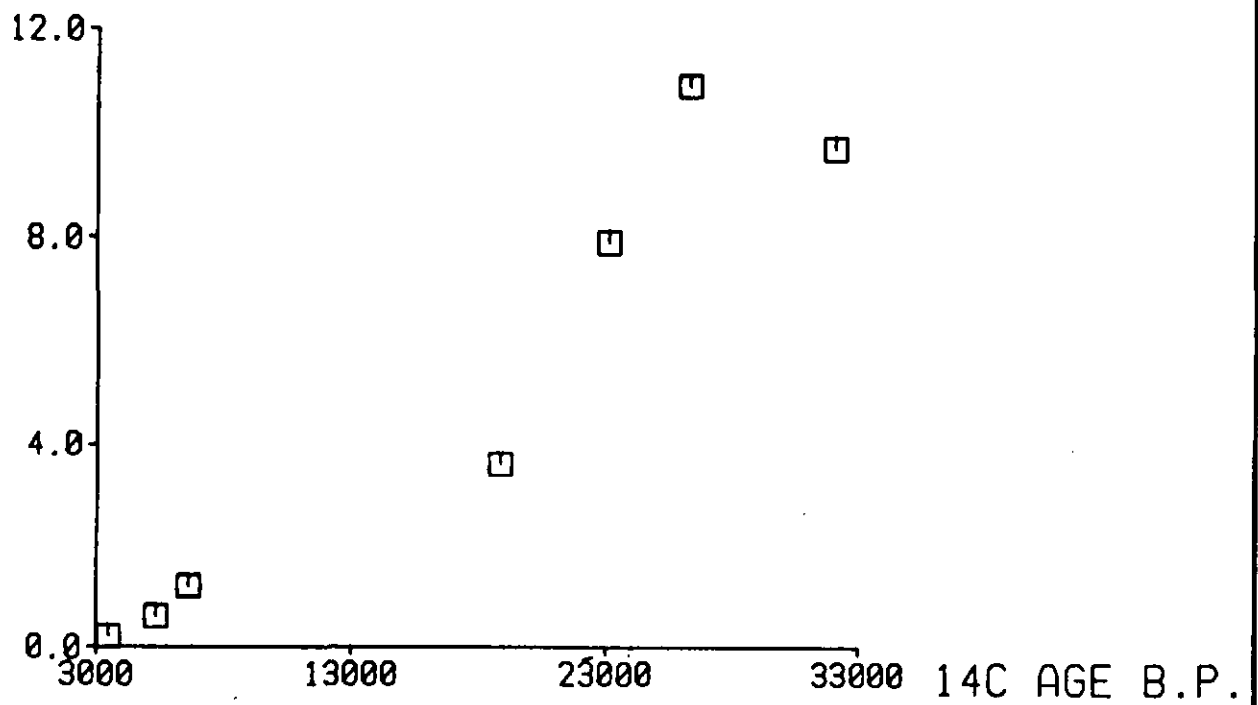


Fig. 3.1.

CARBONATE

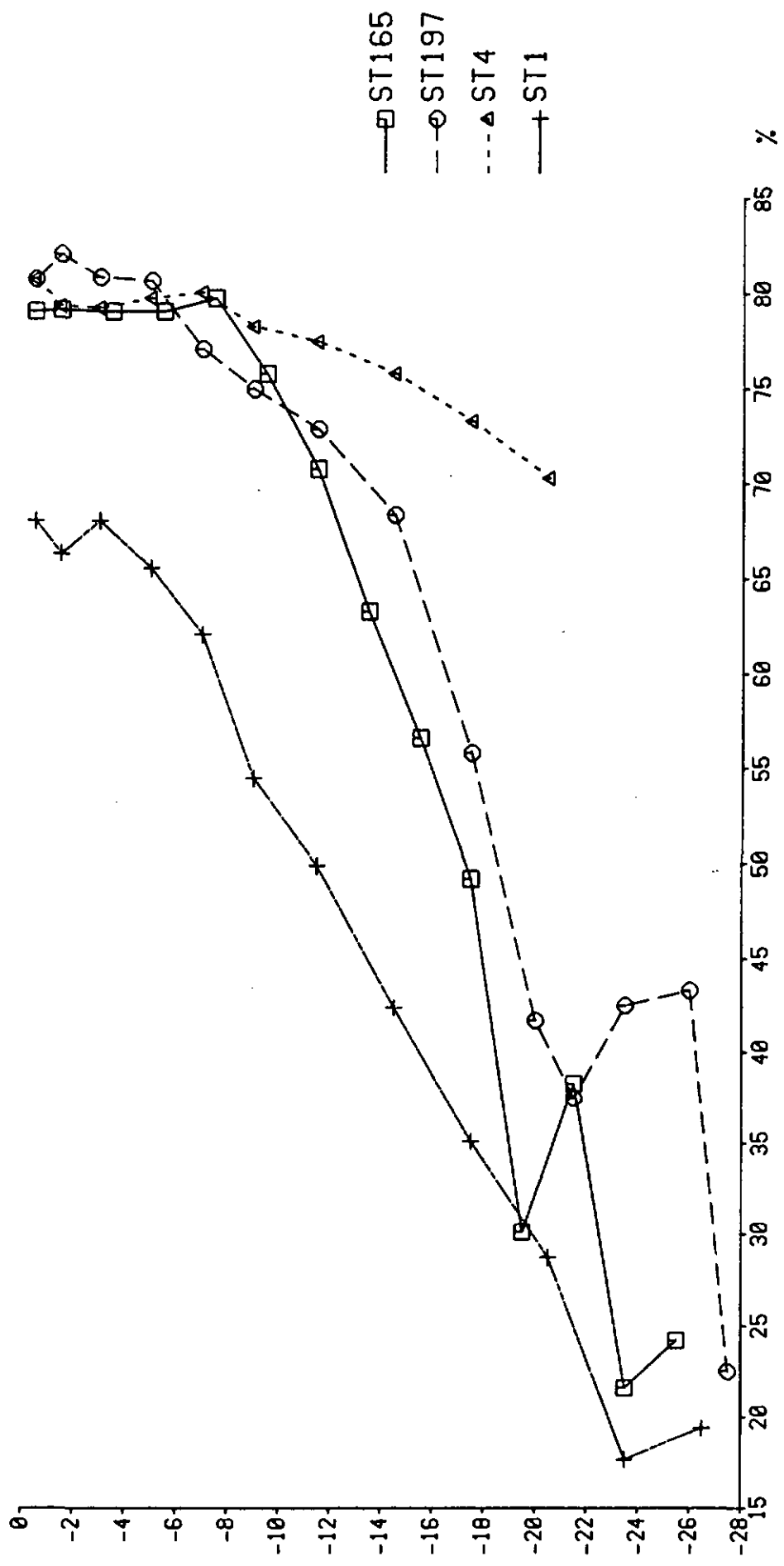
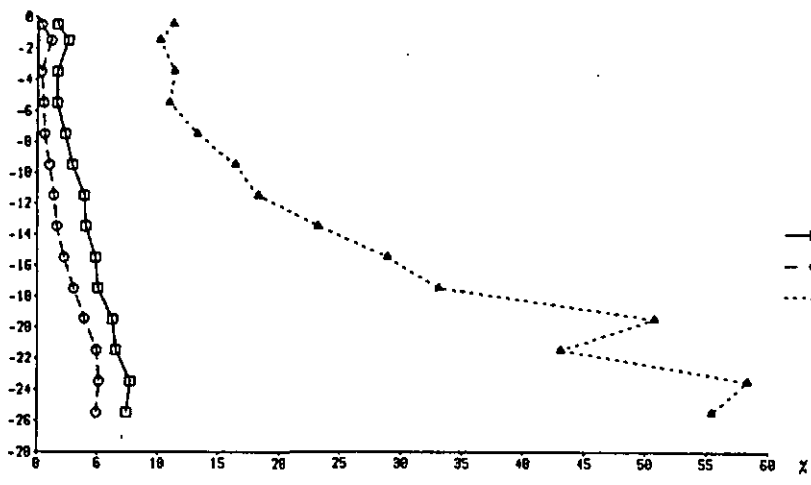
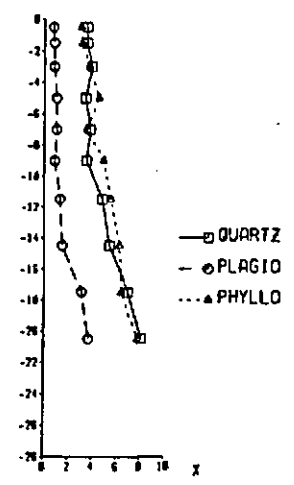


Fig. 3.2a.

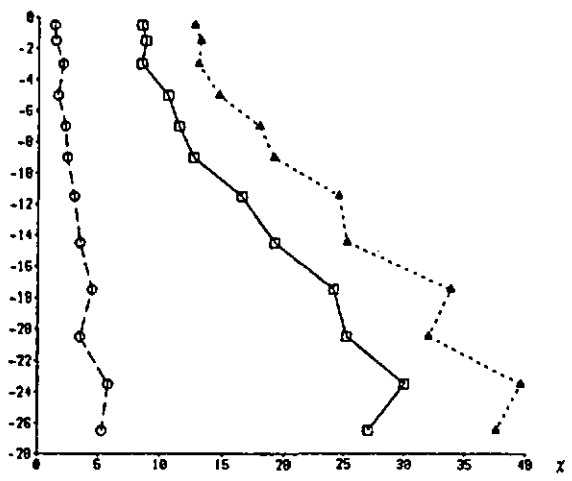
Prof cm STATION 165 (NP)



Prof cm STATION 4 (DS)



Prof cm STATION 1 (N-OS)



Prof cm STATION 197 (NP)

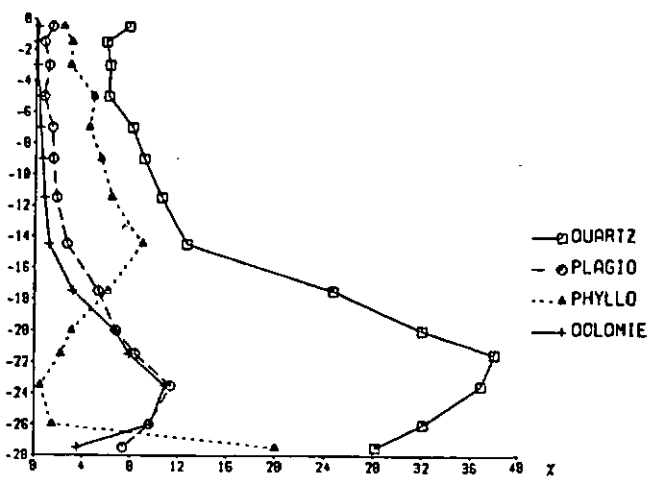


Fig. 3.2b.

# 14C Y B.P. DATATIONS ST197

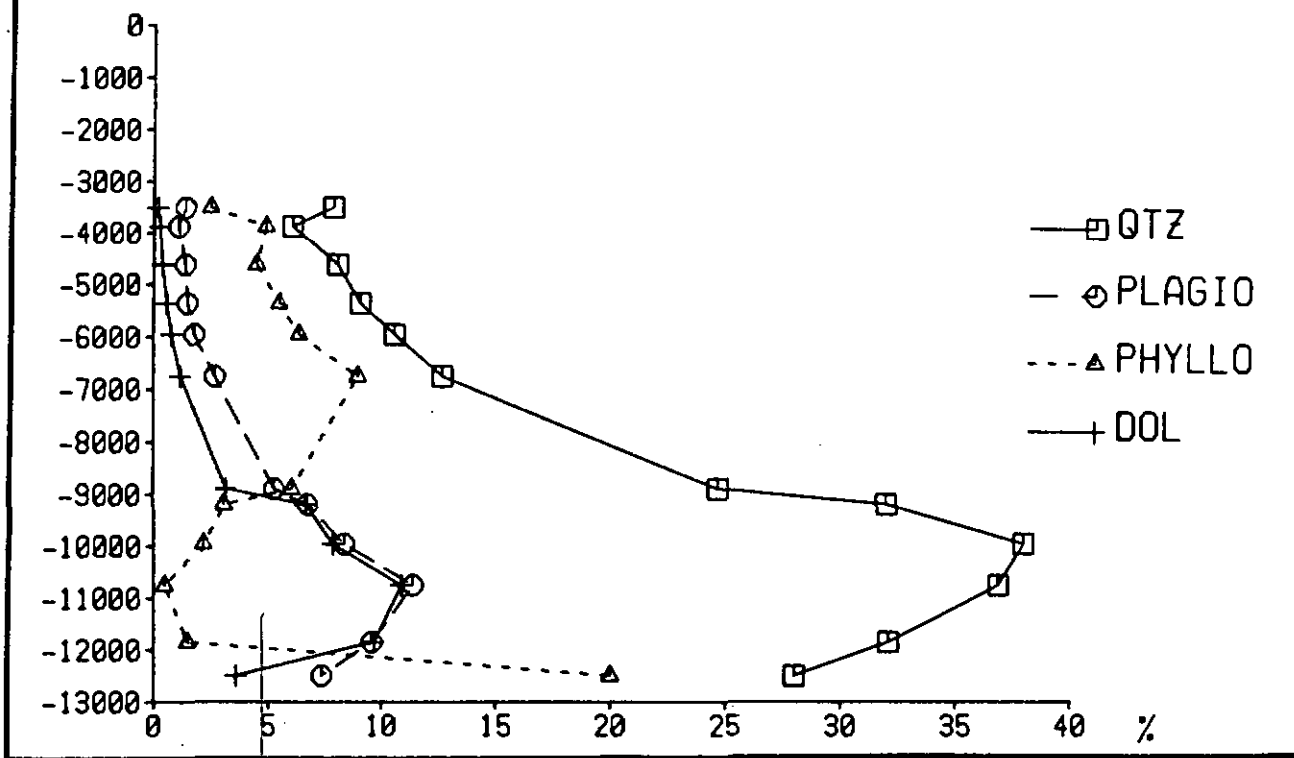


Fig. 3.3a.

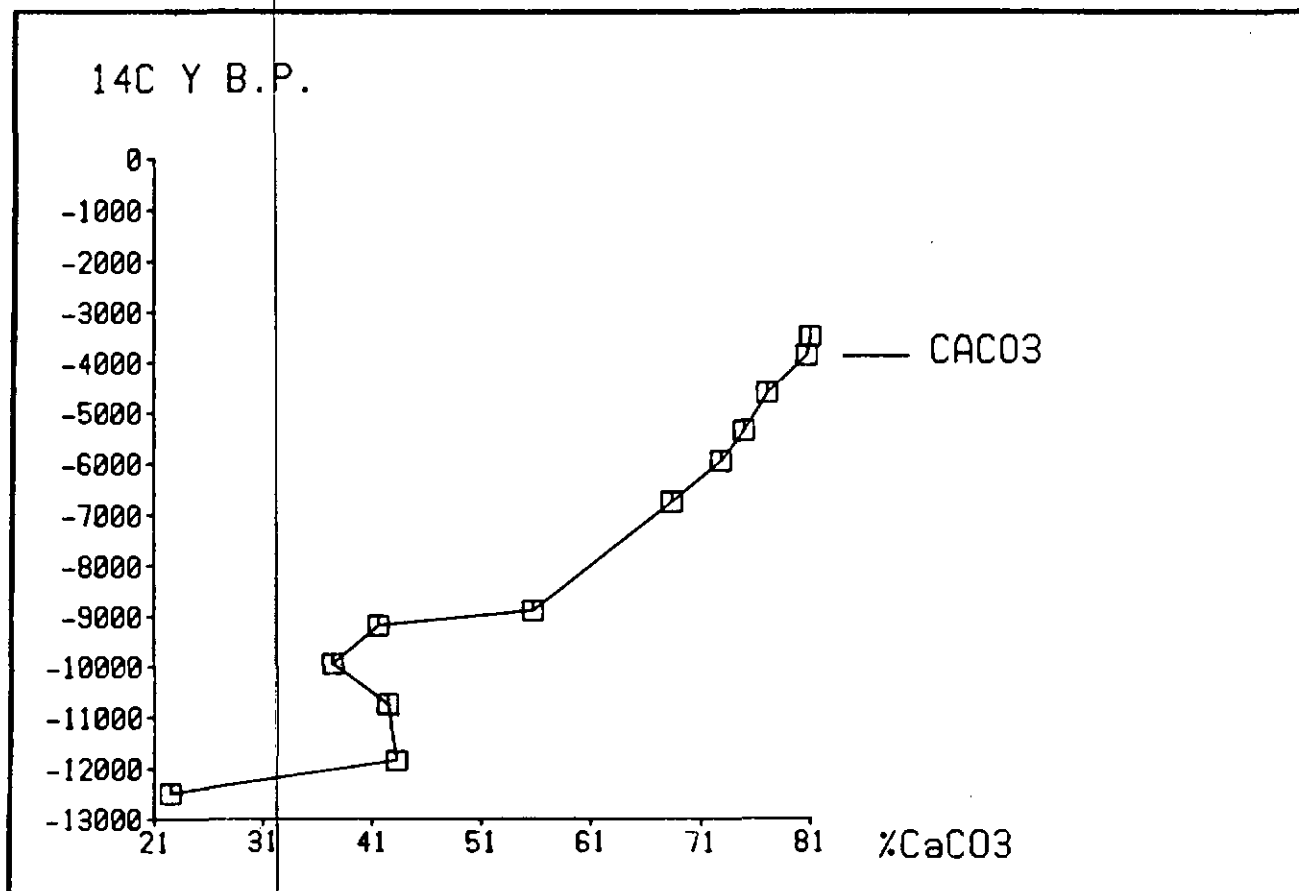


Fig. 3.3b.

STATION 99:4710M <2UM PLAINE (DS)

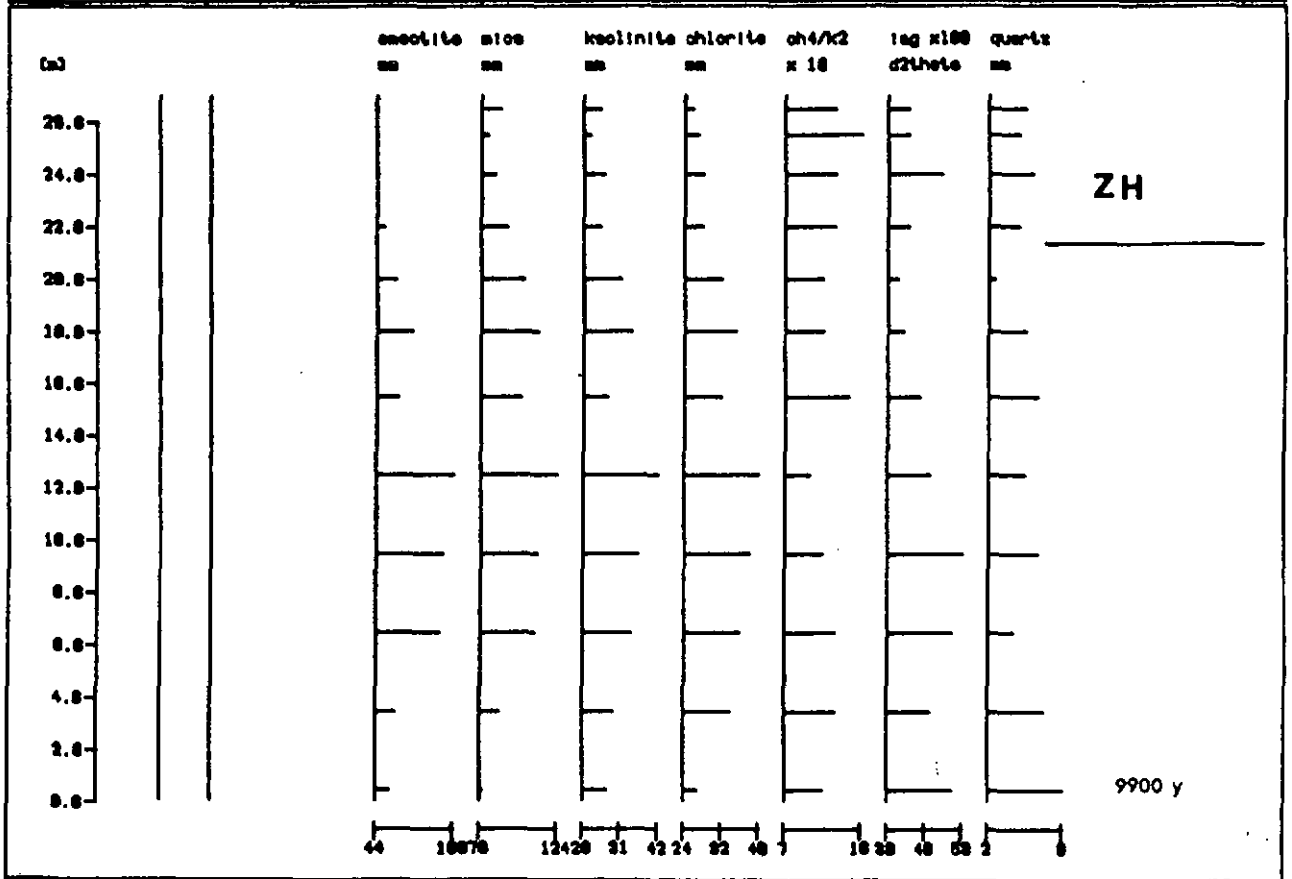


Fig. 3.4a.

STATION M6806:3960M <2UM MONTAGNE (NP)

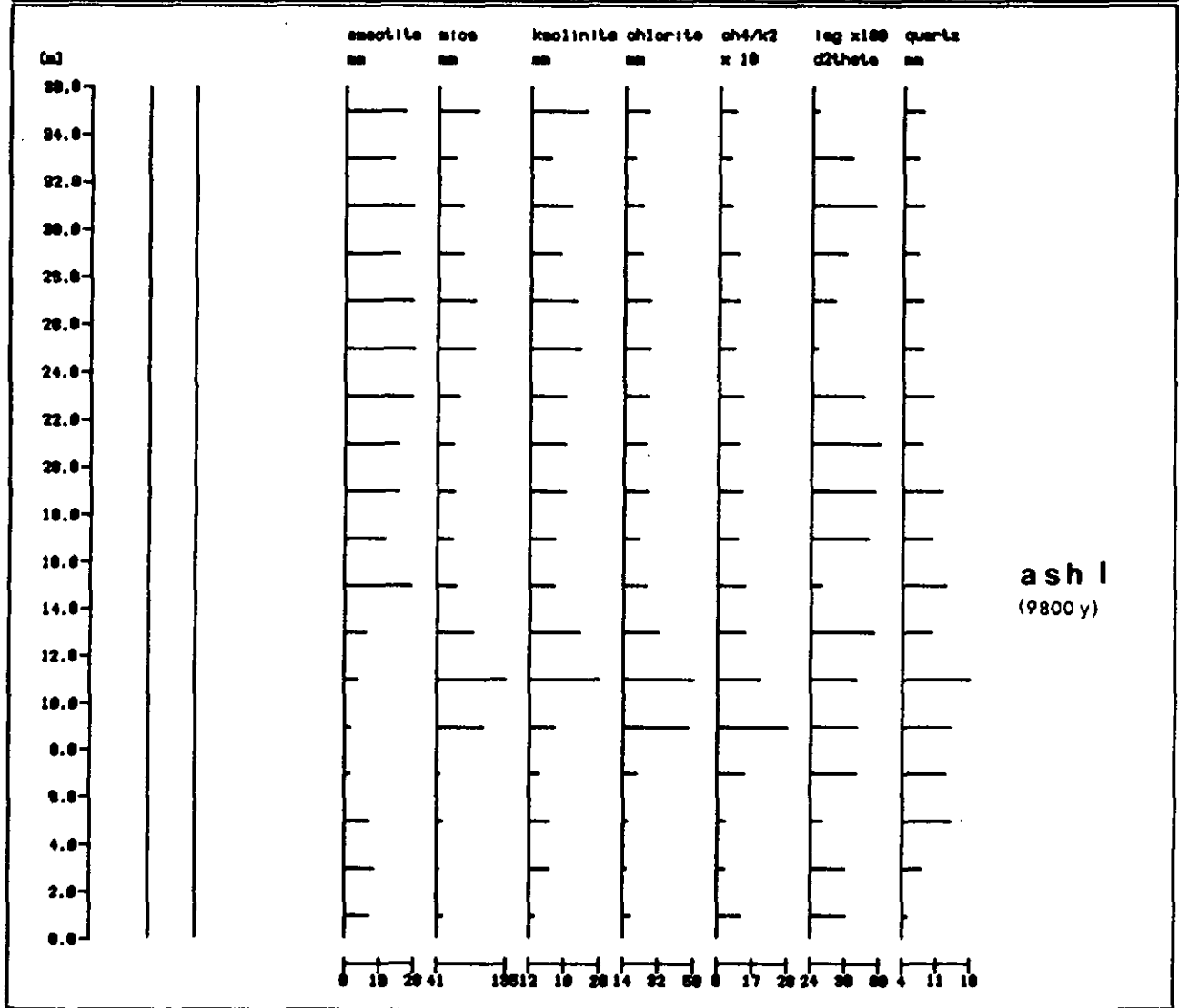


Fig. 3.4b.

STATION 59:4420M <2UM TALUS (NP)

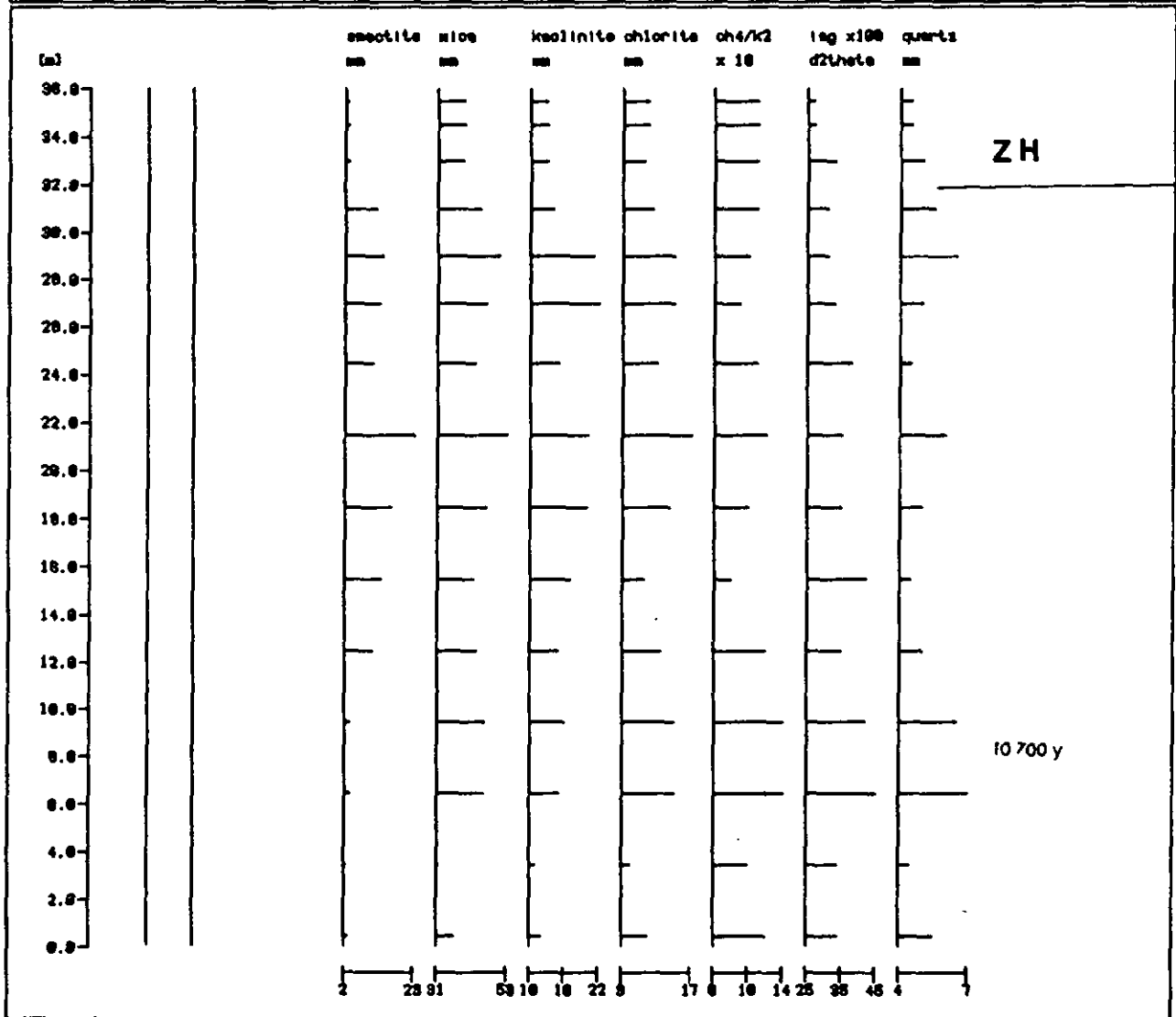


Fig. 3.4c.

STATION 383:5255M <2UM PLAINE ABYSSALE

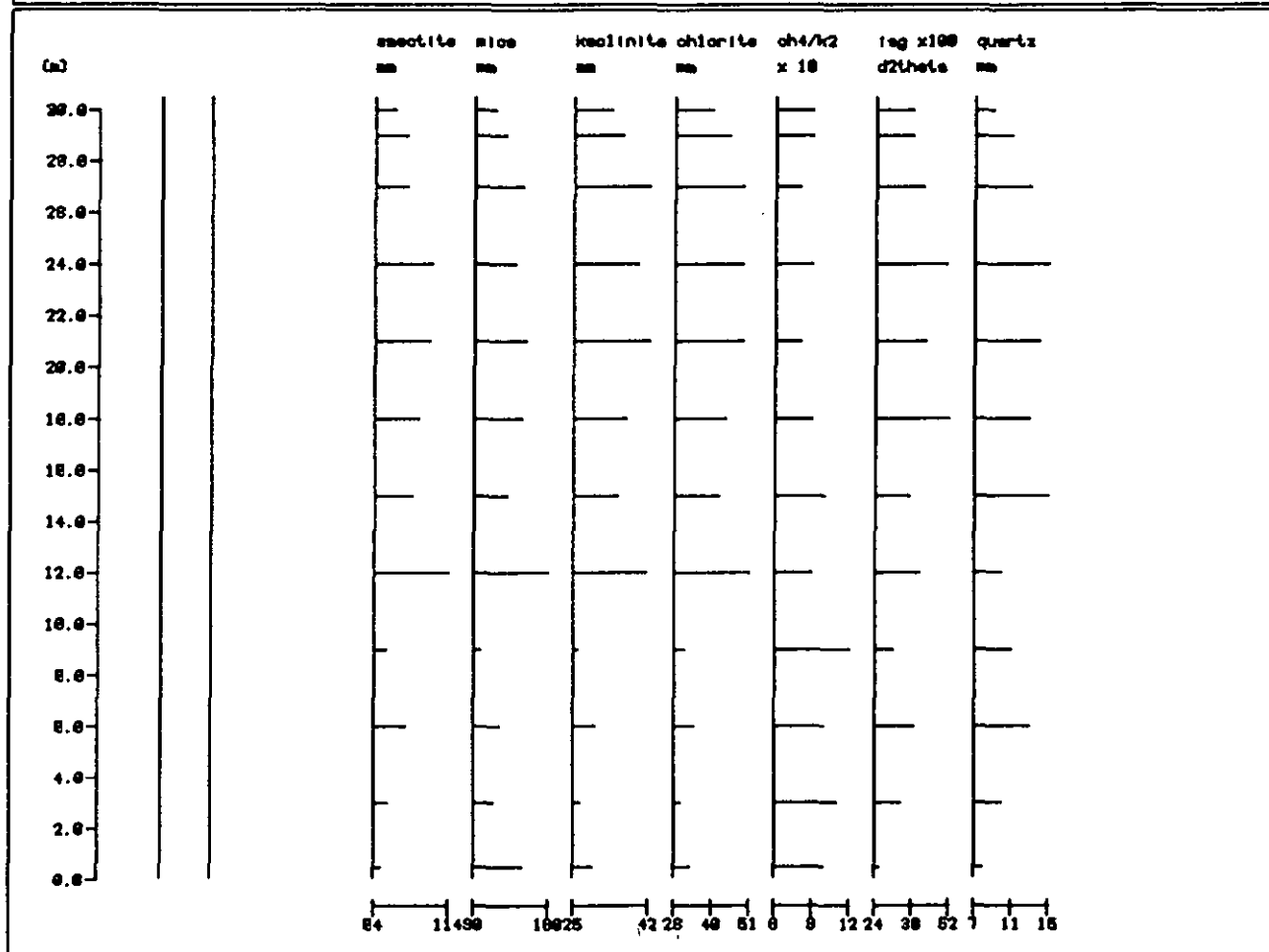


Fig. 3.4d.



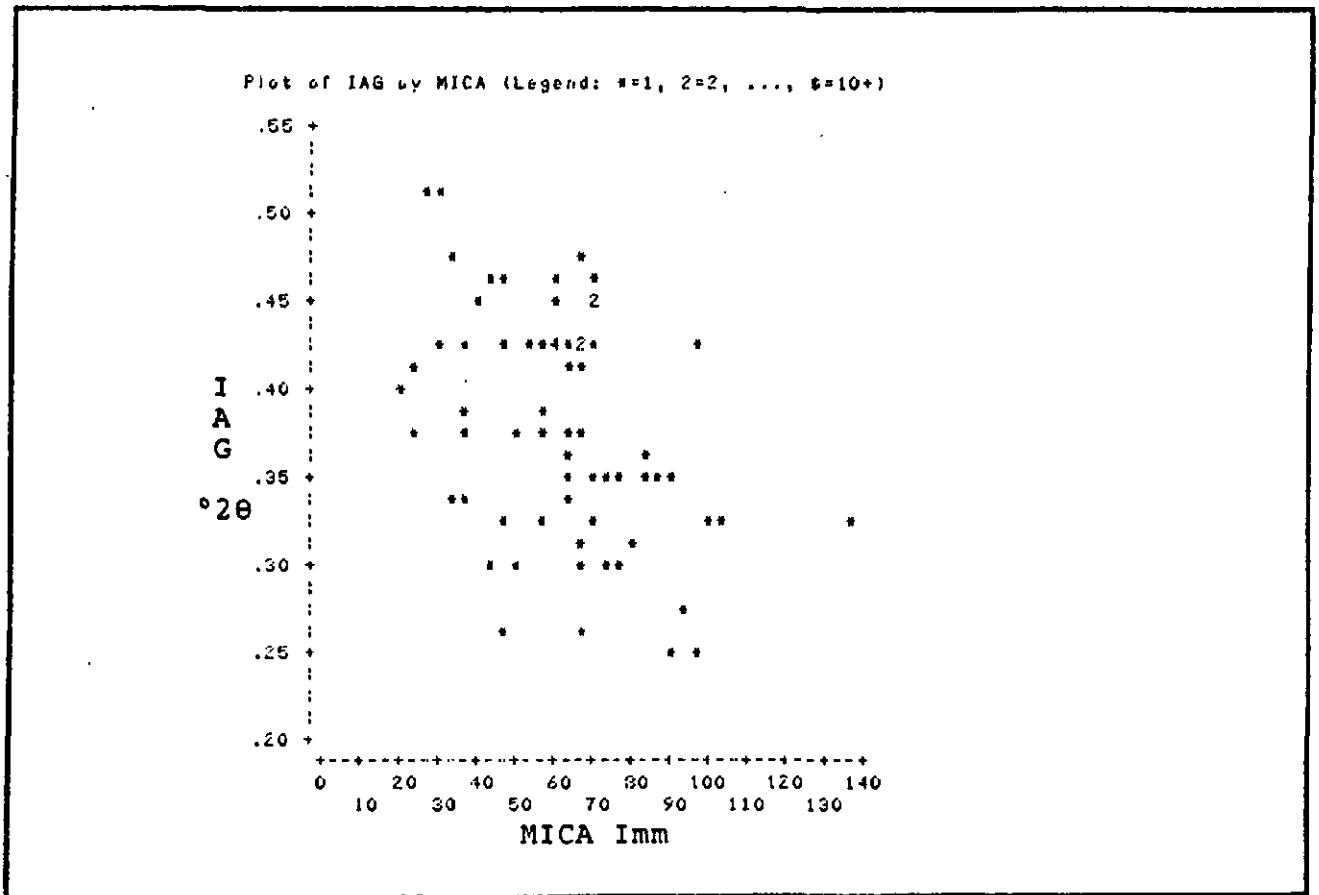


Fig. 3.5c.

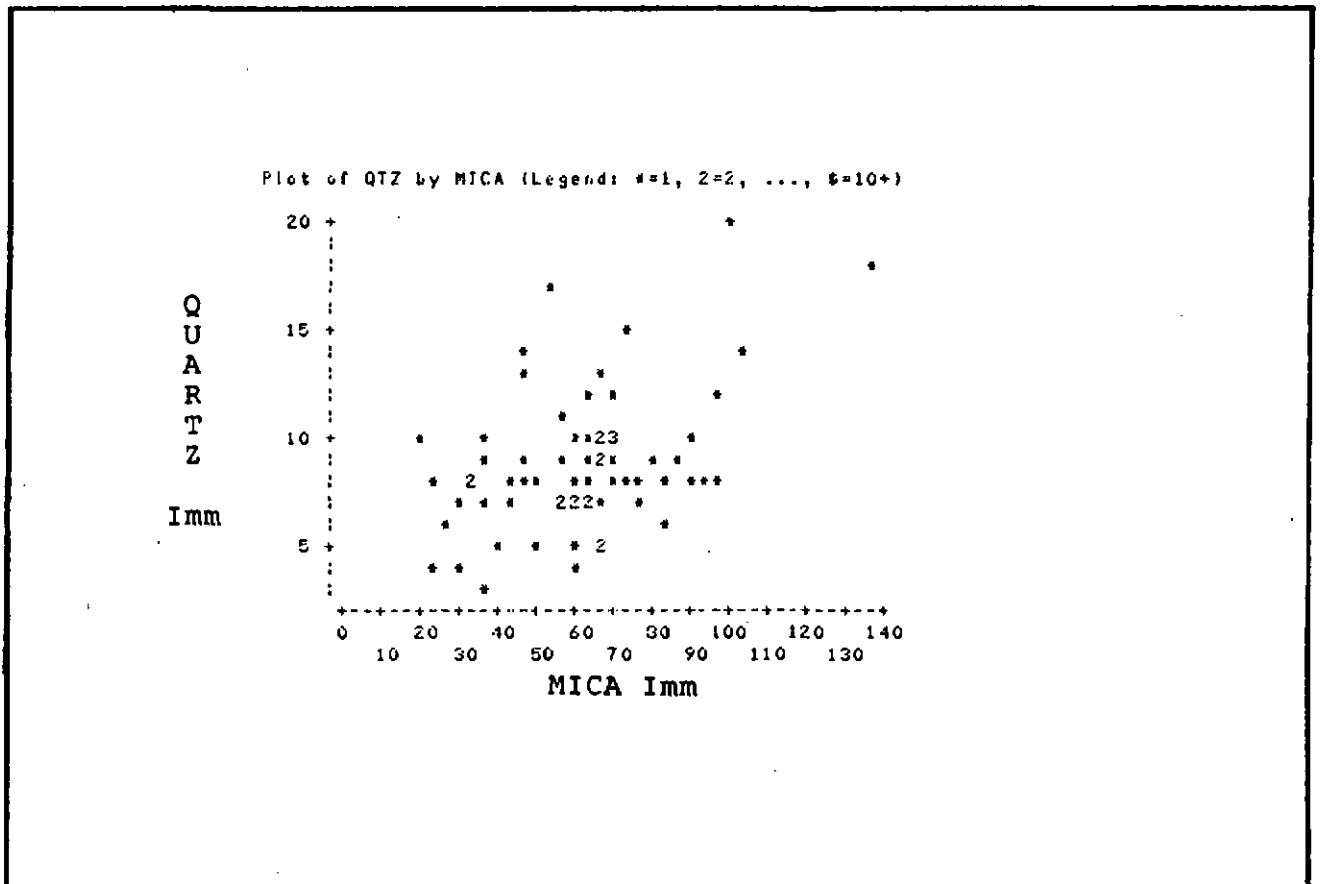
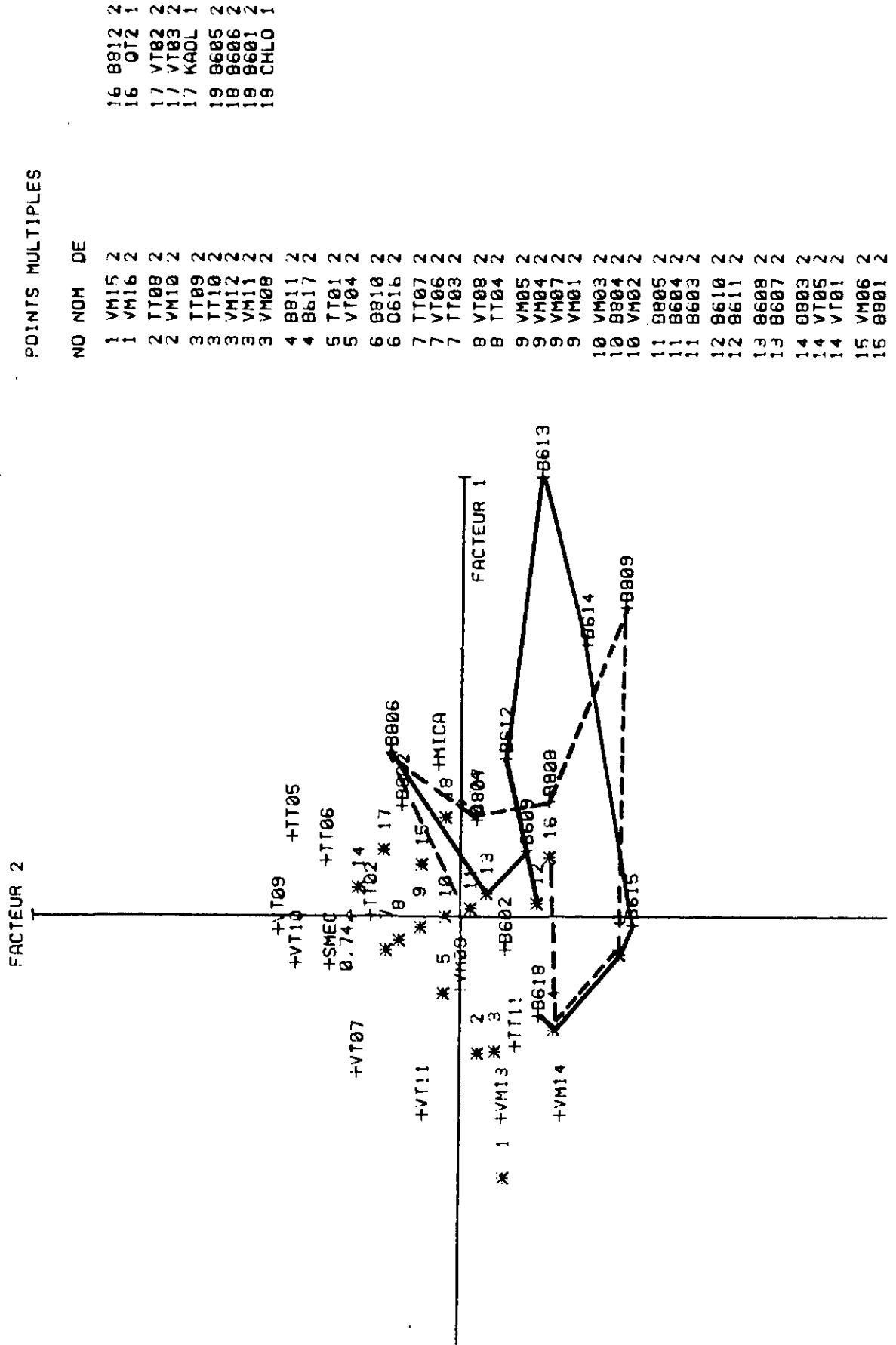


Fig. 3.5d.



POINTS MULTIPLES

NO	NOM	DE
1	VM15	2
1	VM16	2
2	TT08	2
2	VM10	2
3	TT09	2
3	TT10	2
3	VM12	2
3	VM11	2
3	VM08	2
4	BB11	2
4	BB17	2
5	TT01	2
5	VT04	2
6	BB10	2
6	OB16	2
7	TT07	2
7	VT06	2
7	TT03	2
8	VT08	2
8	TT04	2
9	VM05	2
9	VM04	2
9	VM07	2
9	VM01	2
10	VM03	2
10	BB04	2
10	VM02	2
11	BB05	2
11	BB04	2
11	BB03	2
12	BB10	2
12	BB11	2
13	BB08	2
13	BB07	2
14	BB03	2
14	VT05	2
14	VT01	2
15	VM06	2
15	BB01	2
16	BB12	2
16	OT2	1
17	VT02	2
17	VT03	2
17	KAOL	1
19	BB05	2
19	BB06	2
19	BB01	2
19	CHLO	1



STATION 99:4710M 2-16UM PLAIN (DS)

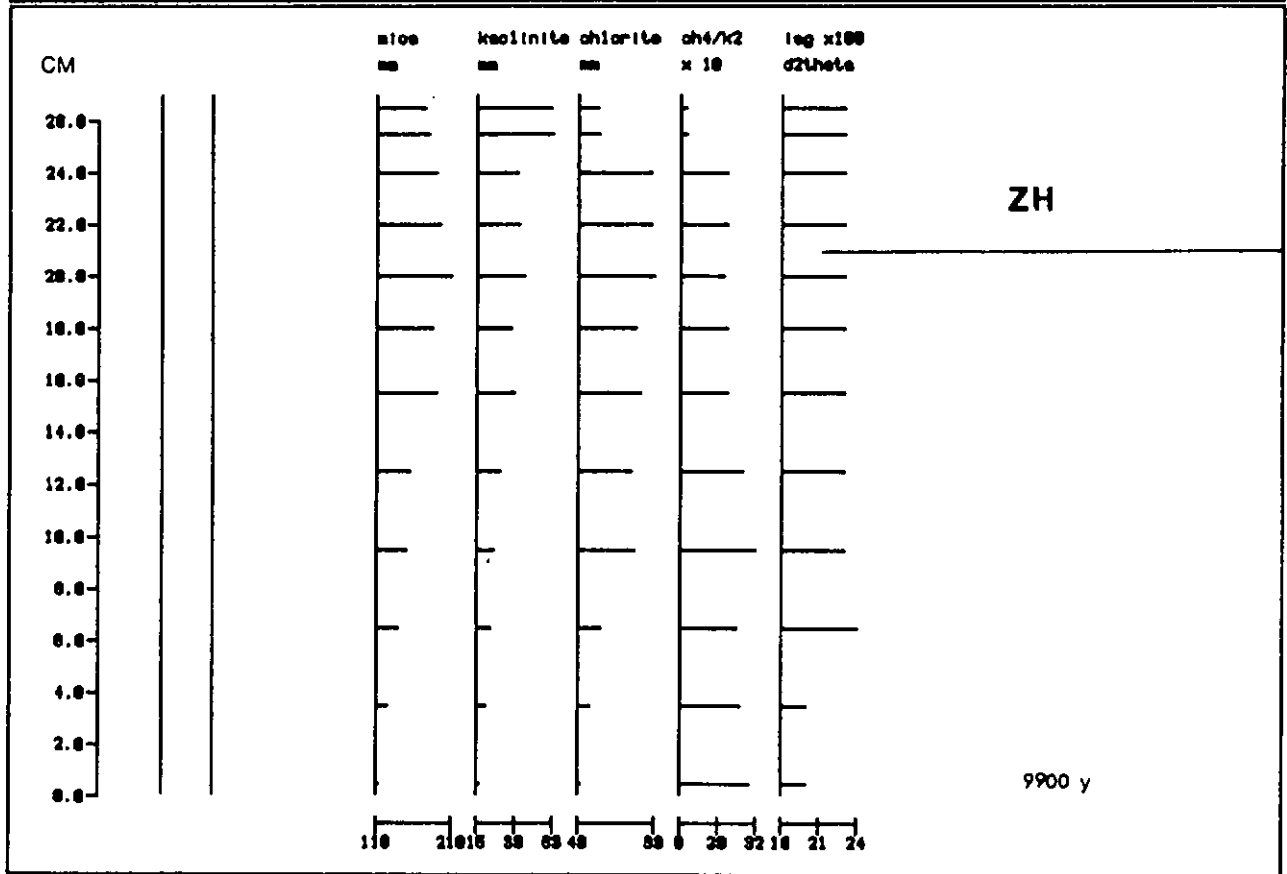


Fig. 3.8a.

STATION M6806:3960M 2-16UM MONTAGNE (NP)

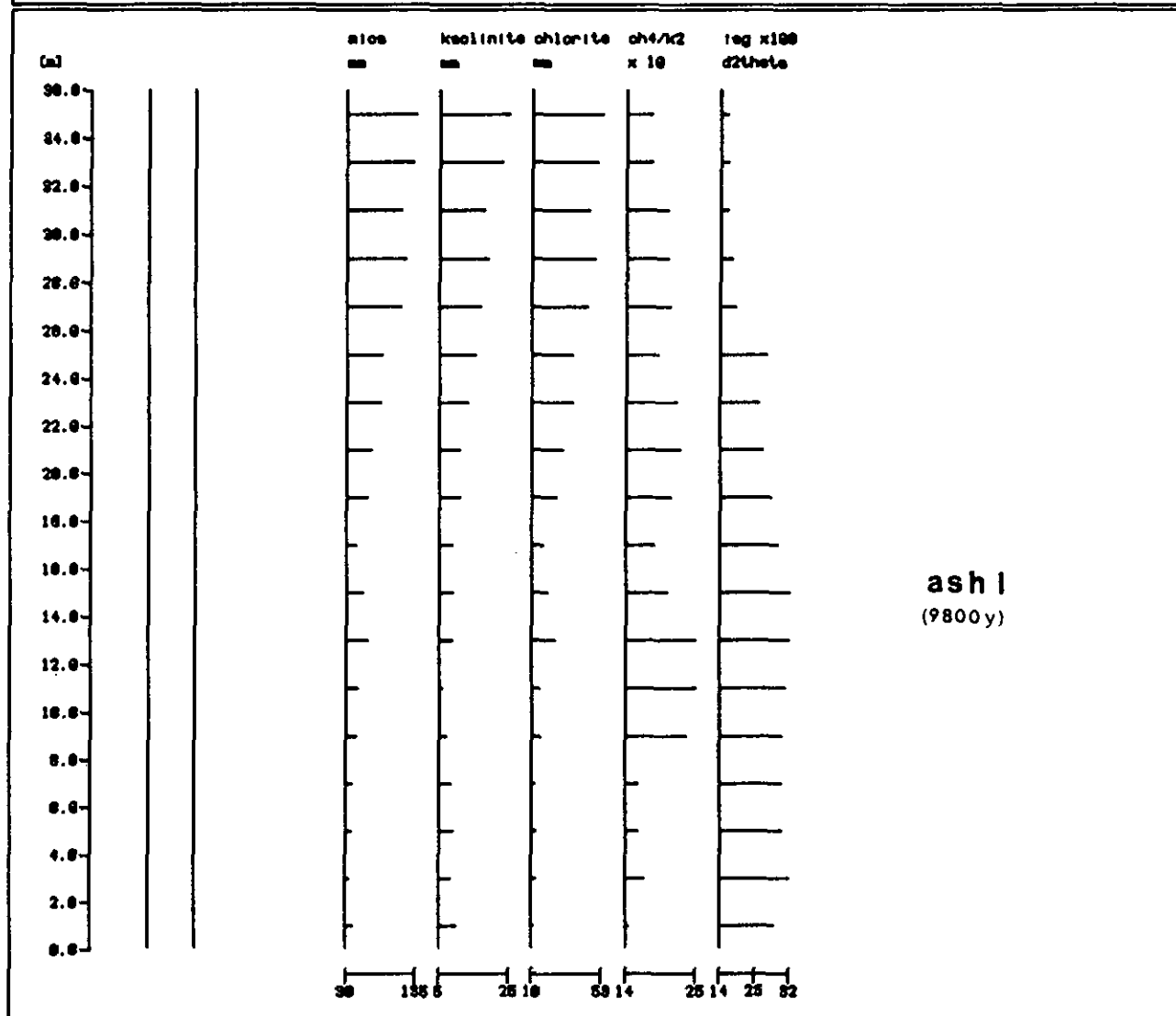


Fig. 3.8b.

STATION 59:4420M 2-16UM TALUS (NP)

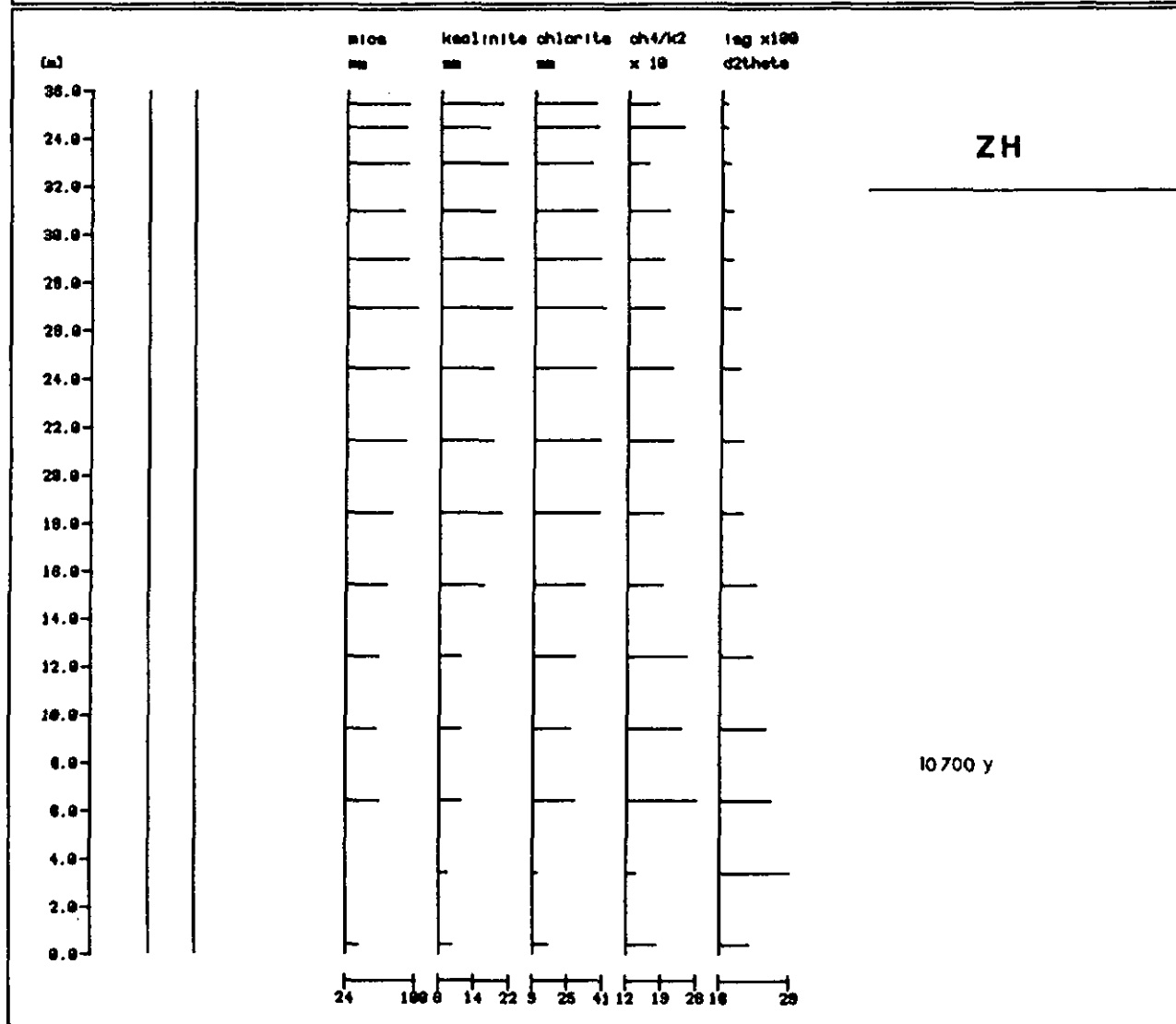


Fig. 3.8c.

STATION 383:5255M 2-16UM PLAINE ABYSSALE

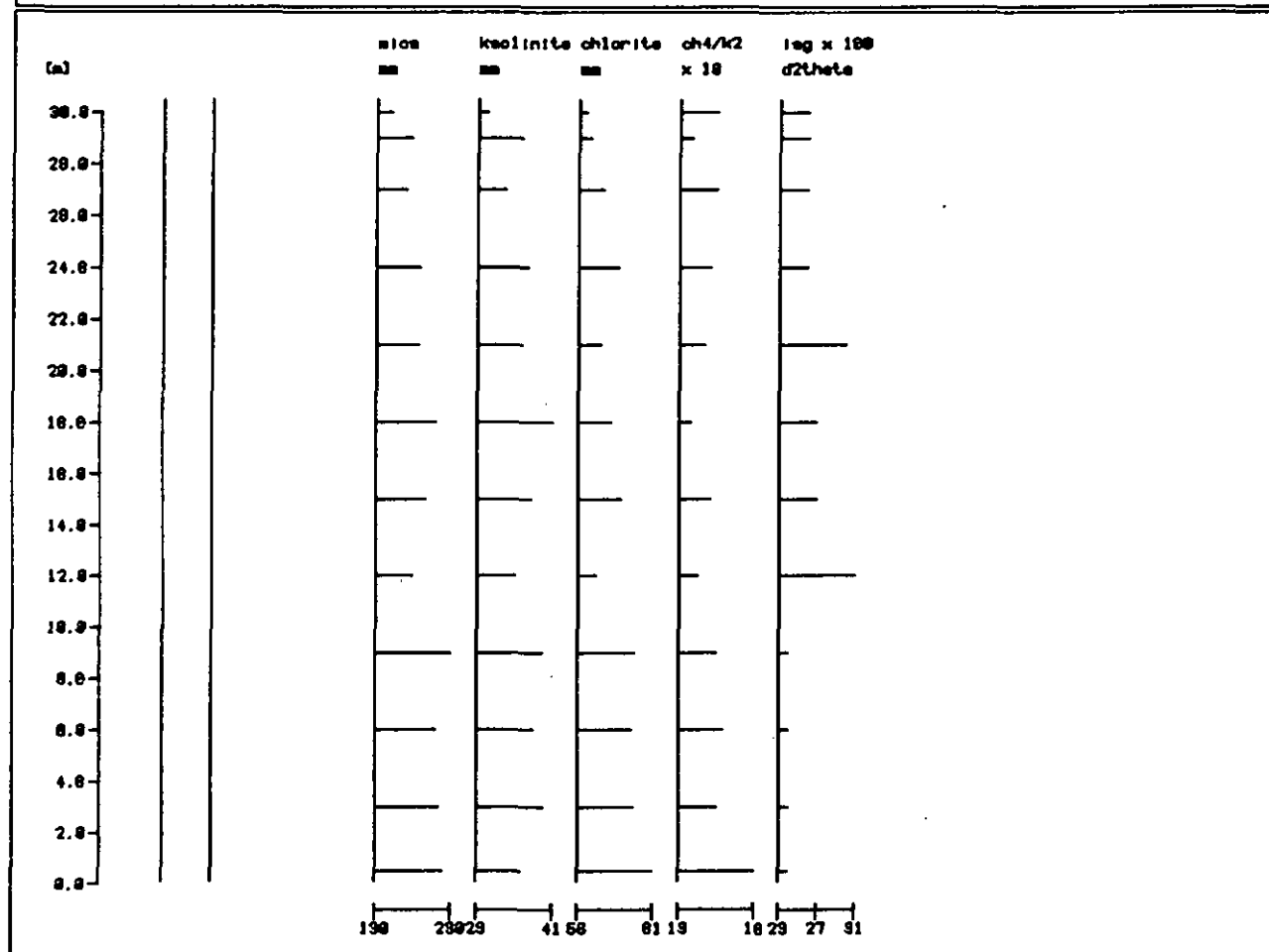


Fig. 3.8d.

STATION 99:4710M 2-16UM PLAINE (DS)

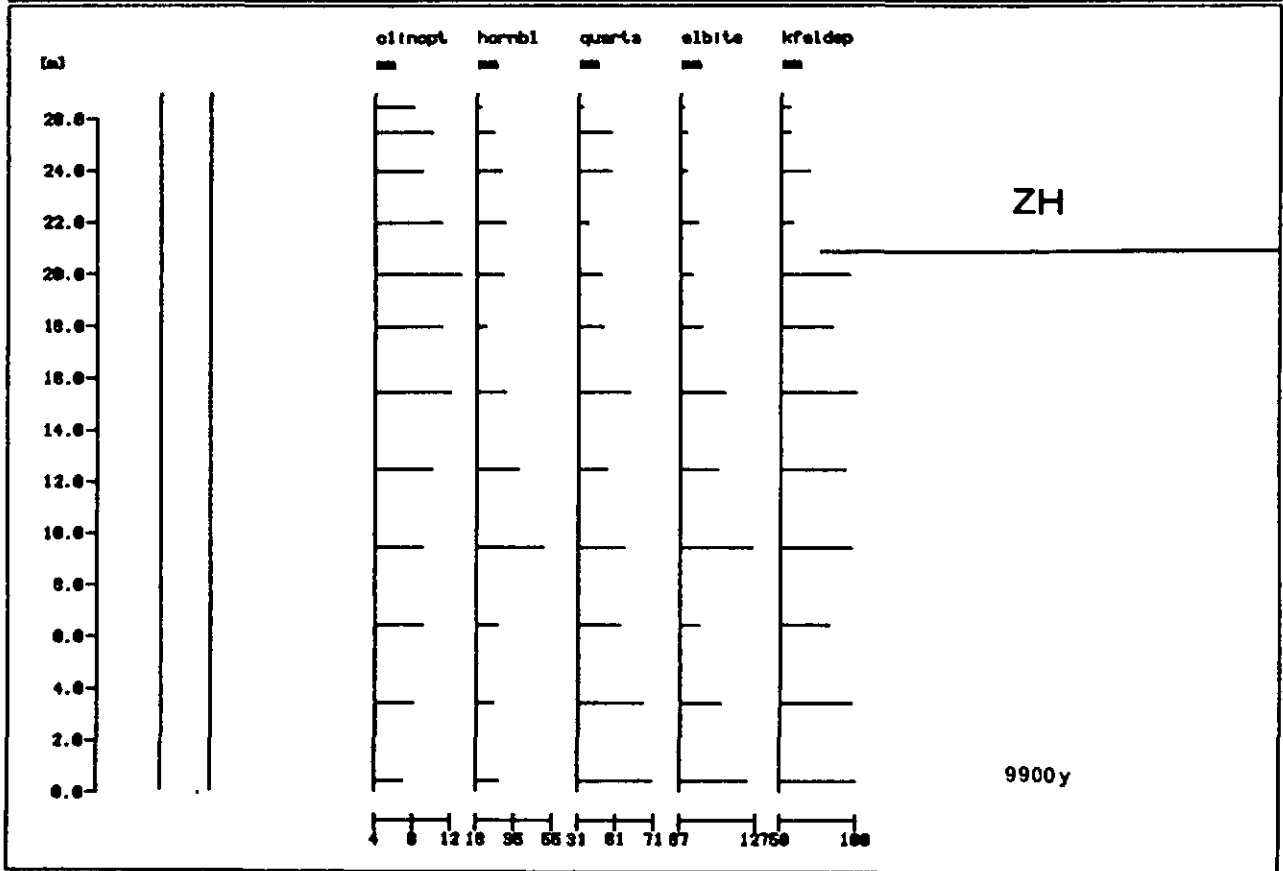


Fig. 3.9a.

STATION M6806:3960M 2-16UM MONTAGNE (NP)

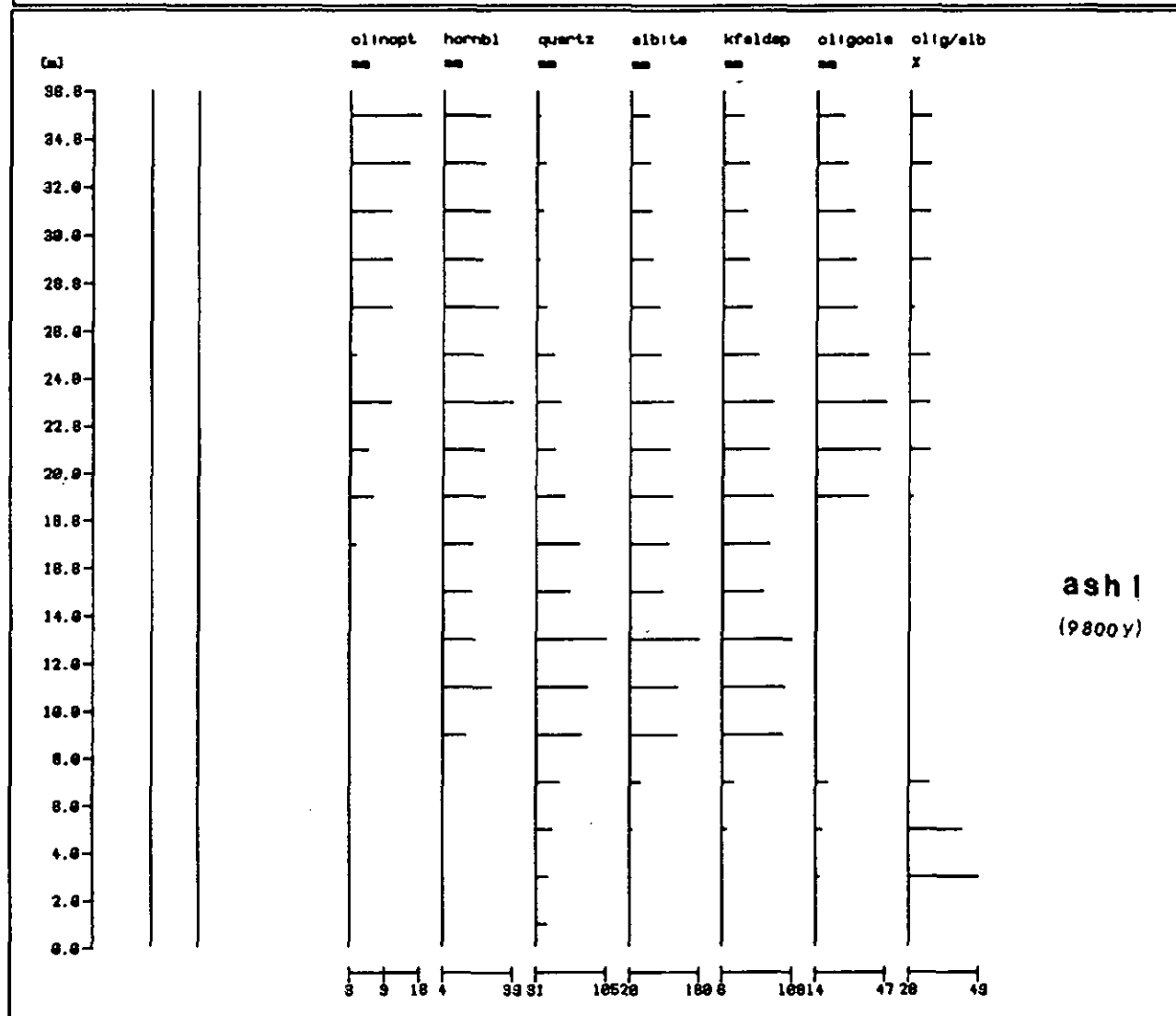


Fig. 3.9b.

STATION 59:4420M 2-16UM TALUS (NP)

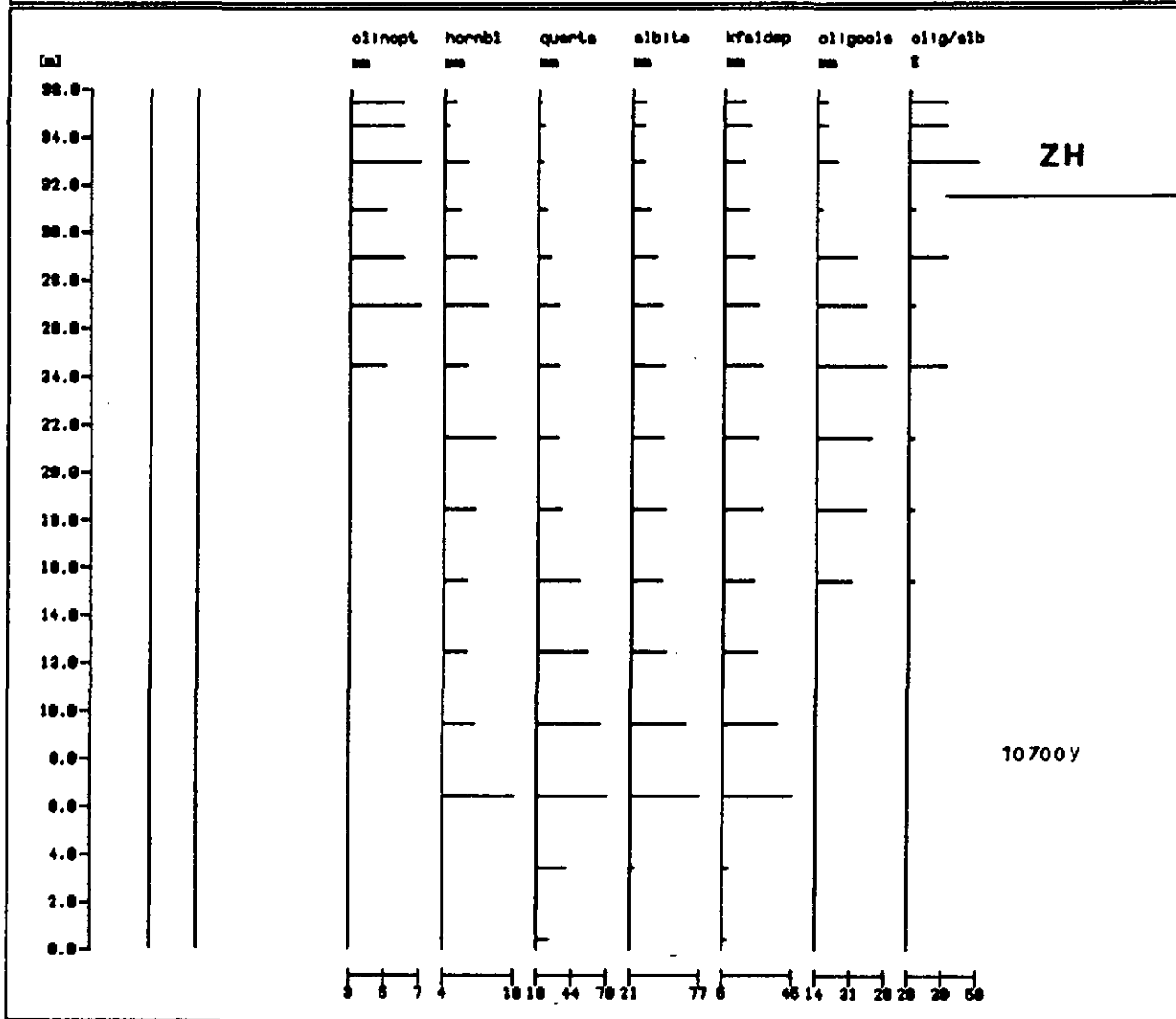


Fig. 3.9c.

STATION 383:5255M 2-16UM PLAIN ABYSSALE

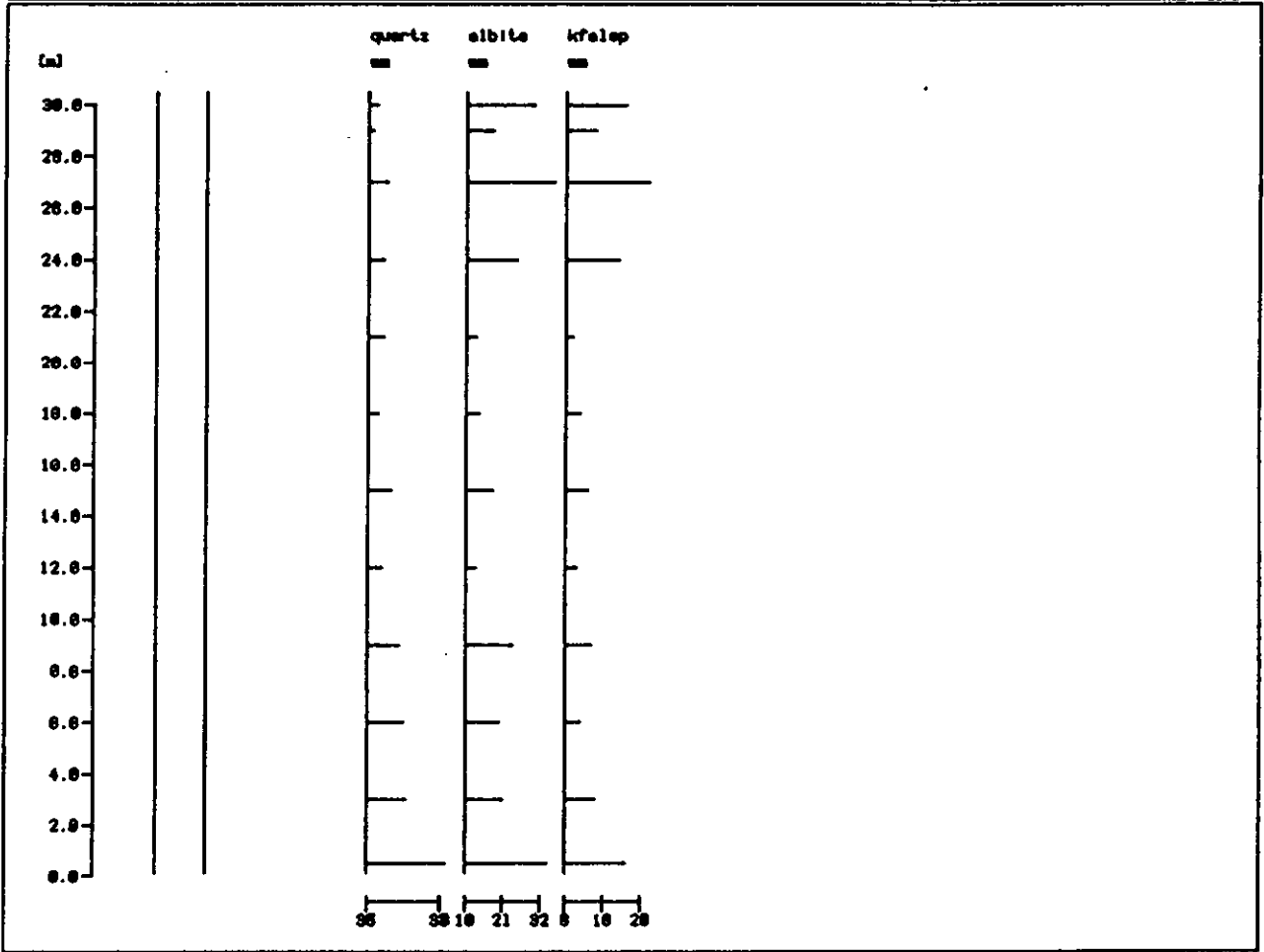


Fig. 3.9d.

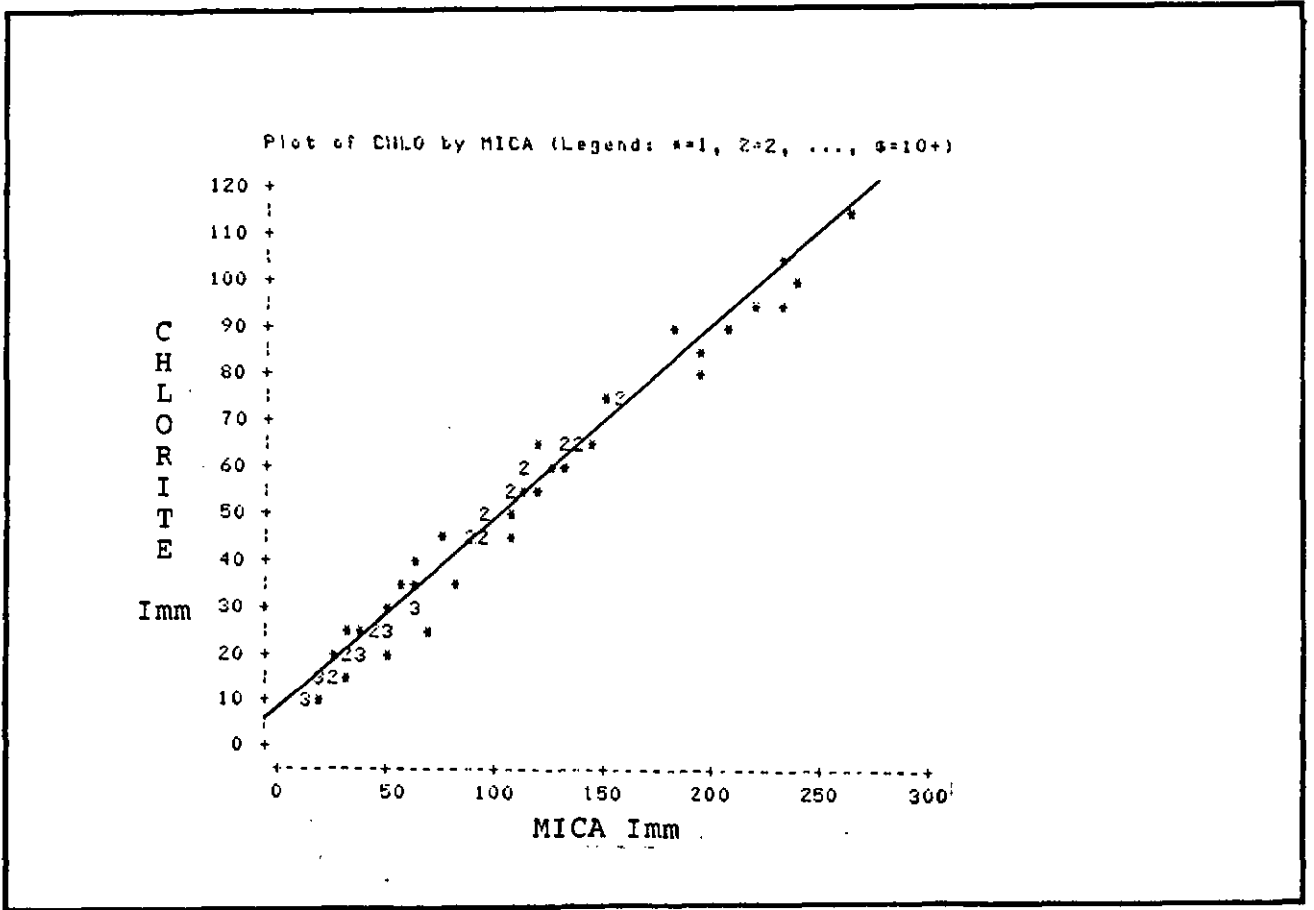


Fig. 3.10a.

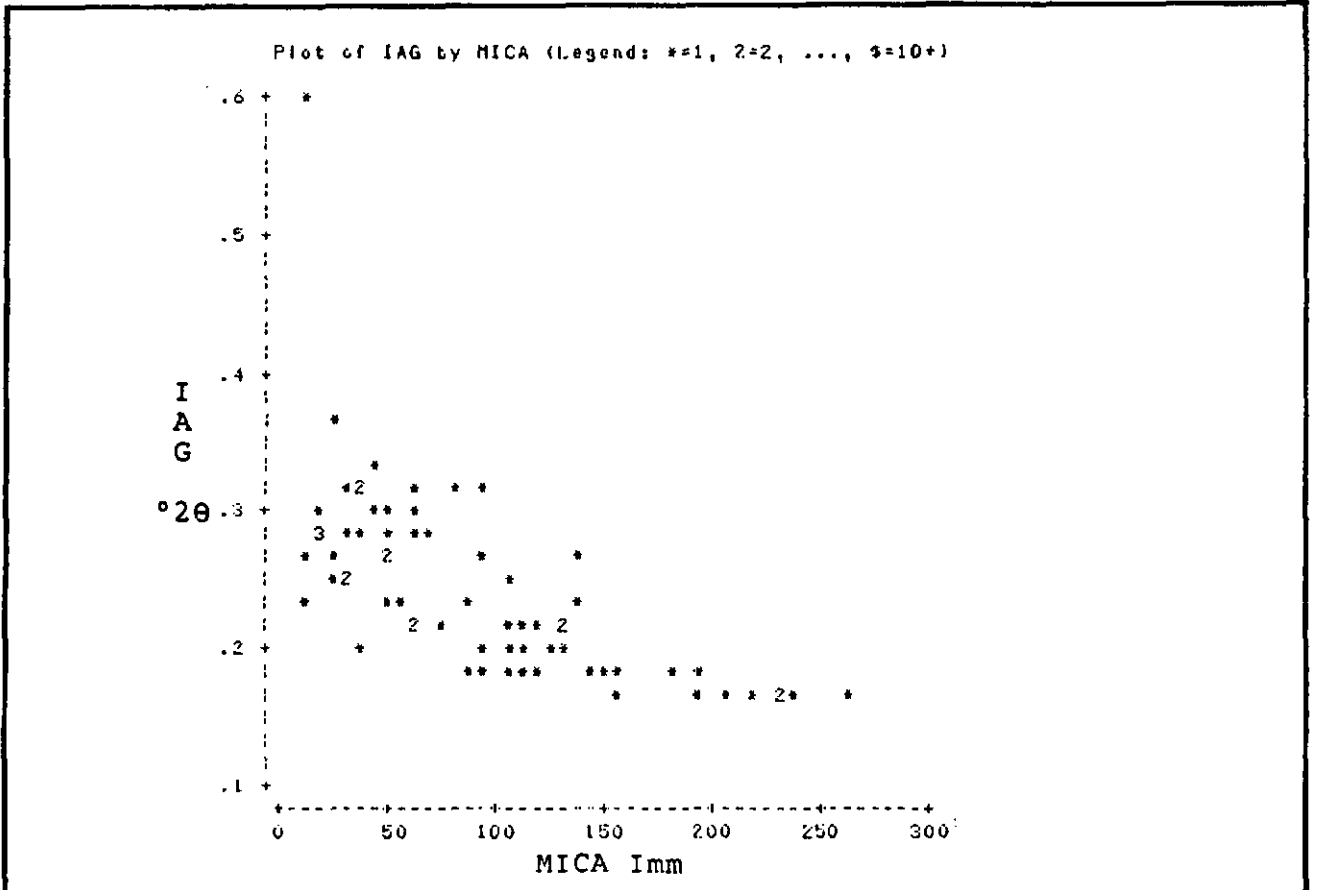


Fig. 3.10b.

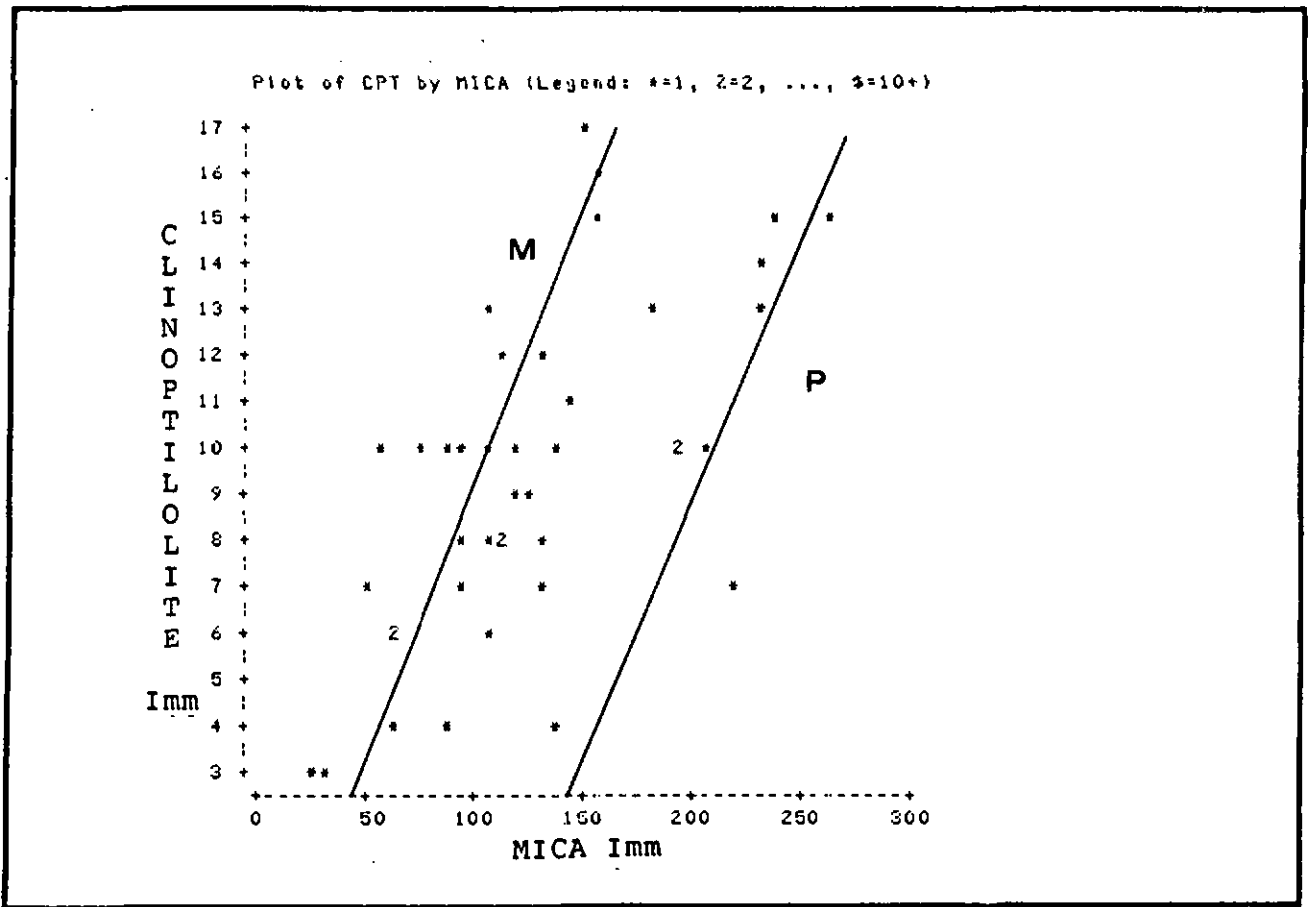


Fig. 3.10c.

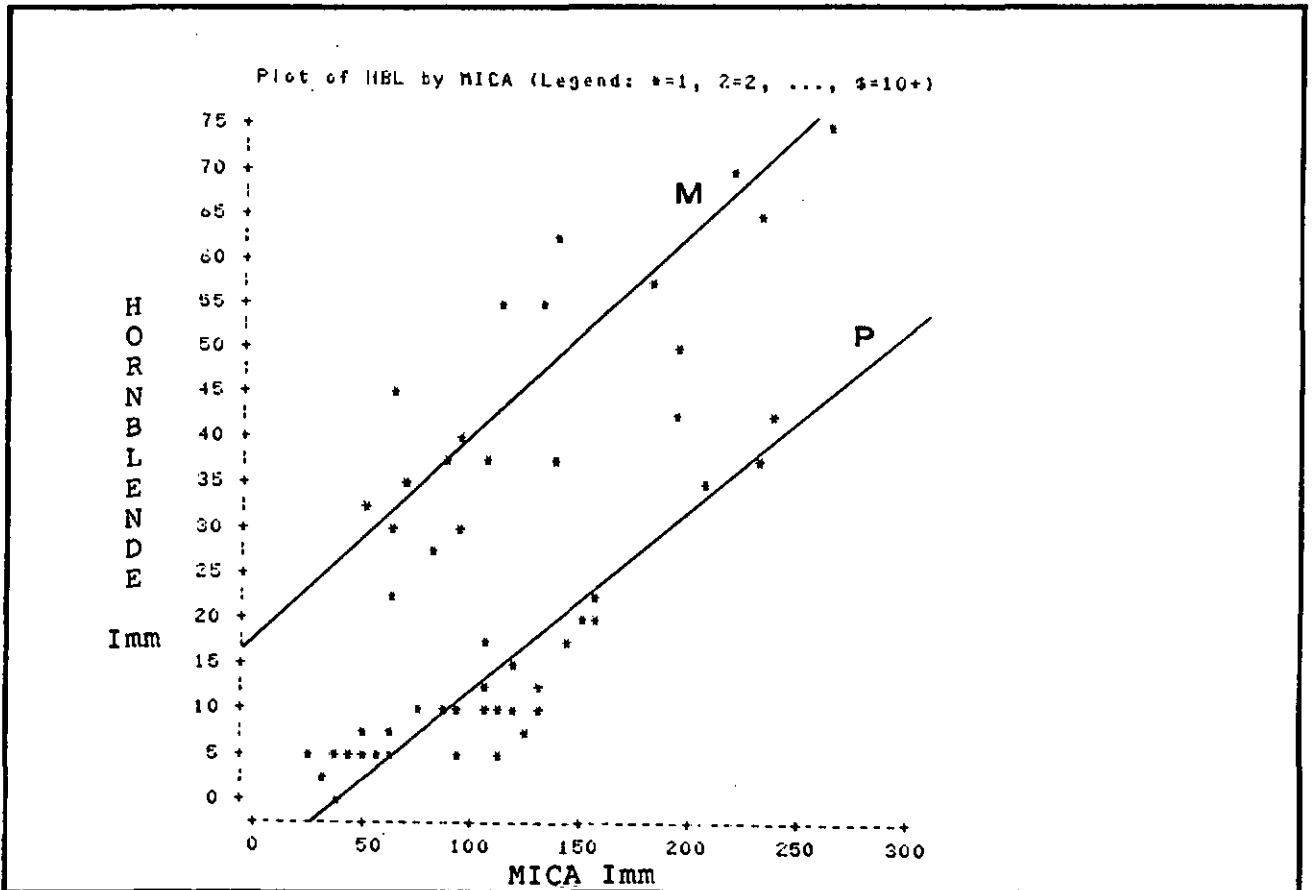


Fig. 3.10d.



Plot of OLIG by ALB (Legend: \*=1, 2=2, ..., 3=10+)

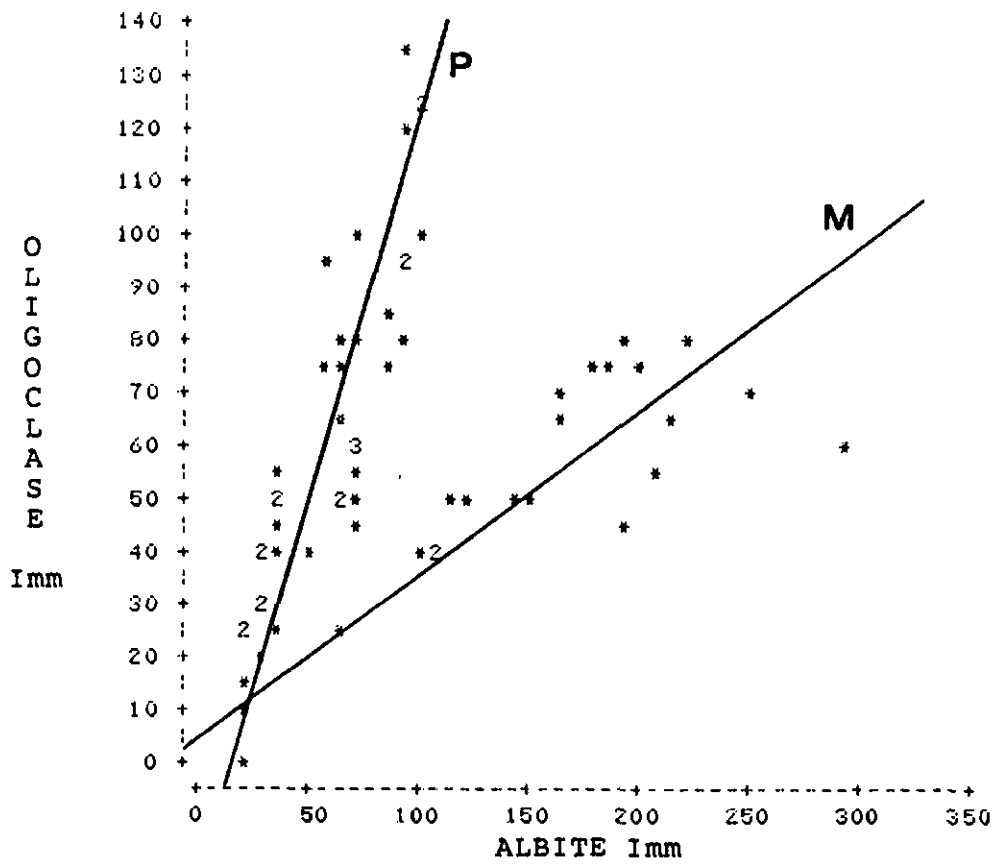


Fig. 3.10g.

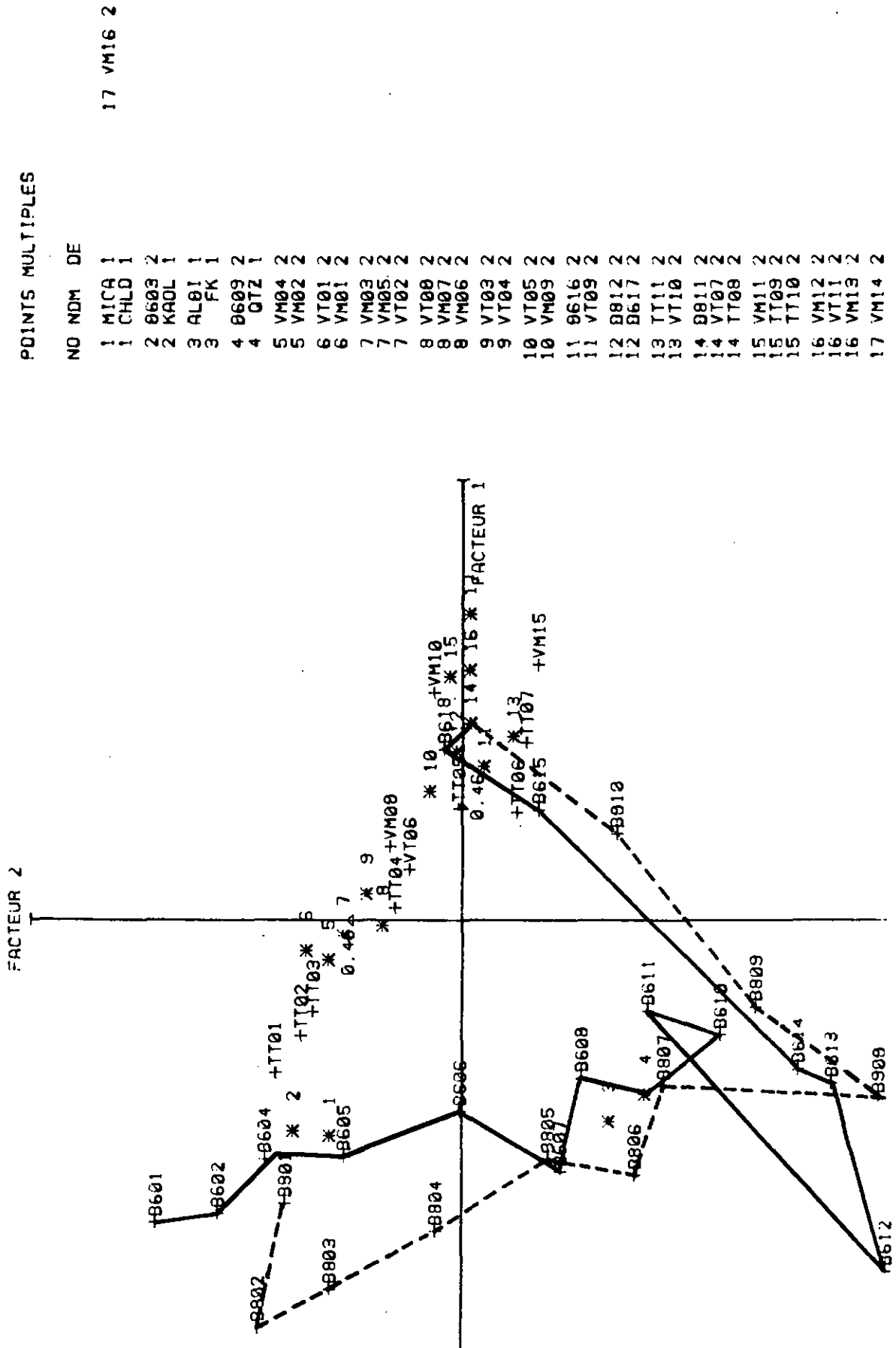


Fig. 3.11.



STATION 99:INT. REL. 2-16UM (DS)

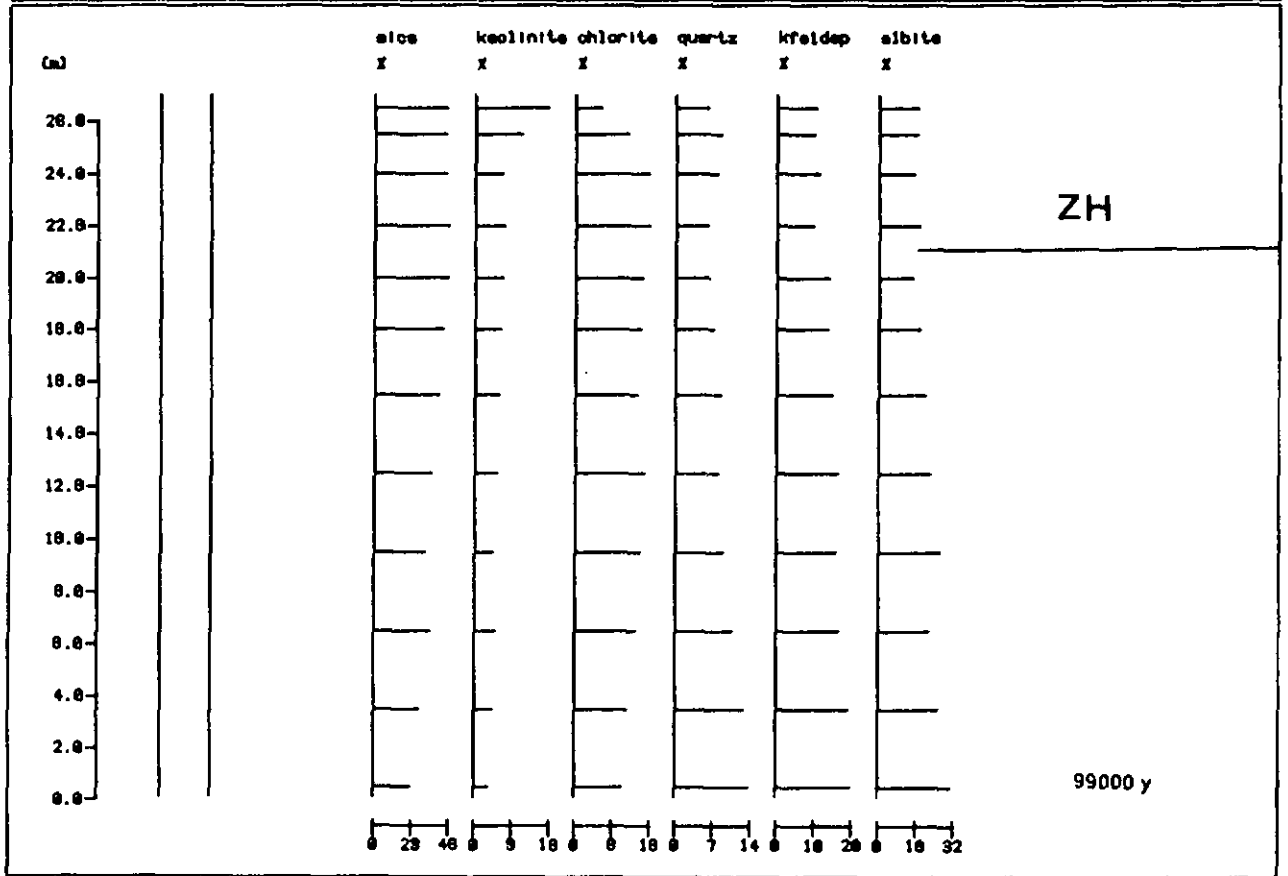


Fig. 3.13a.

STATION 197:INT. REL. 2-16UM (NP)

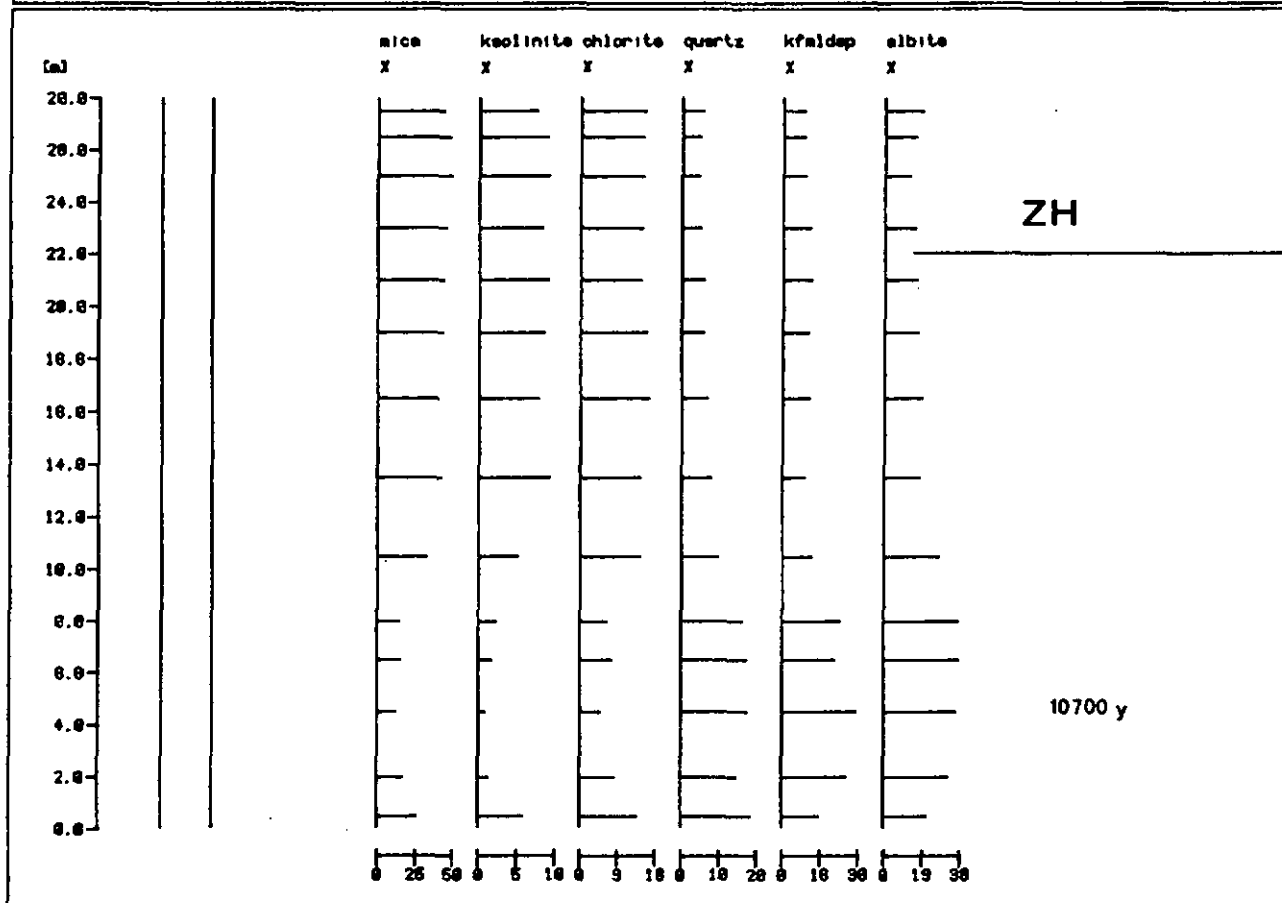


Fig. 3.13b.

STATION 59: INT. REL. 2-16UM (NP)

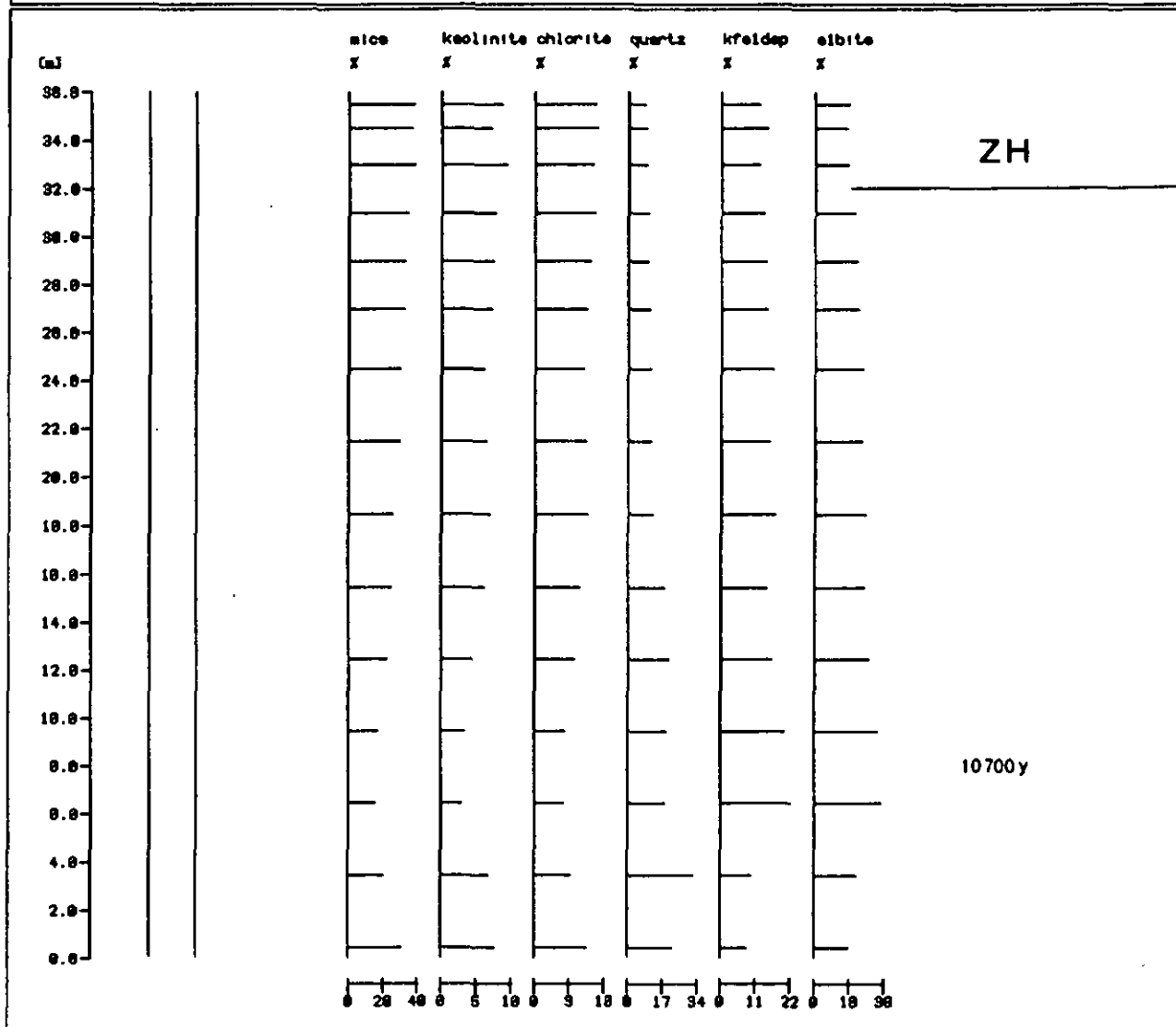
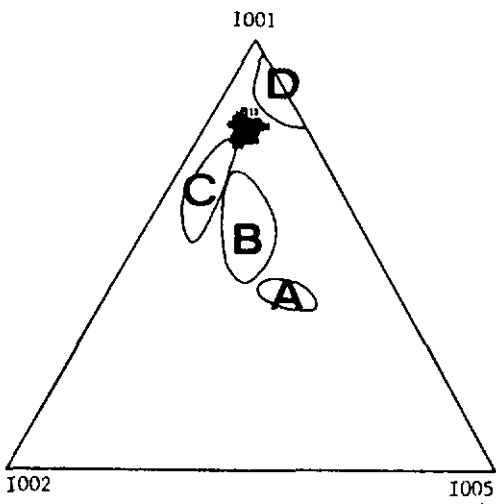
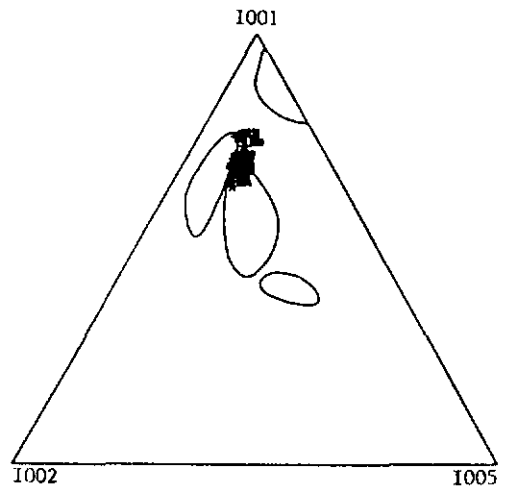


Fig. 3.13c.

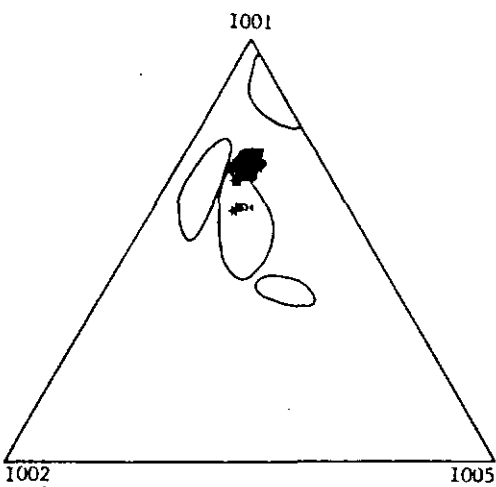
STATION 59: <math><2\mu\text{m}</math>



STATION 383: <math><2\mu\text{m}</math>



STATION 59: 2-16<math>\mu\text{m}</math>



STATION 383: 2-16<math>\mu\text{m}</math>

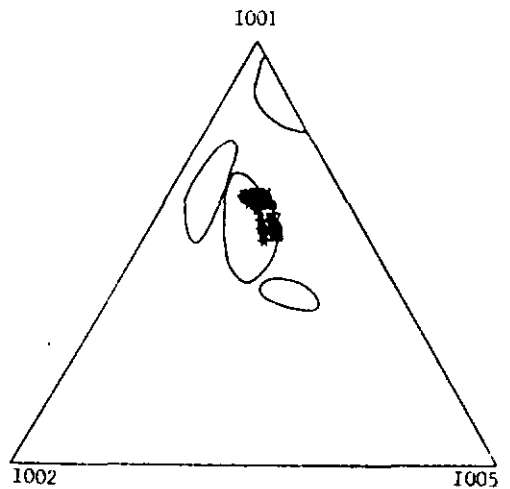


Fig. 3.14.

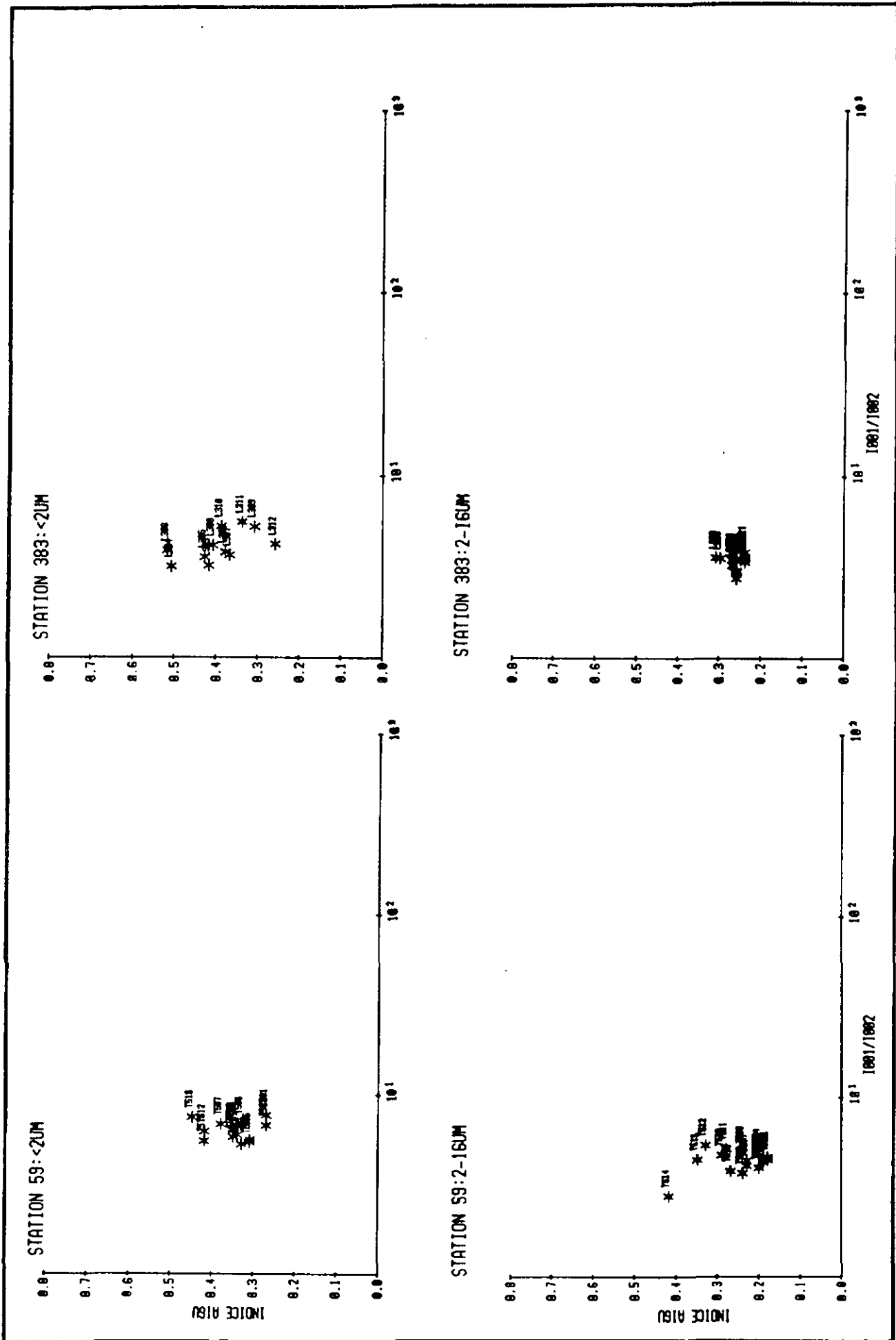


Fig. 3.15.

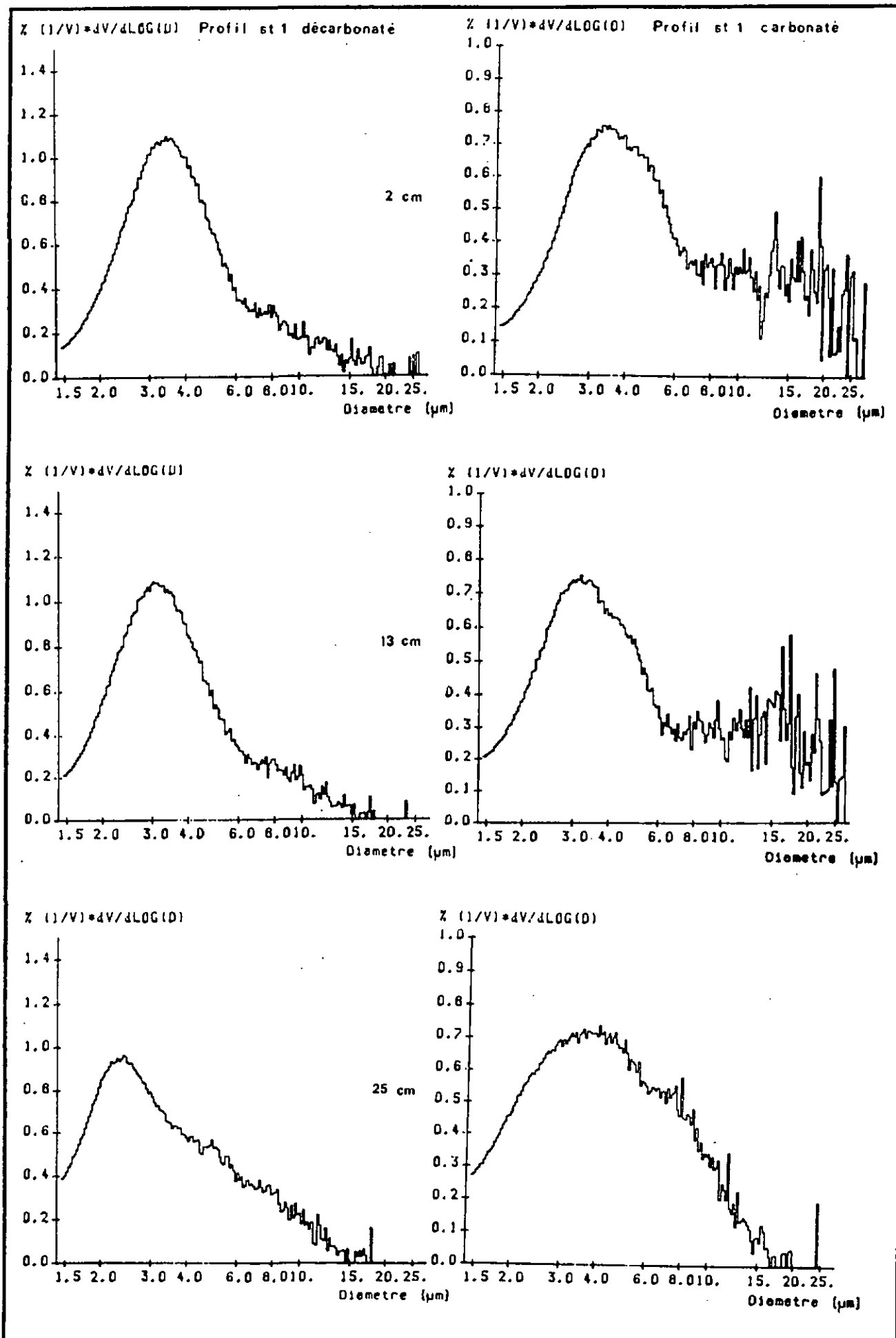


Fig. 3.16.

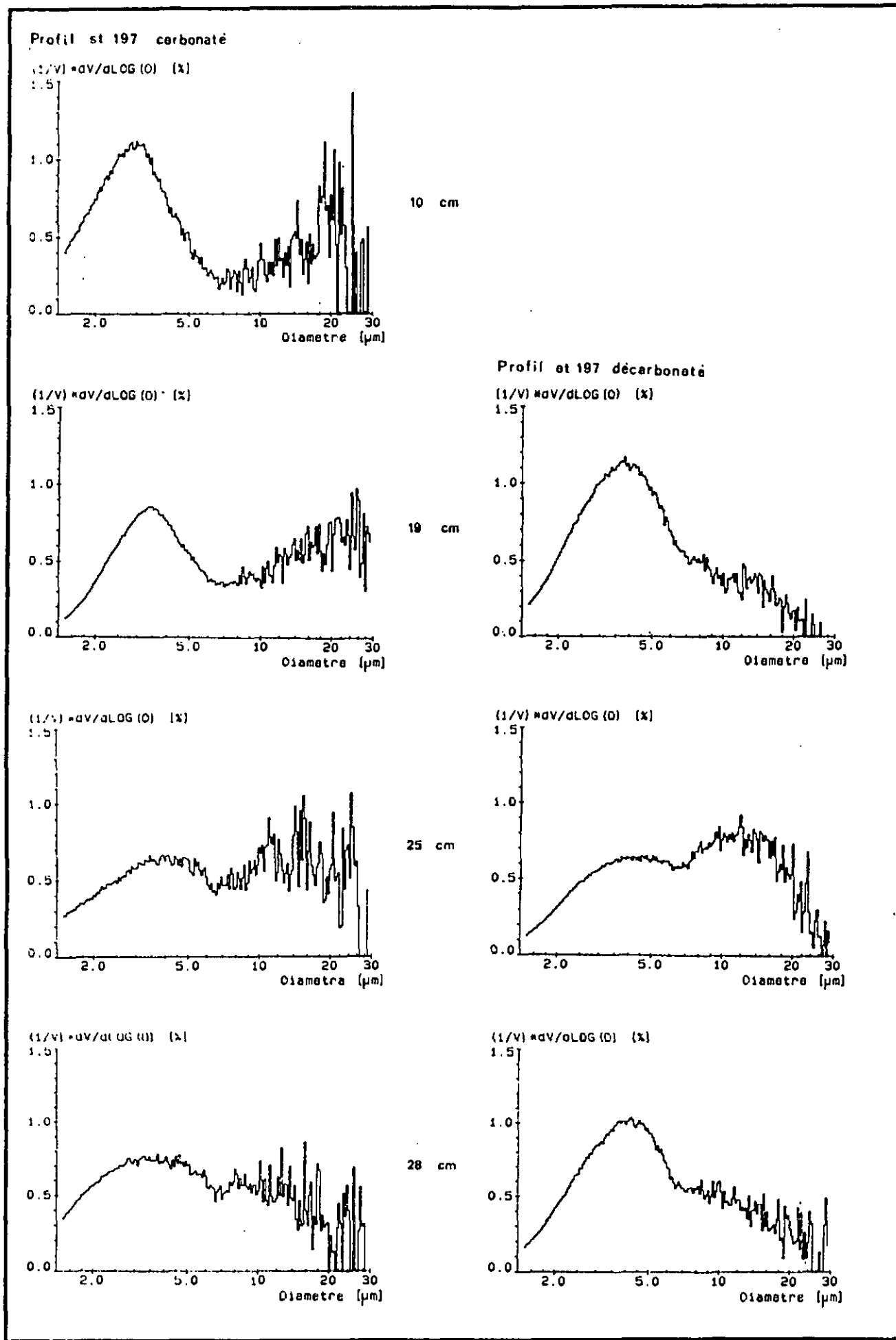


Fig. 3.17.

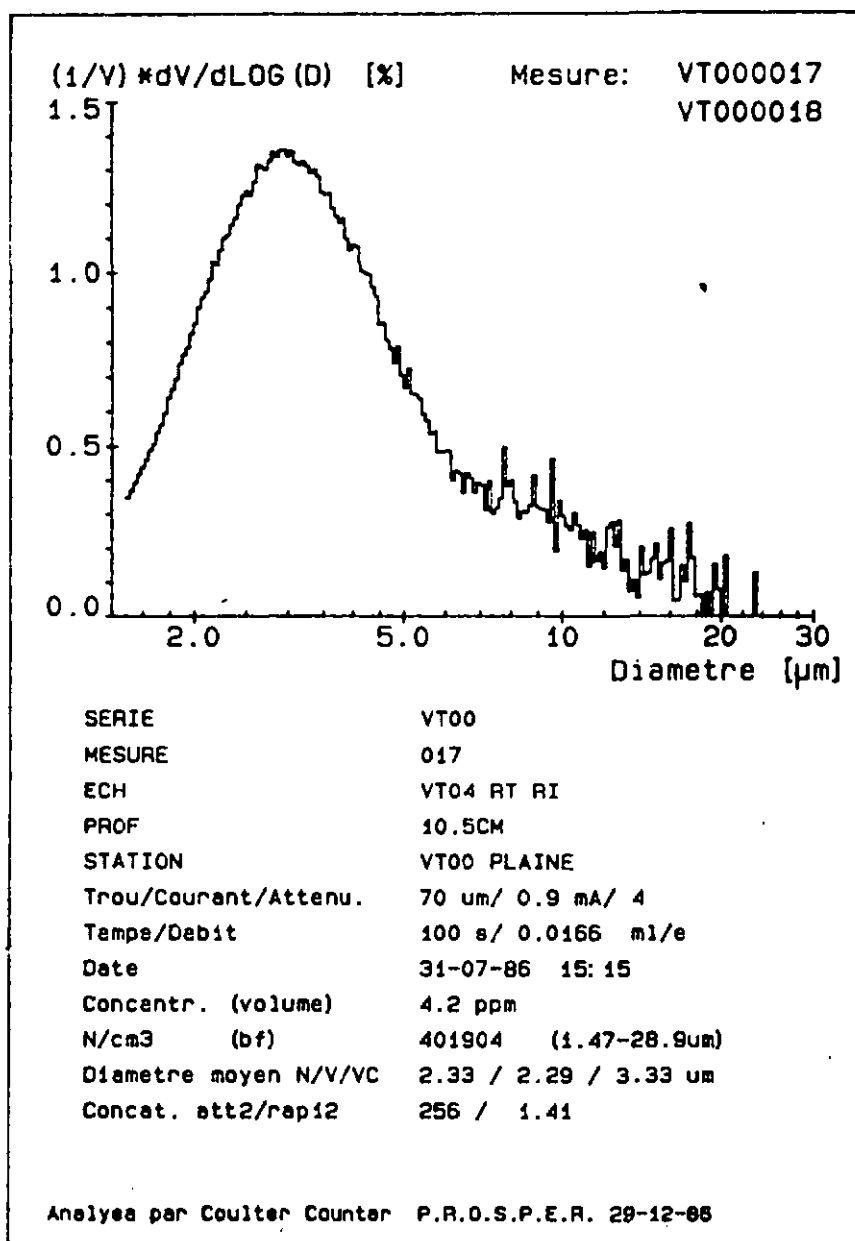


Fig. 3.18.

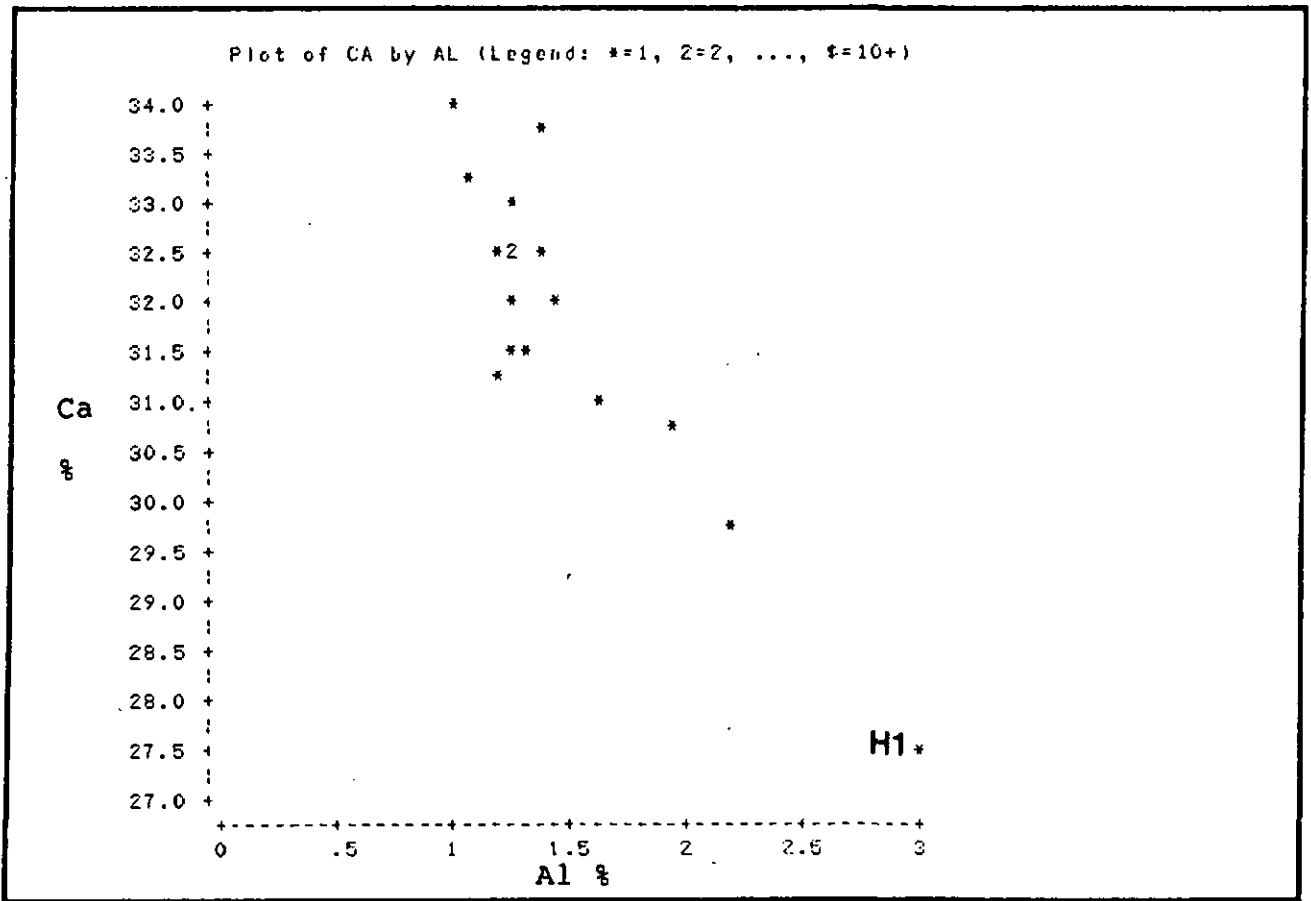


Fig. 3.19a.

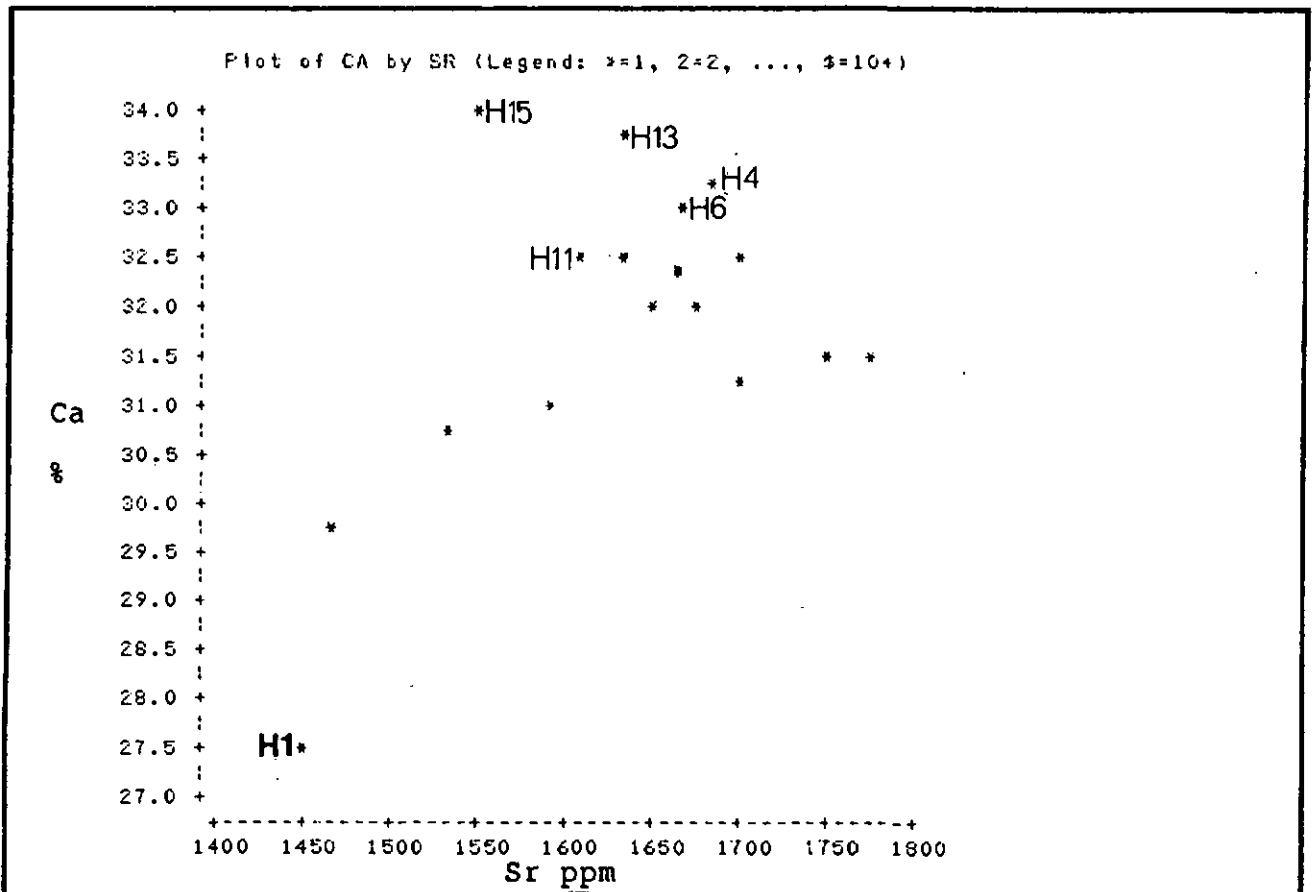


Fig. 3.19b.

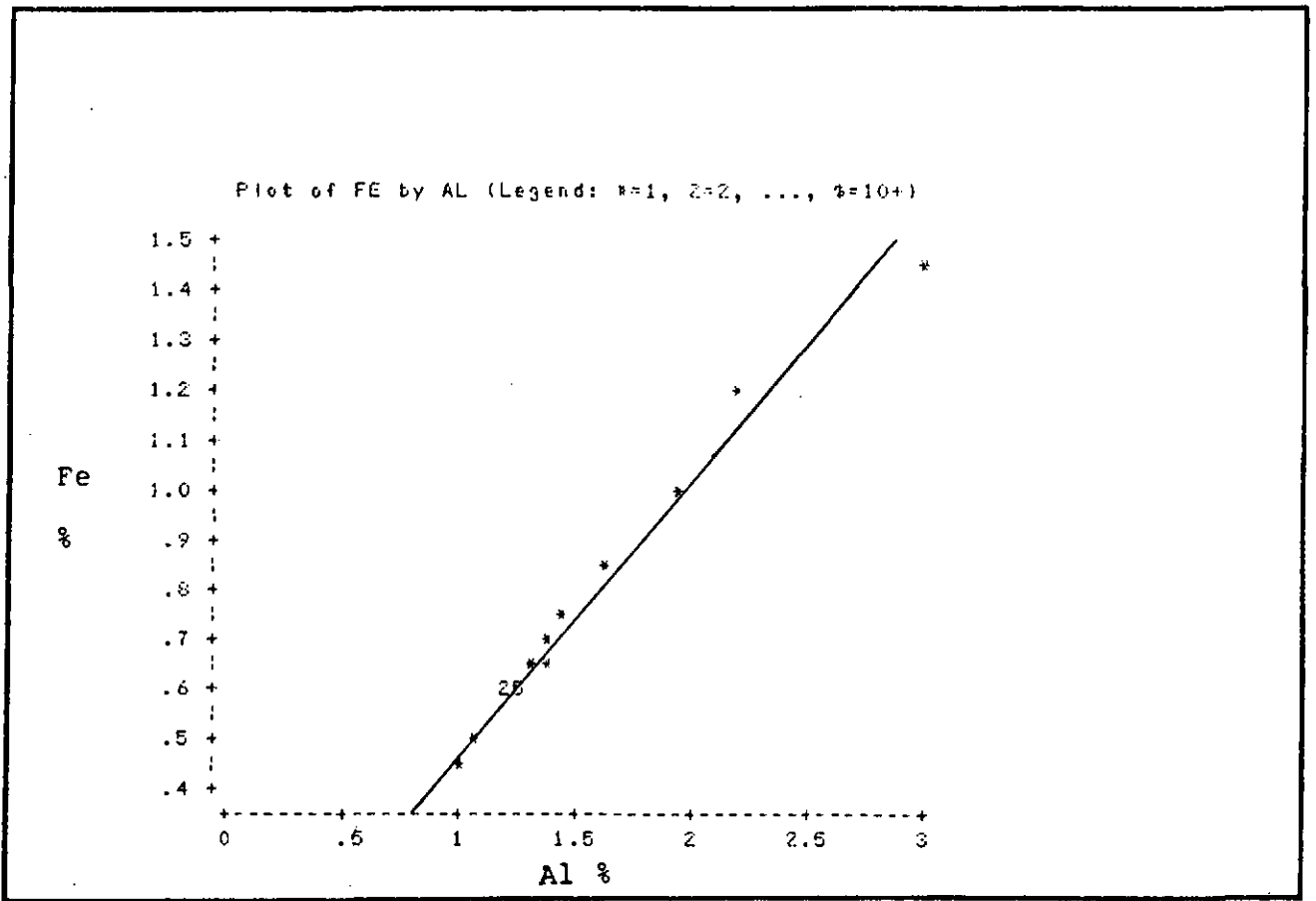


Fig. 3.19c.

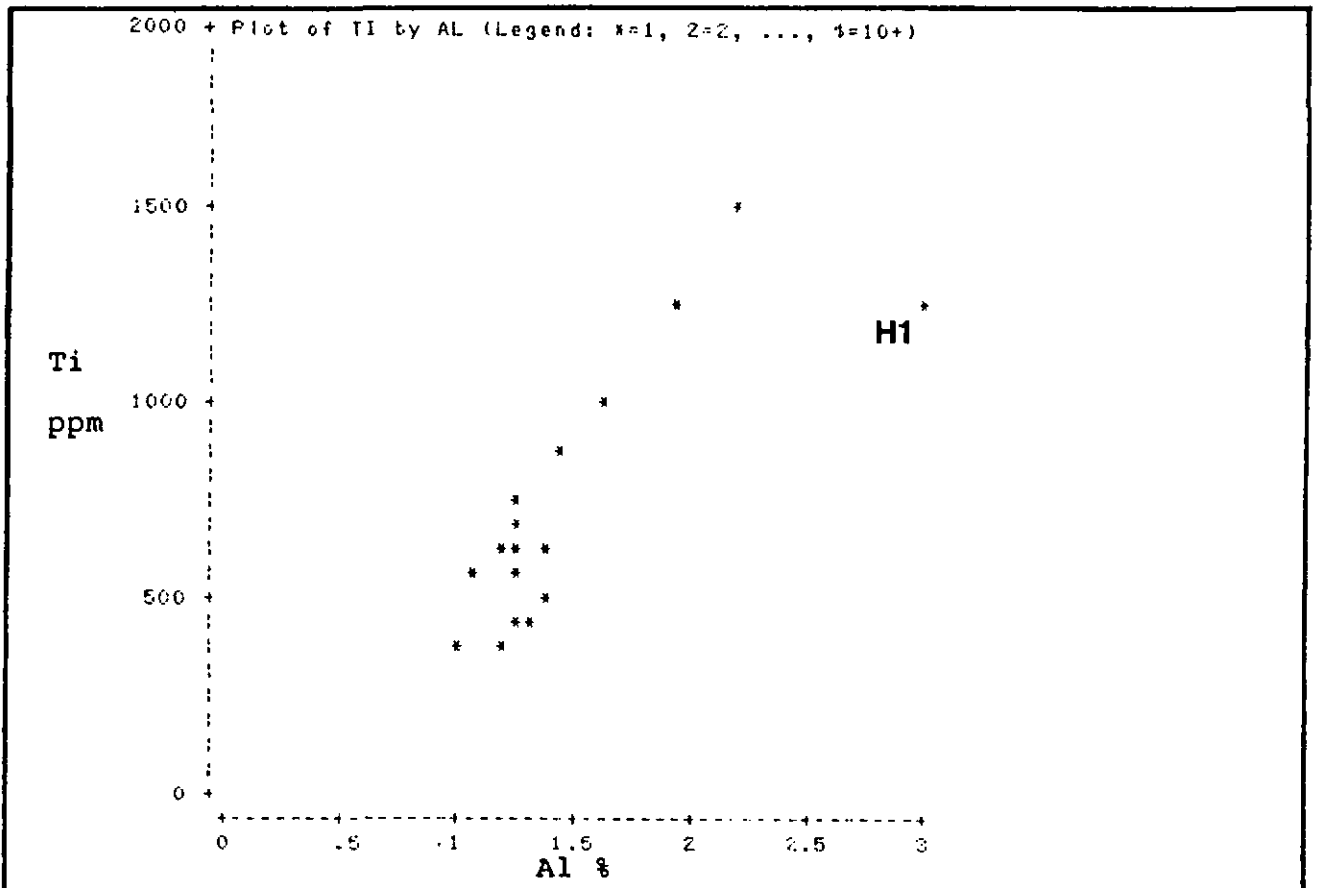


Fig. 3.19d.

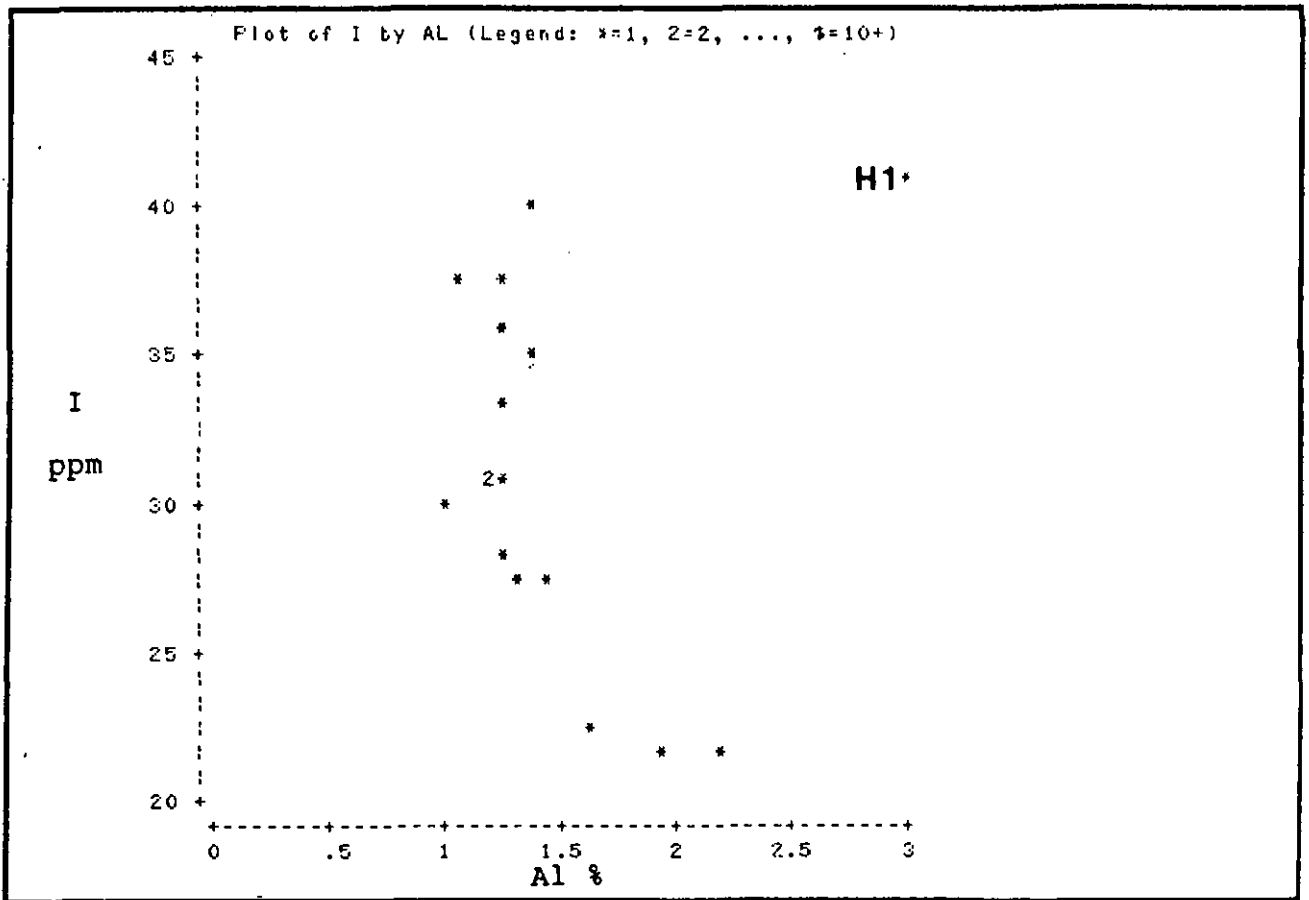


Fig. 3.19e.

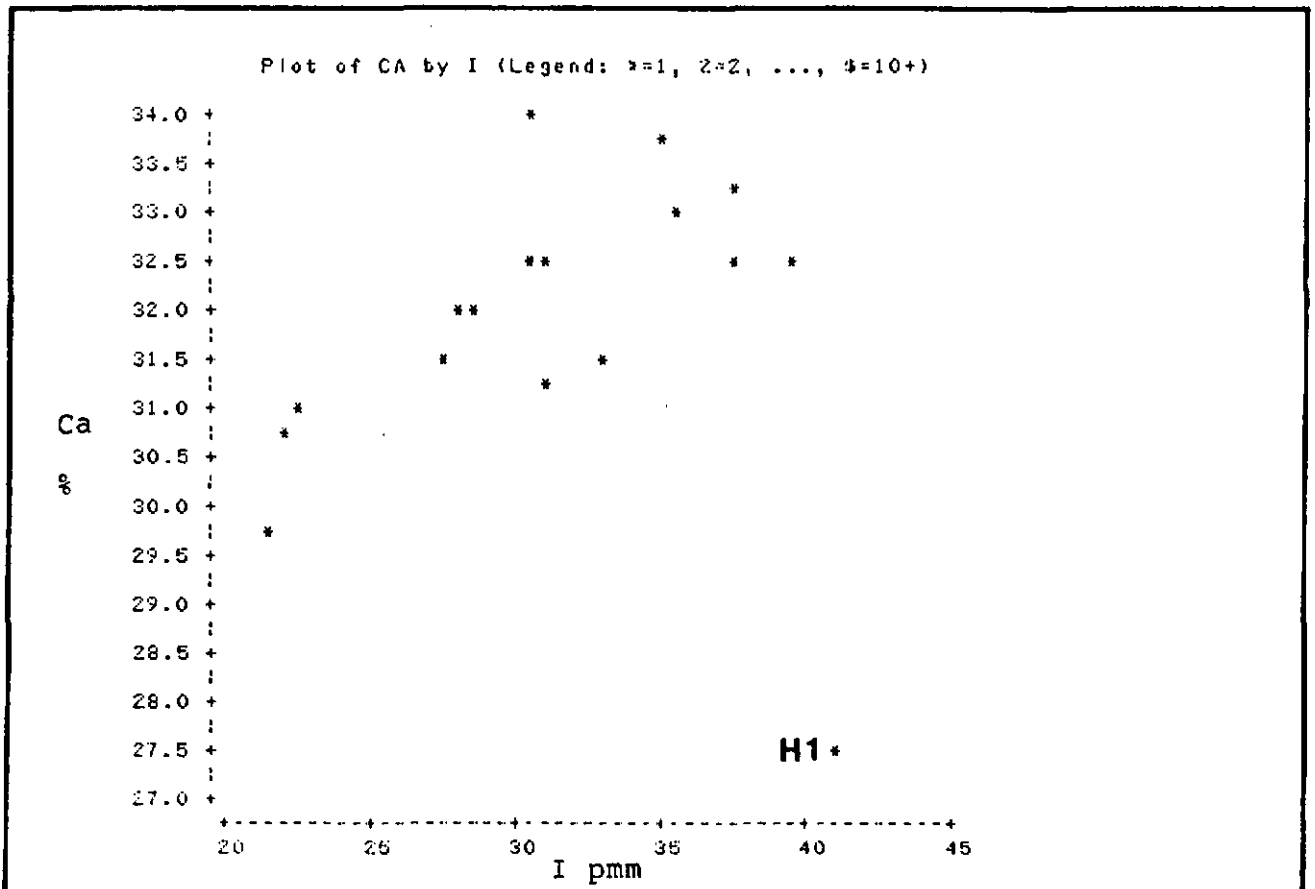


Fig. 3.19f.

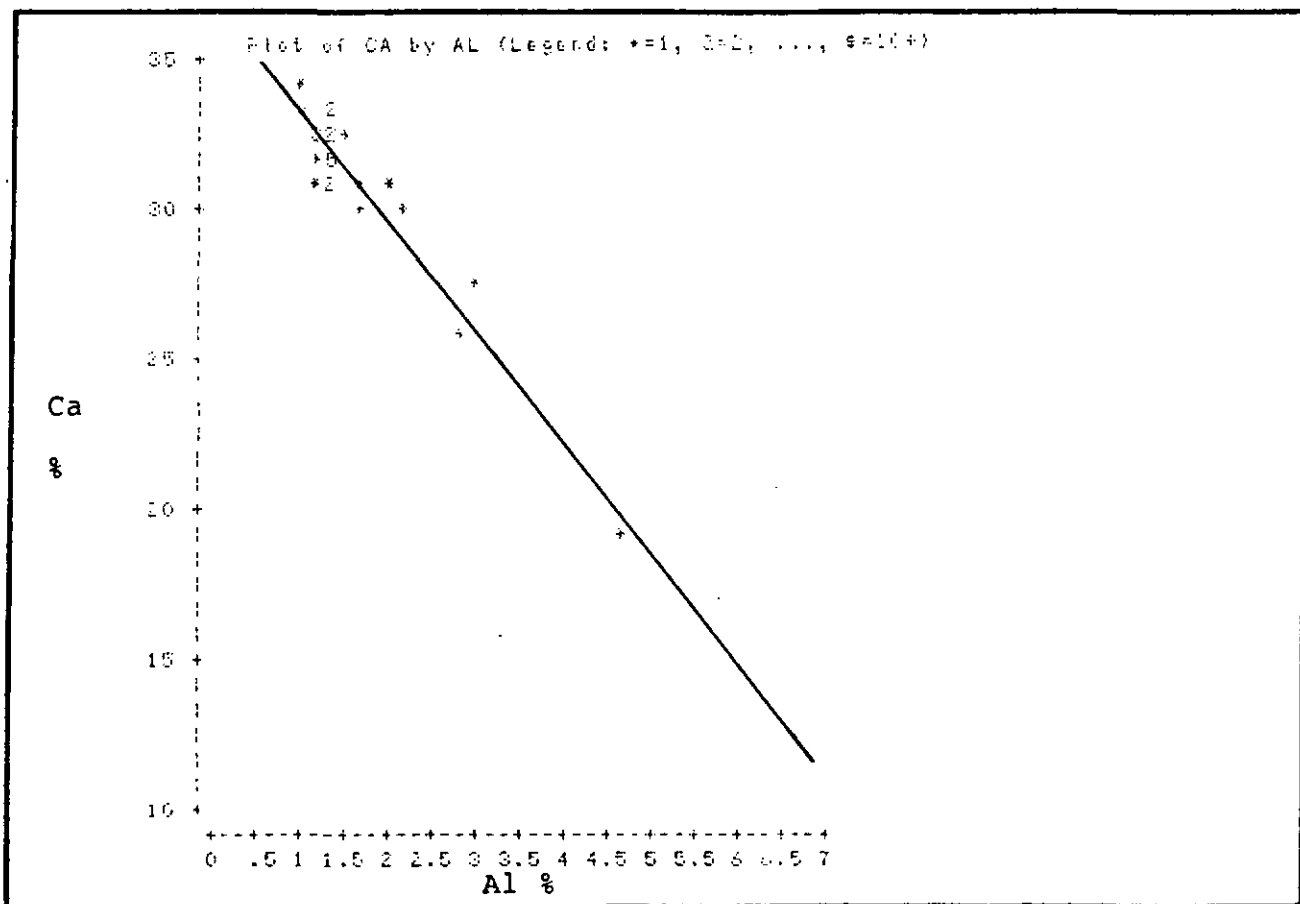


Fig. 3.20a.

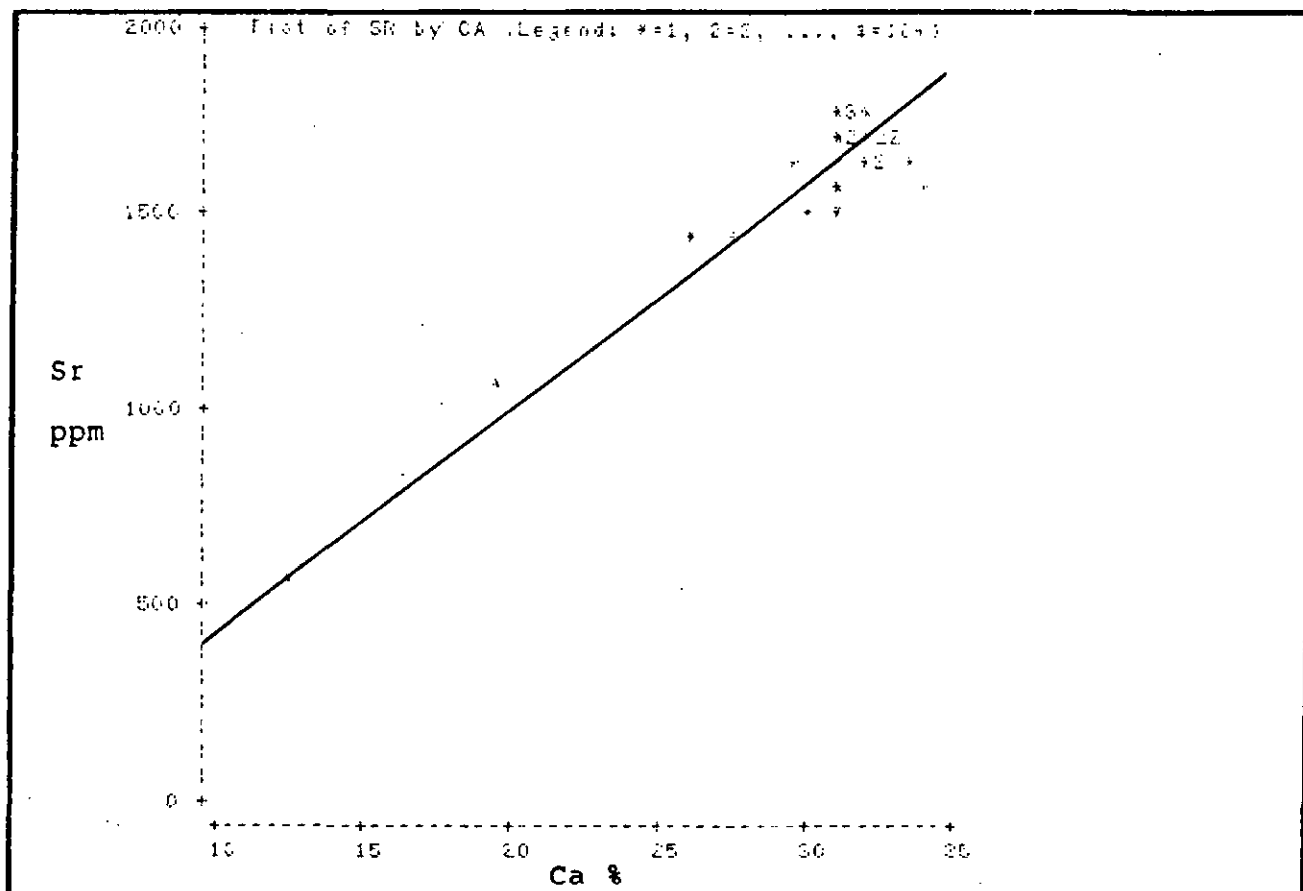


Fig. 3.20b.

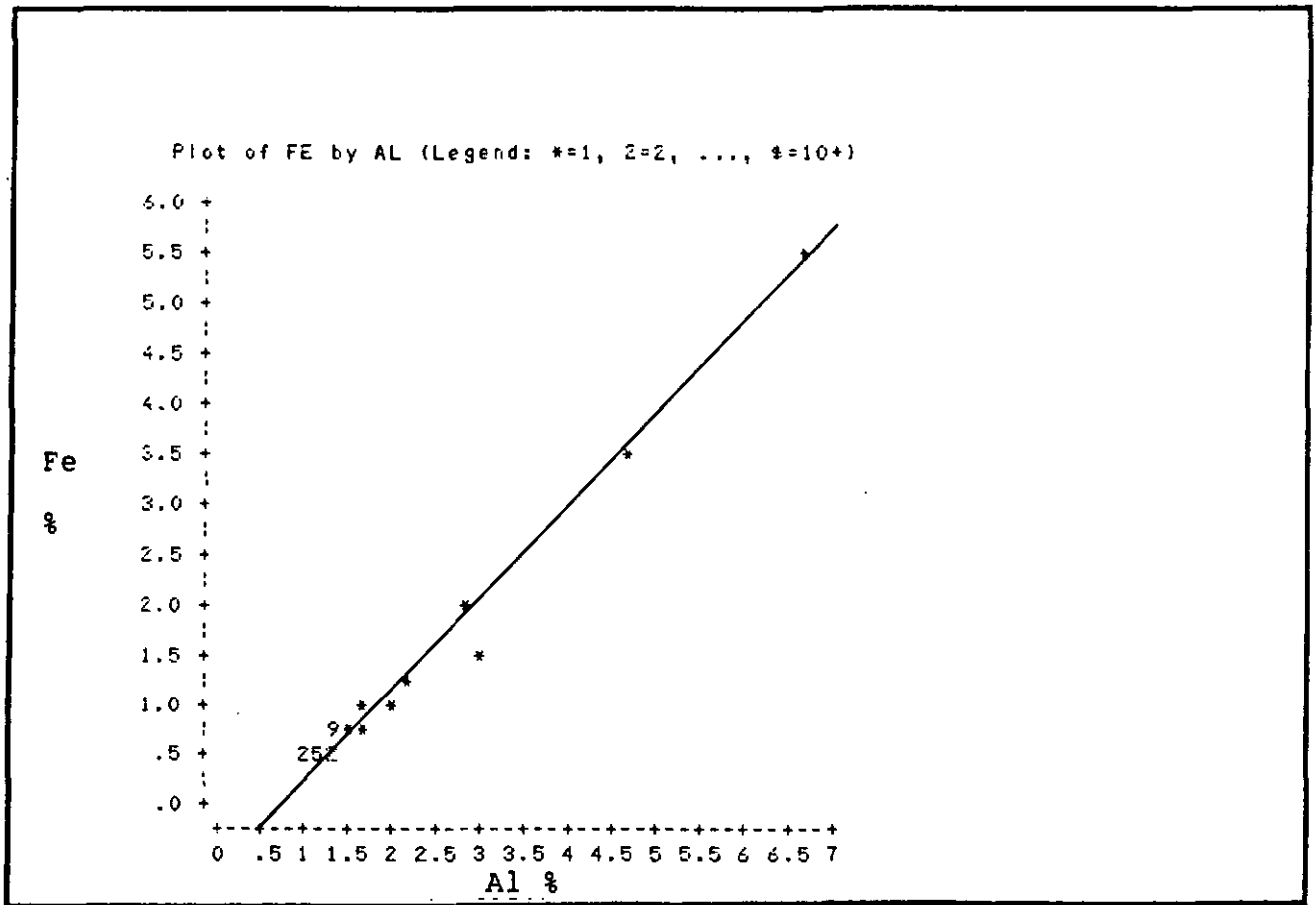


Fig. 3.20c.

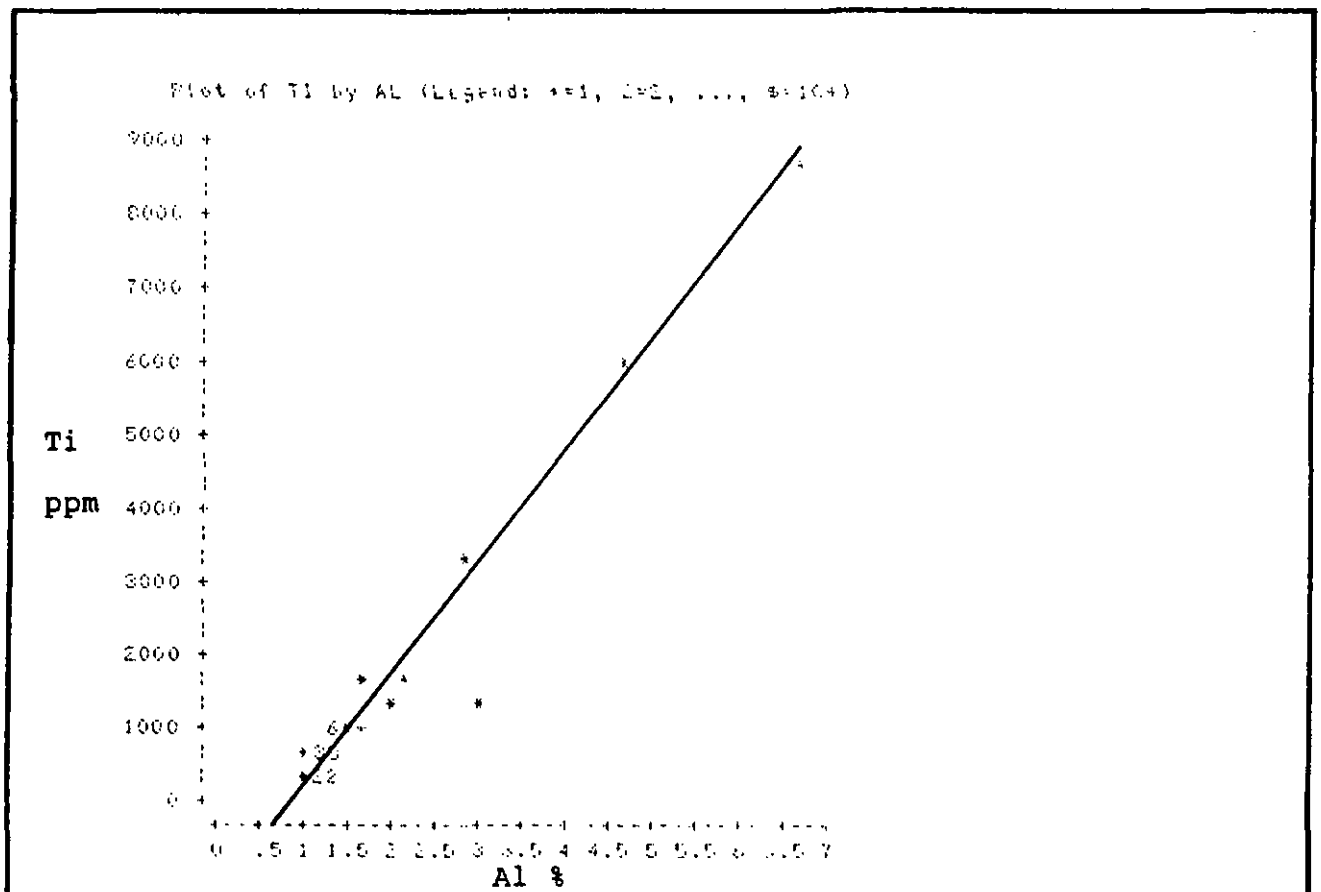


Fig. 3.20d.

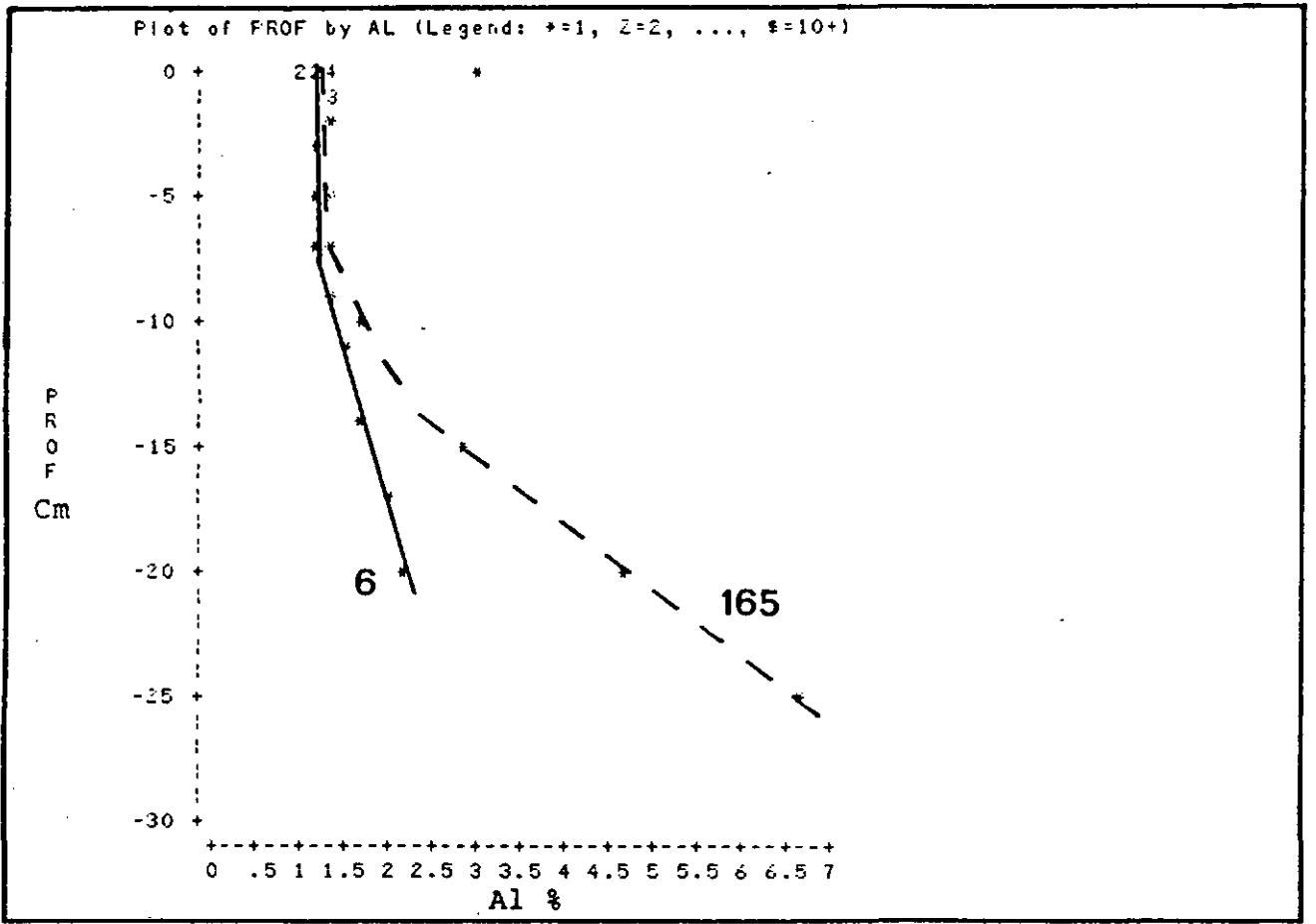


Fig. 3.20e.

Sédiment brut / CP

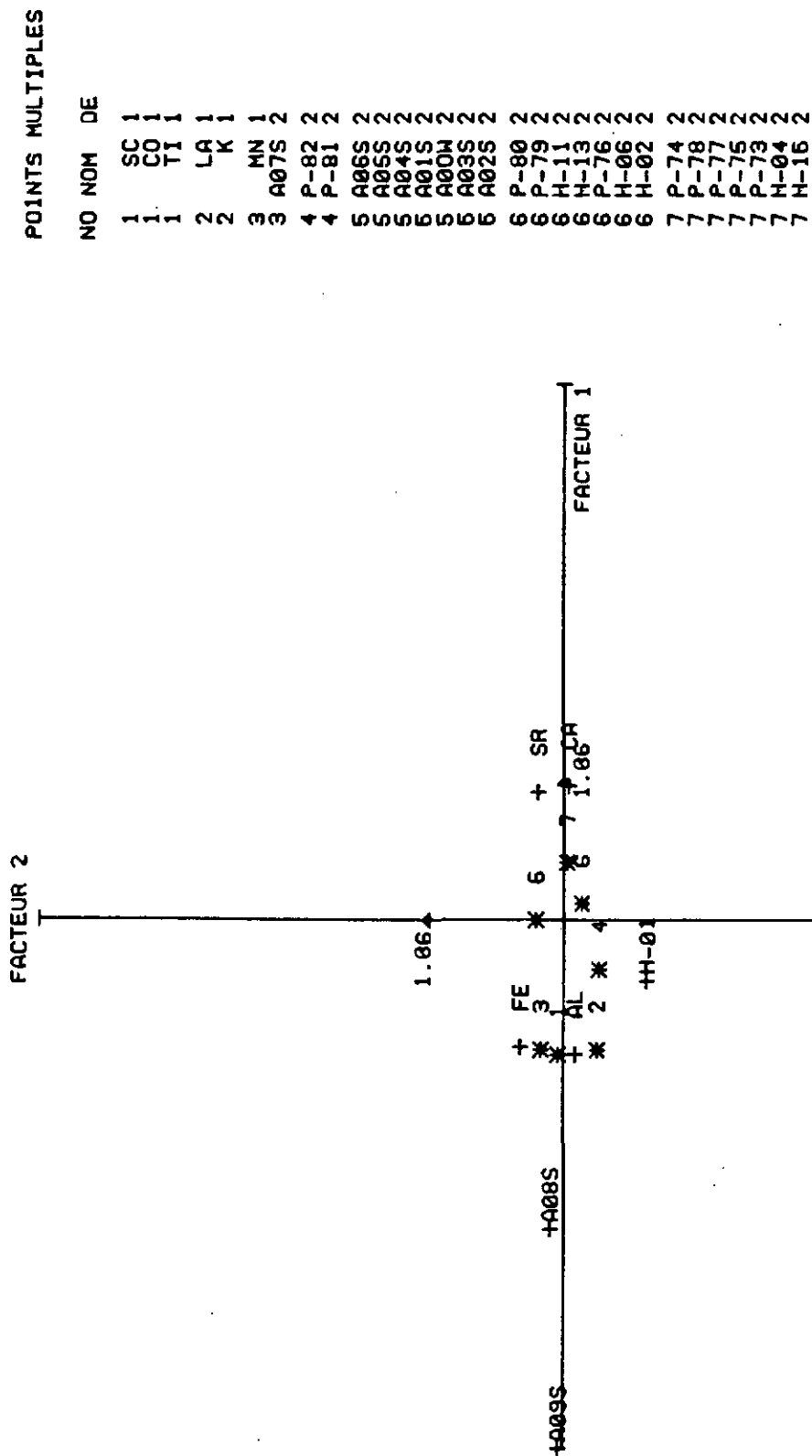


Fig. 3.21.

Sédiment brut / AN

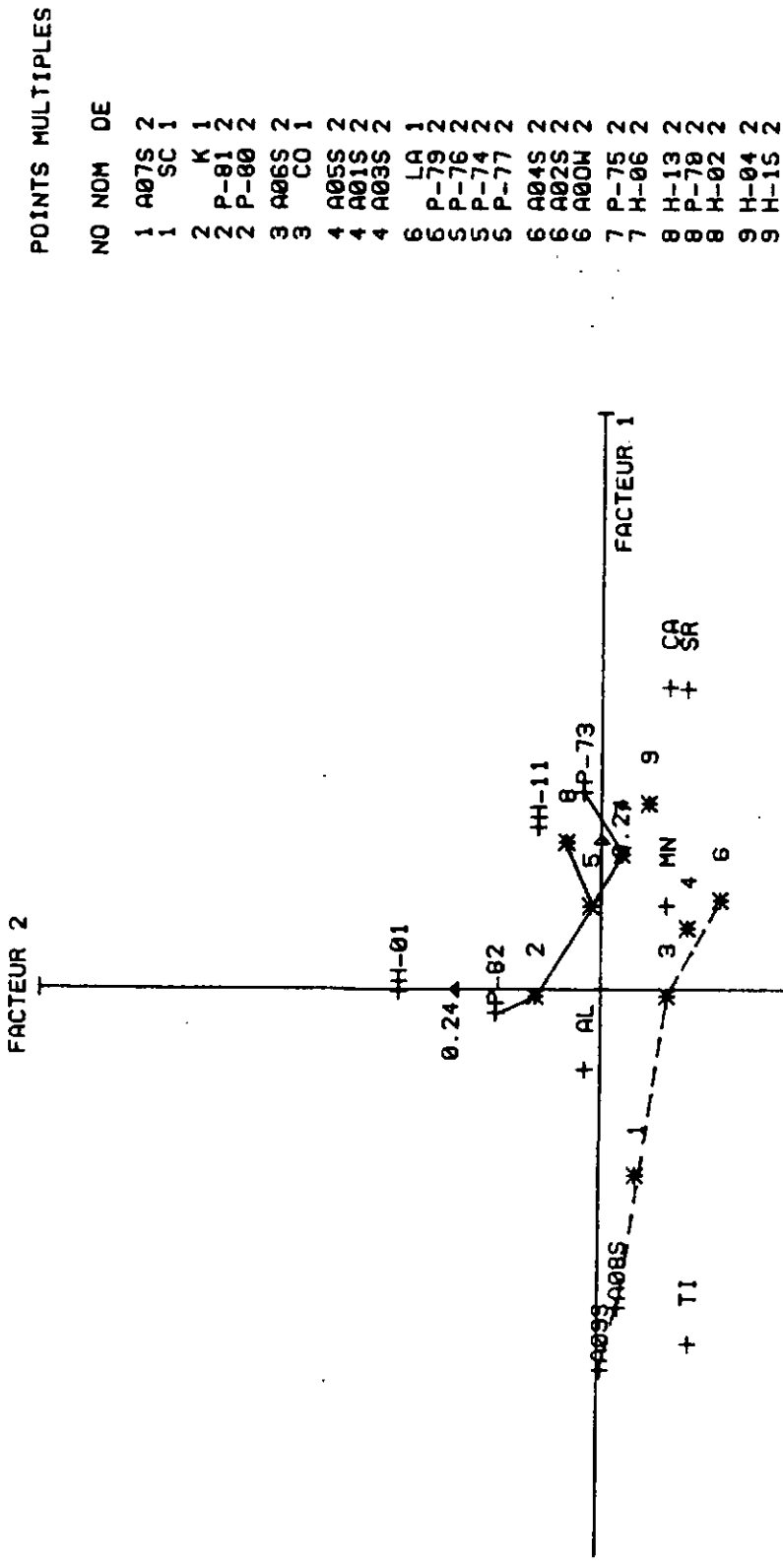


Fig. 3.22.

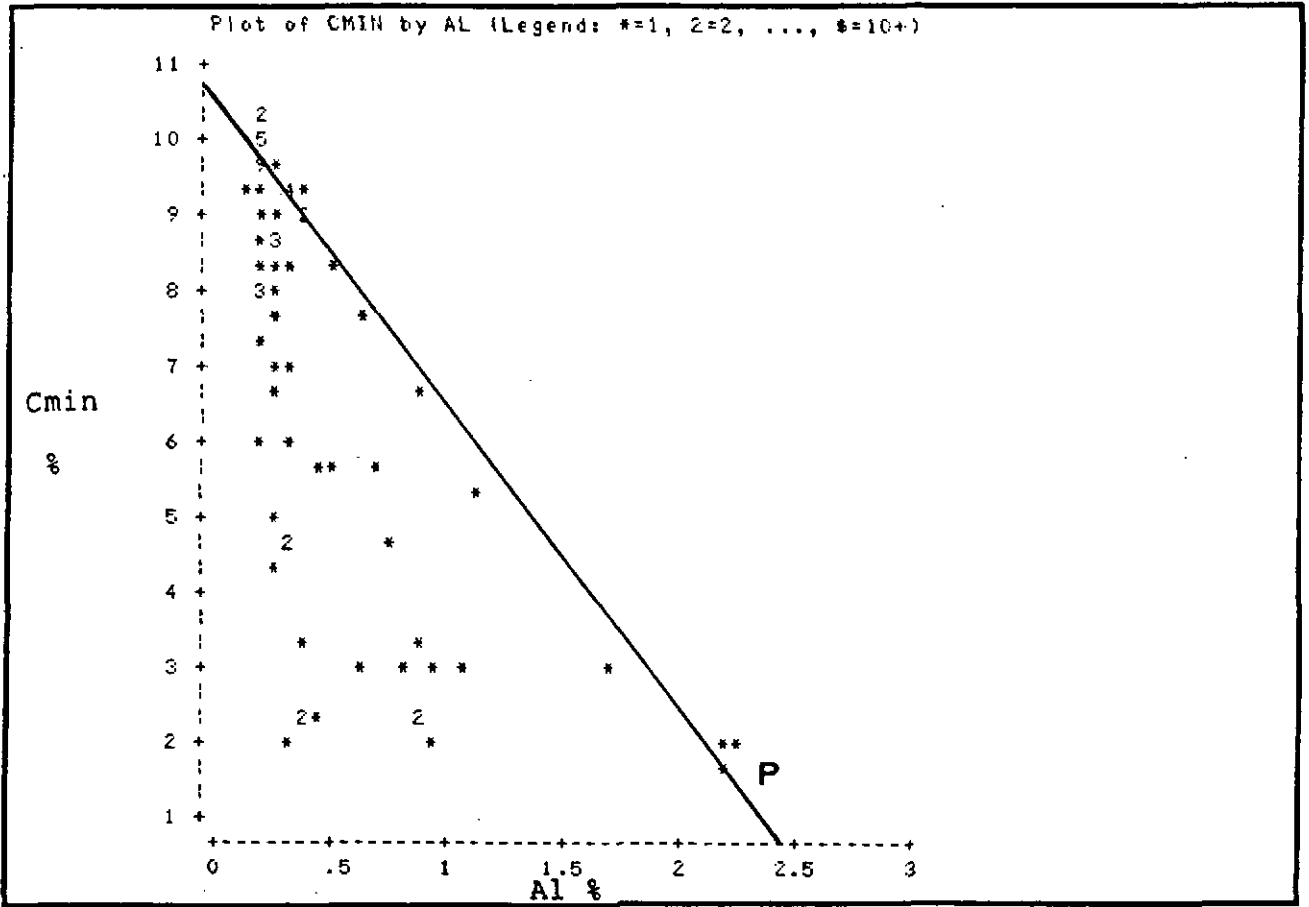


Fig. 3.23a.

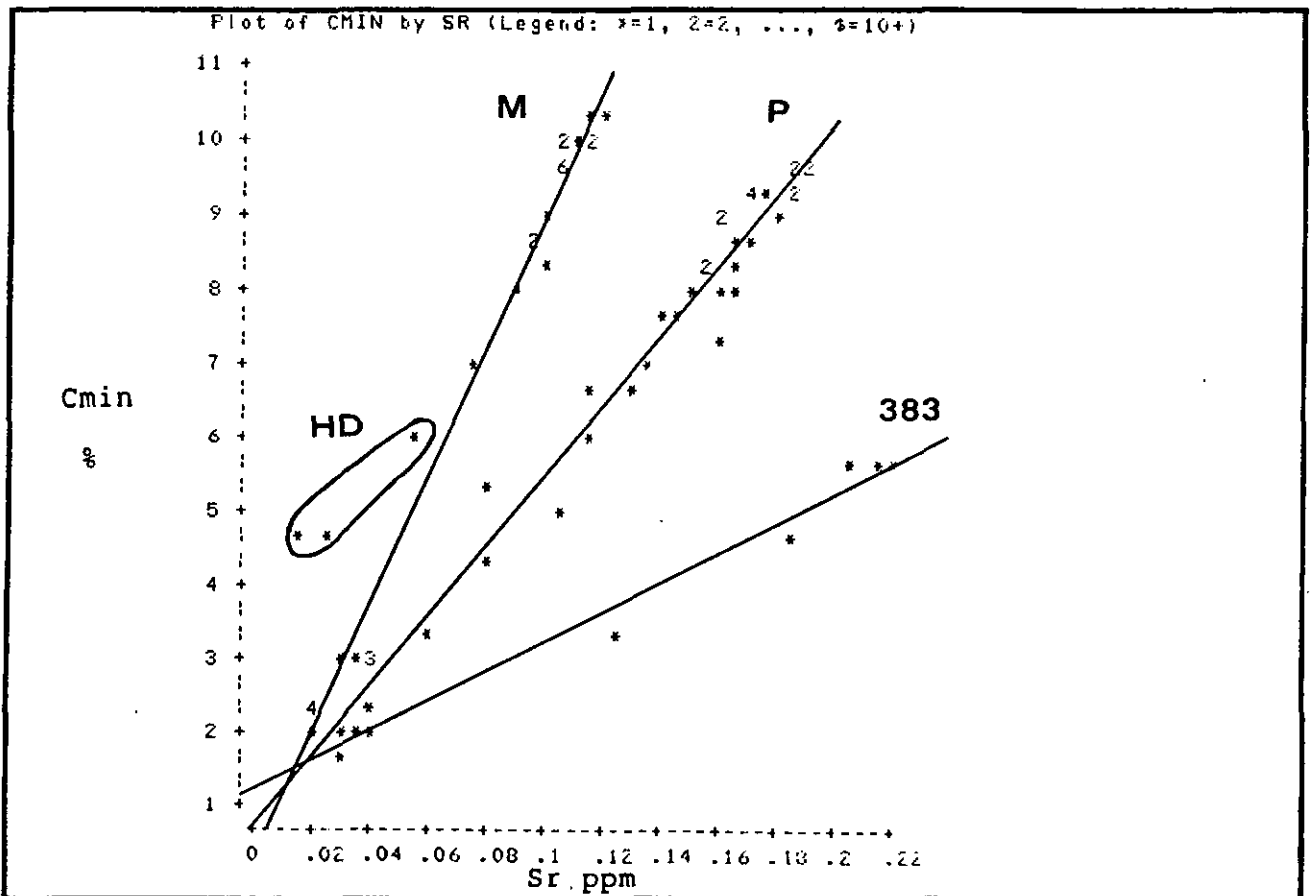


Fig. 3.23b.

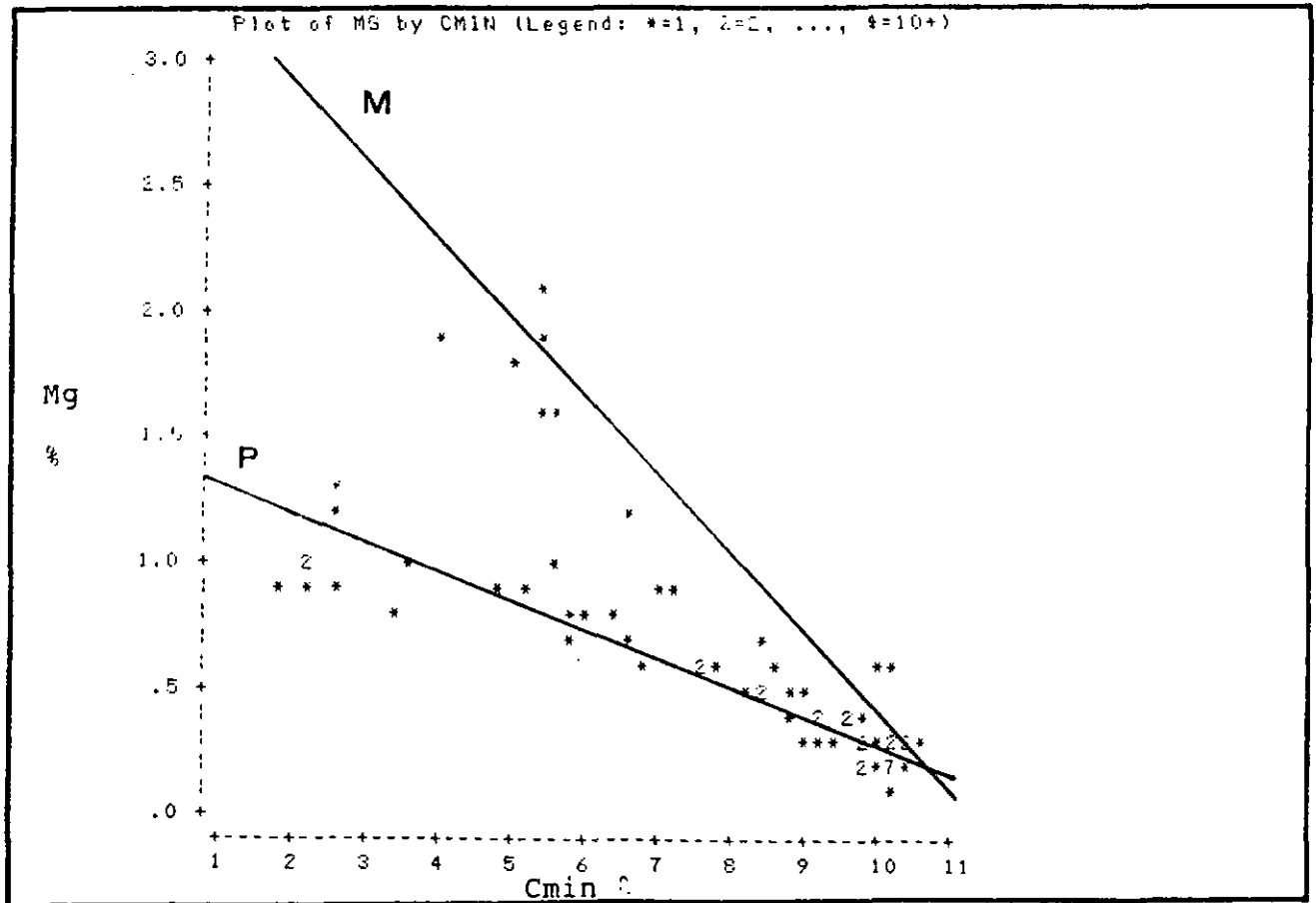


Fig. 3.23c.

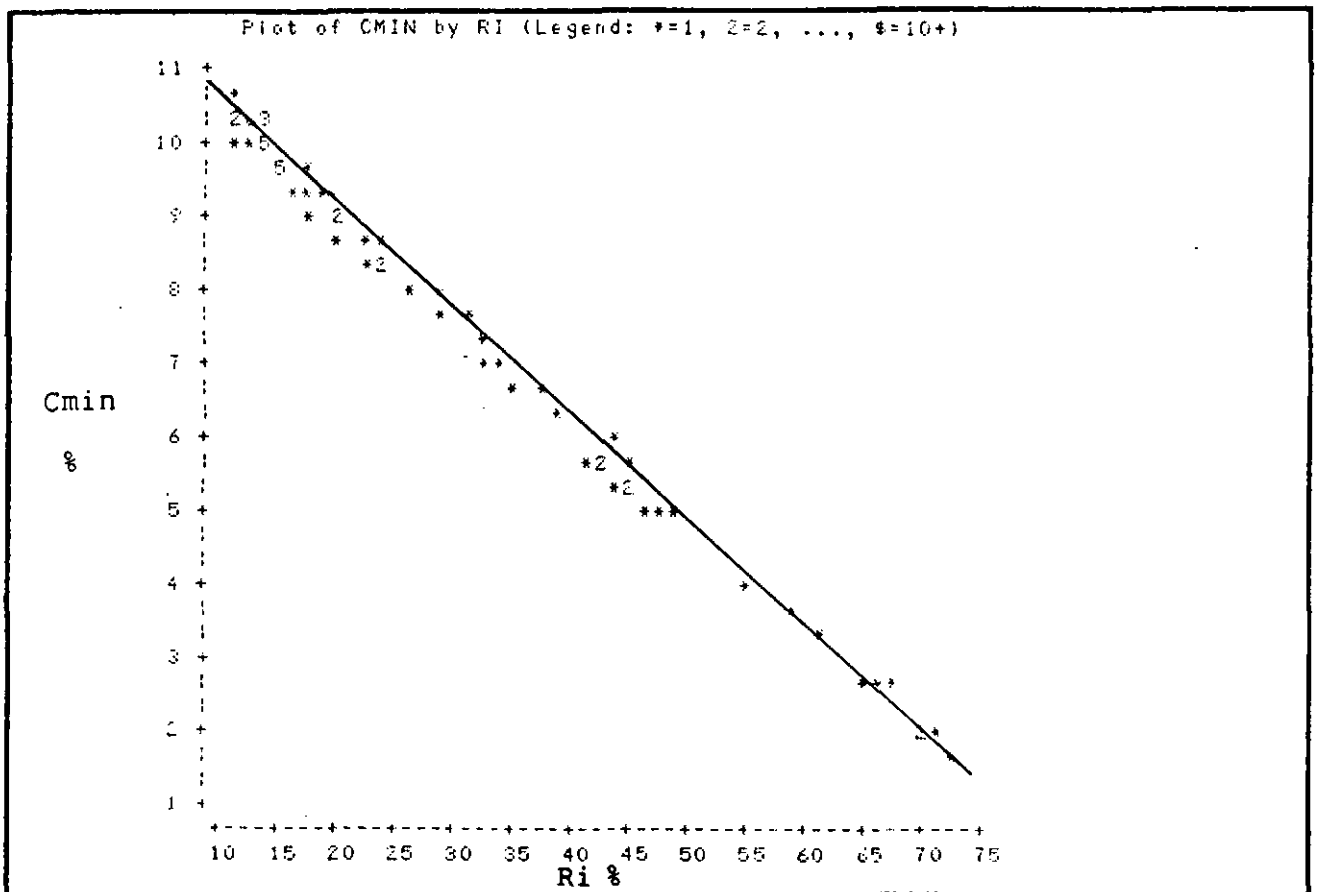


Fig. 3.23d.

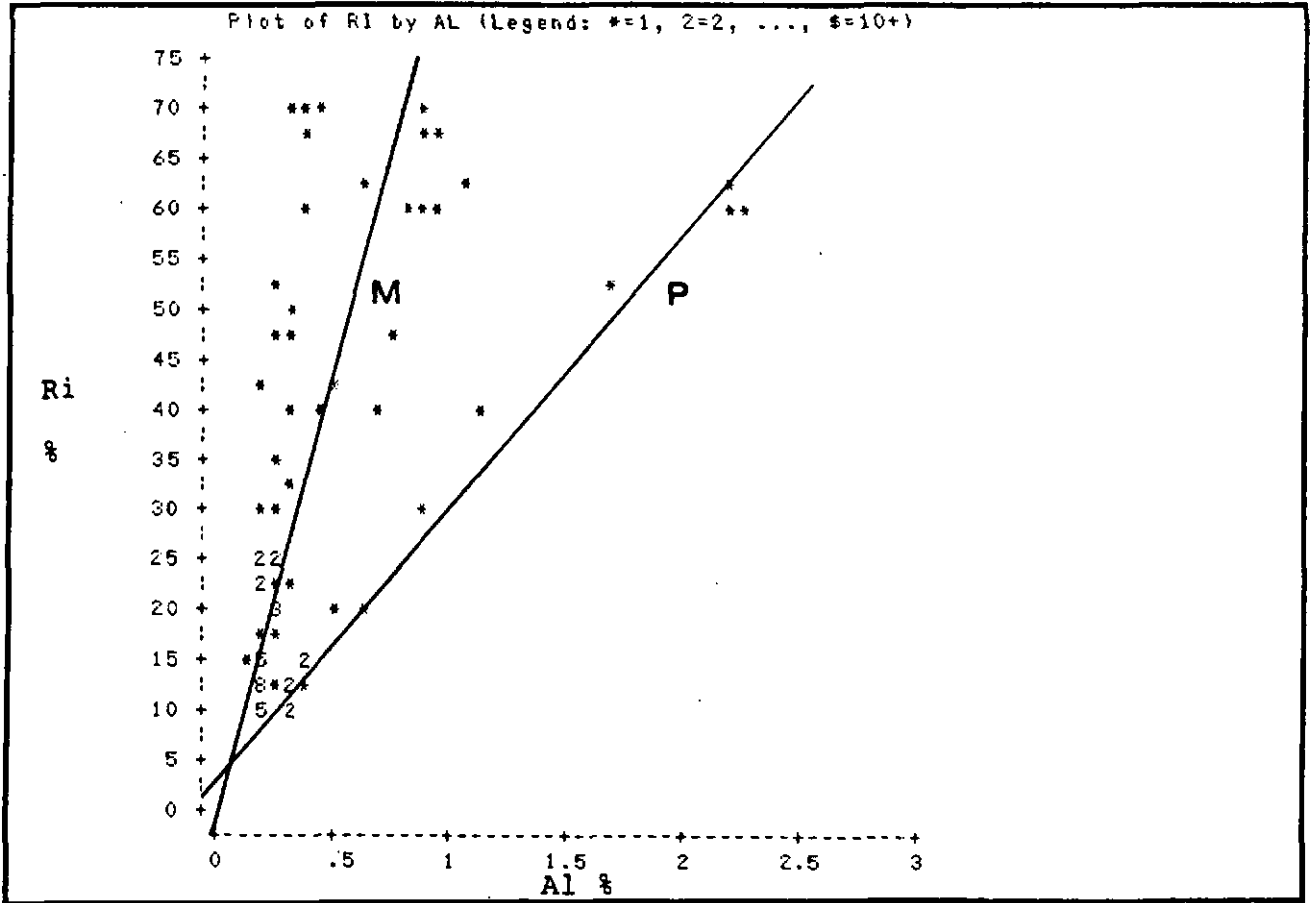


Fig. 3.23e.

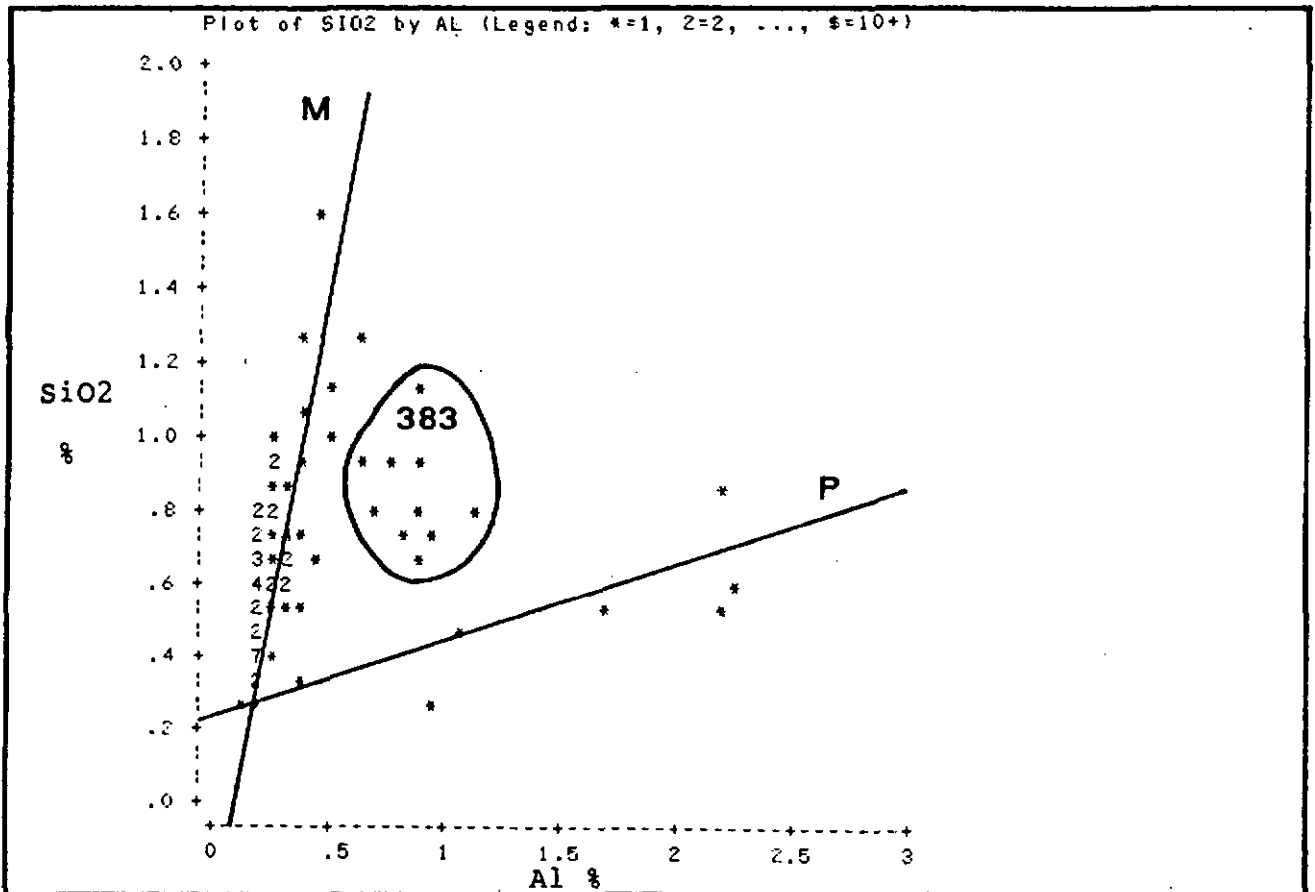


Fig. 3.23f.

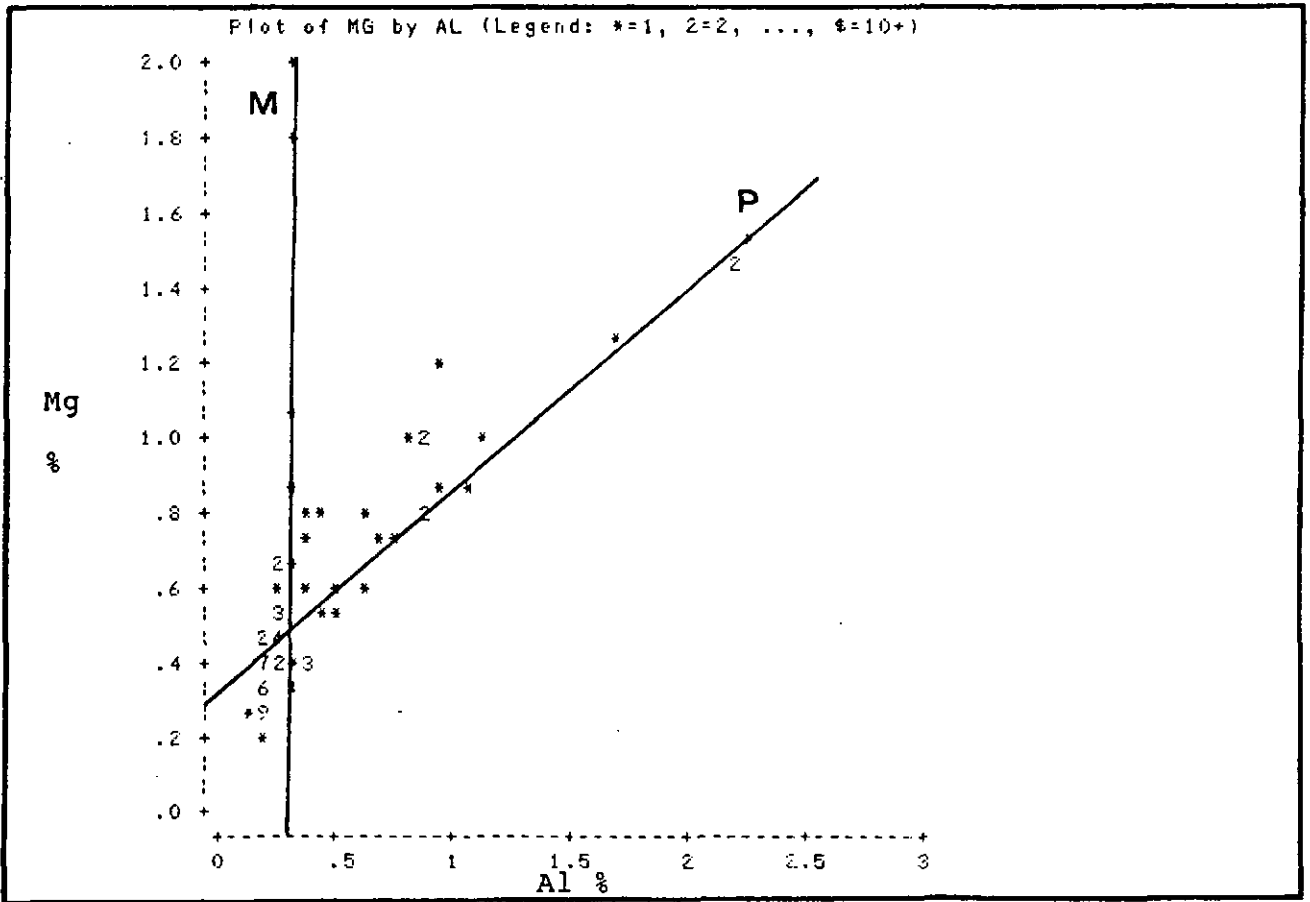


Fig. 3.23g.

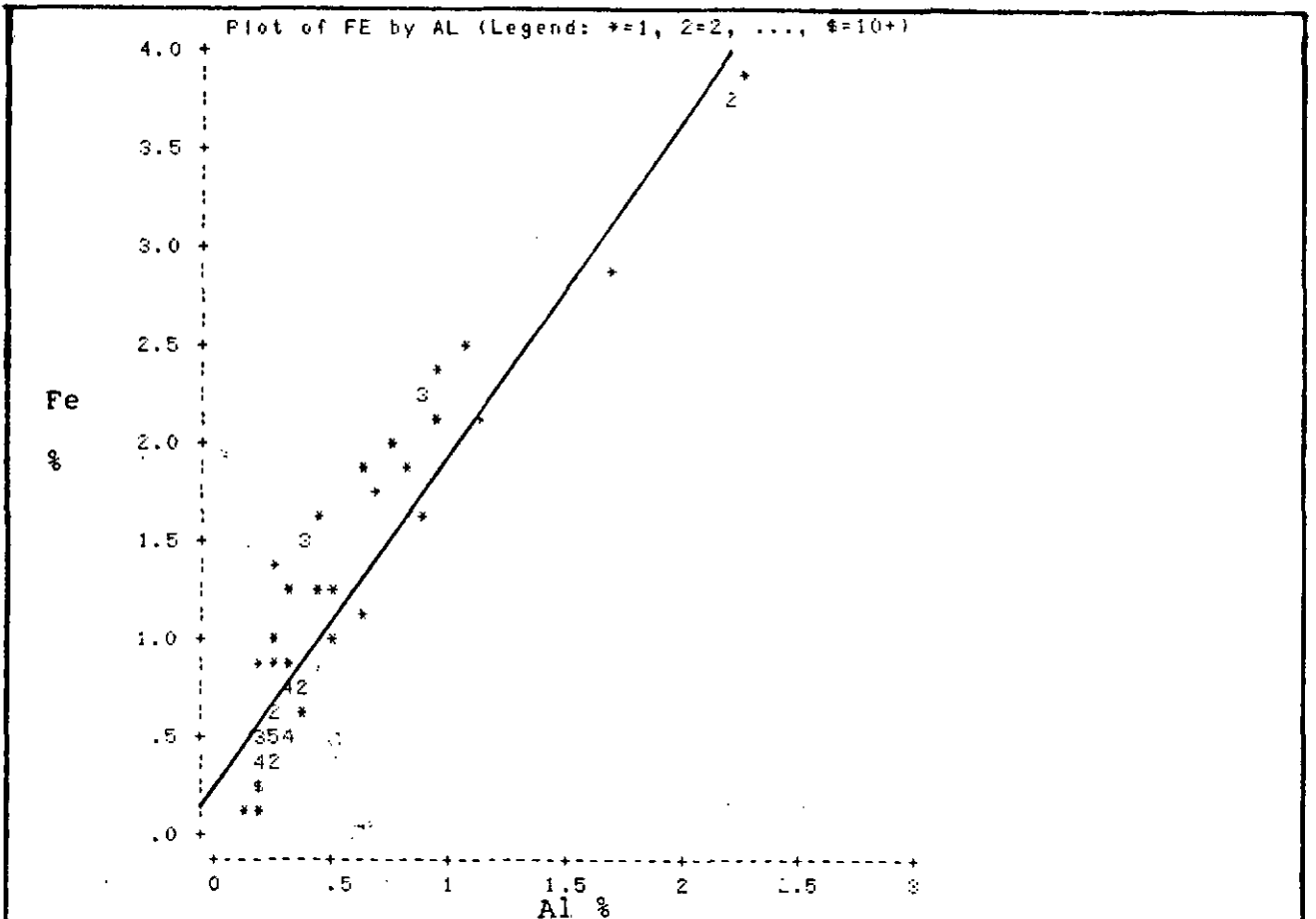


Fig. 3.23h.

GEOCHIMIE DE LA PHASE SOLUBLE (<63UM,NOAMP)

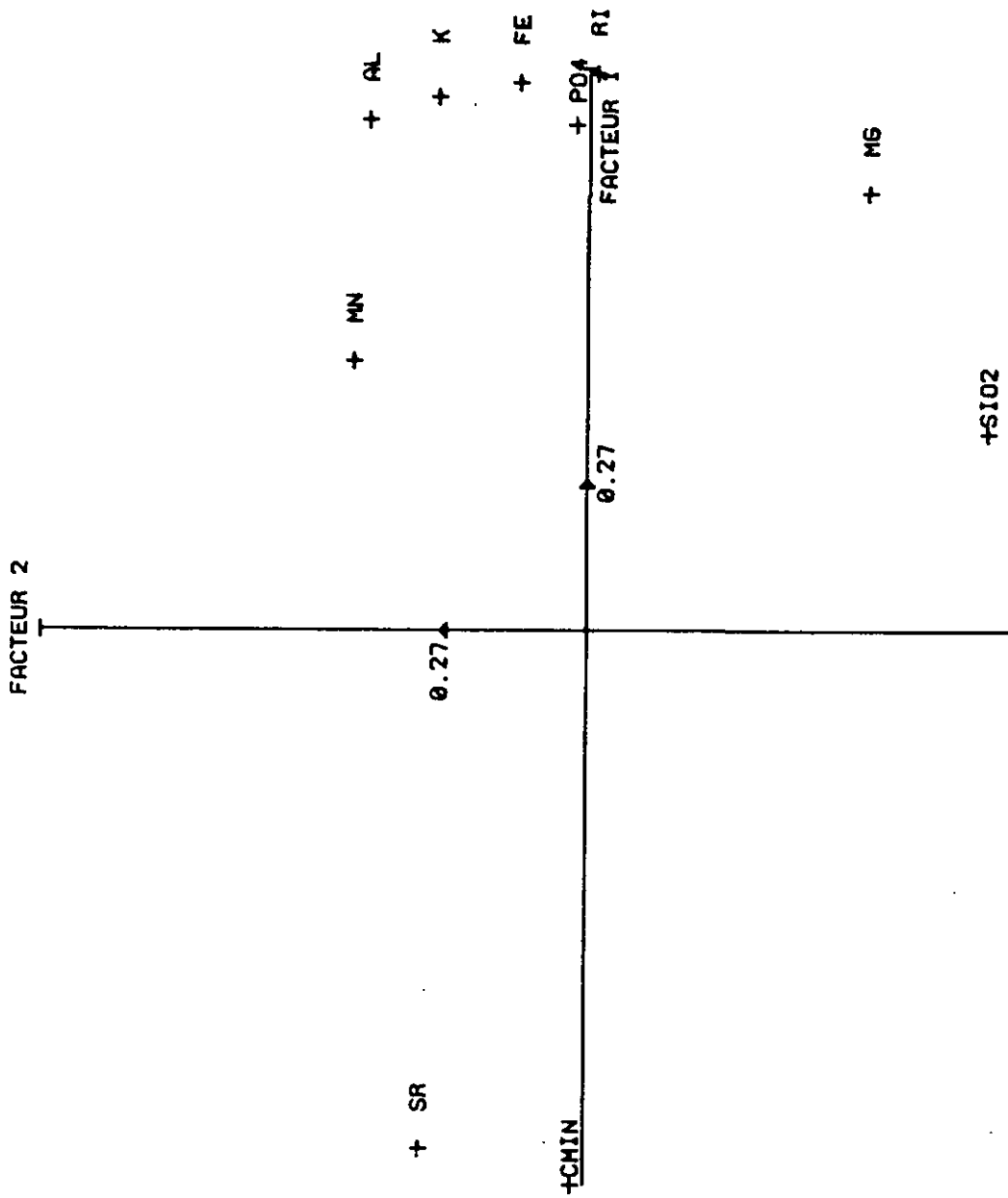


Fig. 3.24a.

STATIONS DE MONTAGNE (<63UM.NOAMP>

FACTEUR 2

POINTS MULTIPLES

NO	NOM	OE
1	8602	2
1	8601	2
2	8801	2
2	VT01	2
2	VT03	2
2	8802	2
2	VM02	2
2	8603	2
2	8803	2
3	VT02	2
3	VM03	2
3	VM04	2
3	8604	2
3	VT04	2
3	8804	2
4	8606	2
4	VM06	2
5	VM05	2
5	TT04	2
5	VM07	2
6	VT08	2
6	8805	2
6	VT06	2
7	8607	2
7	VM08	2
7	8608	2
7	VM09	2
8	TT05	2
8	VT09	2
9	VM18	2
9	TT06	2
10	VT11	2
10	VM16	2
11	VM16	2
11	8812	2
12	8616	2
12	TT09	2

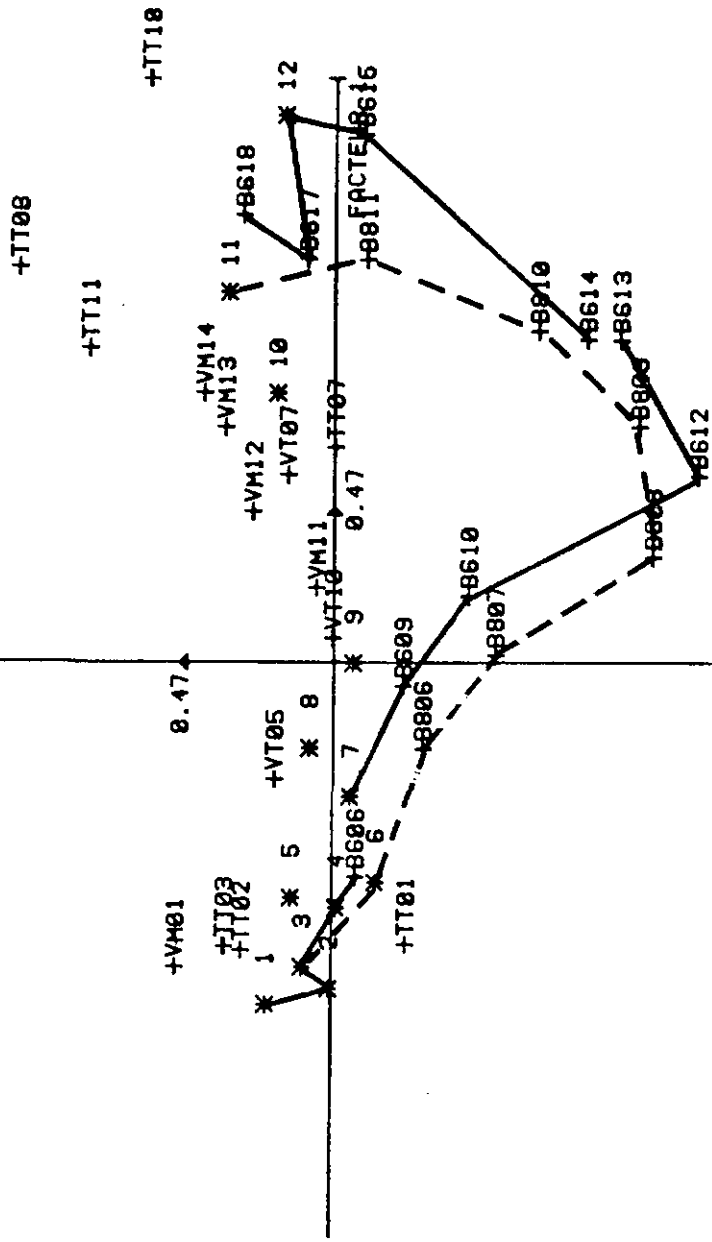


Fig. 3.24b.

14C Y.B.P.

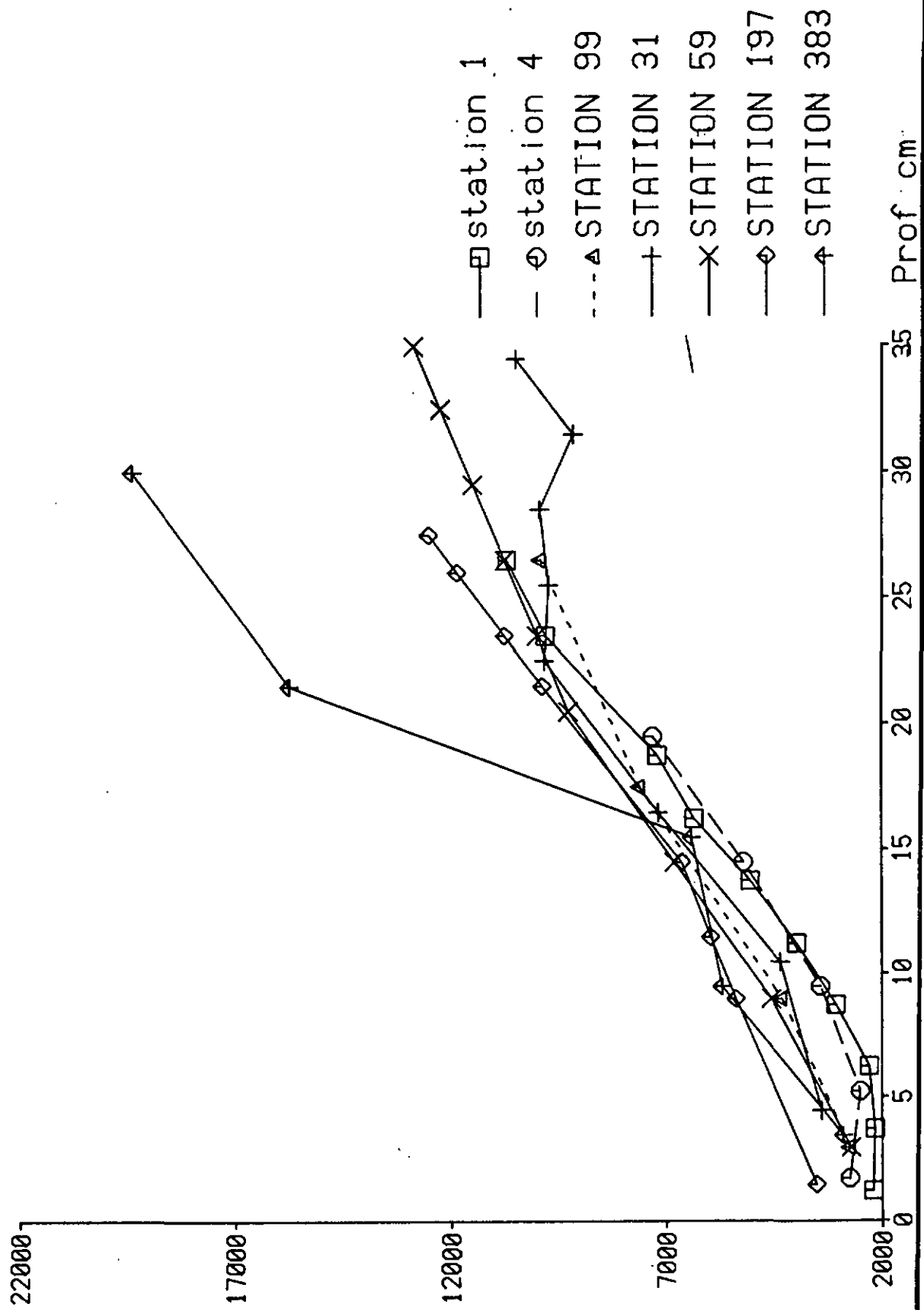


Fig. 3.25.

### CHAPITRE 3

Fig 3.1. La corrélation dolomite -  $^{14}\text{C}$  âge pour la station de talus Noamp 197 prouve que les datations sont "vieillies" par la présence de dolomite.

Fig 3.2a. Evolution de la teneur en carbonate en fonction de la profondeur pour des carottes - type (st 1 Gascogne 4800m, st 4 DS 4300m, st 165 vallée Noamp 4545m, st 197 talus Noamp 4100m). Les carbonates augmentent depuis le fond de la carotte. Pour la station 197, cette augmentation est interrompue par un minimum situé à 20.5cm sous la surface. La dissolution est la principale cause de la faible teneur en carbonate de la station 1.

Fig 3.2b. Les minéraux du résidu insoluble augmentent en fonction de la profondeur pour des régions représentatives des régions étudiées. La carotte 197 montre un maximum de la teneur en quartz à 20.5cm. Pour les plagioclases, ce maximum se trouve décalé à 23.5cm. La teneur en phyllosilicates montre un minimum à 23.5cm et maximum à 14.5cm. La teneur en phyllosilicate varie selon les plaines ou les talus.

Fig 3.3a et 3.3b. En fonction des datations corrigées de la carotte 197, on voit que la teneur la plus faible en  $\text{CaCO}_3$  correspond à un maximum de la teneur en quartz. Ce niveau (20.5cm) est daté à 10000 ans. Le niveau 23.5cm est âgé de 10800 ans. La teneur la plus faible en phyllosilicate correspond également à 10800 ans, tandis que la teneur la plus forte est datée à 6700 ans.

Fig 3.4a à 3.4d. Ces figures représentent les intensités brutes de la fraction  $<2\mu\text{m}$  des carottes Noamp en fonction de la profondeur. La profondeur est mesurée à partir du fond de la carotte. Les stations sont représentatives de chaque site (DS, NP = Noamp, plaine abyssale = plaine abyssale ibérique). Les maximas et minimas des intensités sont datés: Dryas III (10700 ans), le niveau de cendre daté par Ruddimann et McIntyre à 9800 ans (ash I) et déterminé par H.Heinrich (1986), ainsi que la zone homogène (ZH).

$\text{ch4/k2}$  = rapport du pic 004 de la chlorite / pic 002 de la kaolinite.

iag = largeur du pic 001 du mica mesuré à mi - hauteur.

Fig 3.5a. La corrélation mica / smectite n'est pas significative ( $r = -.23$ ). Les stations de plaine (P) sont plus riches en smectites que les stations de montagnes et de talus (M). Pour toutes les figures 3.5, la corrélation est significative à 0.001 pour  $r = -.37$ .

Fig 3.5b. Les corrélations mica / chlorite, mica / kaolinite, kaolinite / chlorite sont parfaites. Leur source est identique.

Fig 3.5c. Corrélation mica / iag (indice d'aigu glycolé). La corrélation ( $r = -.42$ ) bien que significative, n'est pas excellente. Les meilleures cristallinités sont observées dans la

zone homogène.

Fig 3.5d. Le mode de transport (éolien) et la resuspension rendent la relation mica / quartz ( $r = -.38$ ) significative.

Fig 3.6. ACP de la fraction  $<2\mu\text{m}$  des carottes Noamp. Le trait plein figure l'évolution des intensités brutes de la station de montagne M6806 (3960m) avec la profondeur; le traitillé, la station de talus M6808 (4125m). Les points non reliés appartiennent aux stations de plaine. Les stations de vallées évoluent vers un pôle smectites. Les carottes de montagnes et de talus évoluent du quartz vers les micas. B614 - B613 - B612 = échantillons de la limite Pléistocène / Holocène; B611 = 9800 ans (niveau de cendre); B606 = maximum des intensités brutes des micas, chlorites, kaolinites.

Fig 3.7. AFC de la fraction  $<2\mu\text{m}$  des carottes Noamp. Le trait plein figure l'évolution des intensités brutes de la station de montagne M6806 (3960m) avec la profondeur; le traitillé, la station de talus M6808 (4125m). Les points non reliés appartiennent aux carottes de vallées. L'opposition smectite - phyllosilicates sur le facteur 1 correspond à l'opposition carottes de plaine - carottes de montagne et de talus. Le Pléistocène terminal (B618) a les mêmes caractéristiques que l'actuel. La minéralogie du sédiment caractéristique des périodes froides est symbolisés par les échantillons B617 à B610.

Fig 3.8a à 3.8d. Ces figures représentent les intensités brutes des phyllosilicates de la fraction 2-16 $\mu\text{m}$  des carottes Noamp en fonction de la profondeur. La profondeur est mesurée à partir du fond de la carotte. Les stations sont représentatives de chaque site (DS, NP = Noamp, plaine abyssale = plaine abyssale ibérique). Les maximas et minimas des intensités sont datés: Dryas III (10700 ans), le niveau de cendre daté par Ruddimann et McIntyre à 9800 ans (ash I) et déterminé par H.Heinrich (1986), ainsi que la zone homogène (ZH).

ch4/k2 = rapport du pic 004 de la chlorite / pic 002 de la kaolinite.

iag = largeur du pic 001 du mica mesuré à mi - hauteur (glycolé).

Fig 3.9a à 3.9d. Ces figures représentent les intensités brutes des minéraux en grain de la fraction 2-16 $\mu\text{m}$  des carottes Noamp en fonction de la profondeur. La profondeur est mesurée à partir du fond de la carotte. Les stations sont représentatives de chaque site (DS, NP = Noamp, plaine abyssale = plaine abyssale ibérique). Les maximas et minimas des intensités sont datés: Dryas III (10700 ans), le niveau de cendre daté par Ruddimann et McIntyre à 9800 ans (ash I) et déterminé par H.Heinrich (1986), ainsi que la zone homogène (ZH).

Fig 3.10a. Corrélations des intensités brutes obtenues par diffraction - X de la fraction 2-16 $\mu\text{m}$  des carottes. Comme pour la fraction  $<2\mu\text{m}$ , les corrélations entre le mica, la chlorite et la kaolinite sont excellentes ( $r = .99$ ). Le coefficient de corrélation est significatif à 0.001 à partir de .37.

Fig 3.10b. Bonne corrélation iag / mica ( $r = -.67$ ). Les meilleures cristallinités (iag) correspondent à l'actuel et les plus mauvaises au début de l'Holocène.

Fig 3.10c. La clinoptilolite (néoformation intraocéanique) corréle avec les micas ( $r = .64$ ) et tous les phyllosilicates. Distinction des carottes de plaine (P) et de montagnes et talus (M).

Fig 3.10d. La horblende (HBL) corréle avec les micas ( $r = .66$ ) et avec le quartz ( $r = .43$ ). Distinction entre les carottes de montagnes et de talus (M) et les carottes de plaine (P). Comme la clinoptilolite, la horblende est enrichie par rapport aux micas et aux phyllosilicates par soustraction des phyllosilicates.

Fig 3.10e. Distinctions phyllosilicates (mica) / minéraux en grain (représentés par le quartz) selon la bathymétrie et le temps  
P = échantillons des carottes de plaine  
M = échantillons des carottes de montagnes et de talus

HO = Holocène  
PL = Pléistocène

Corrélation négative mica / quartz pour l'Holocène dans les stations de montagne et de talus. Corrélation positive dans les carottes de plaine. Au Pléistocène, il n'y a pas de corrélation entre le mica et le quartz.

Fig 3.10f. Les minéraux en grain quartz, albite, feldspath covarient quels que soient la bathymétrie et l'âge des échantillons.

Fig 3.10g. Dans le groupe des plagioclases, les intensités de l'oligoclase sont plus fortes pour les carottes de vallée (P) que celles de montagne et de talus. L'oligoclase est un indice des apports advectifs.

Fig 3.11 ACP de la fraction 2-16 $\mu$ m des carottes Noamp. Le trait plein figure l'évolution des intensités brutes de la station de montagne M6806 (3960m) avec la profondeur; le traitillé, la station de talus M6808 (4125m). Les points non reliés représentent les stations de plaine. B611 = niveau de cendre à 9800 ans. B612 - B613 - B614 correspondent au cycle minéralogique de la période froide riche en quartz, albite, feldspth. L'évolution des stations de plaine vers les minéraux en grain est moins marquée que pour les carottes de montagnes et de talus.

Fig 3.12. AFC de la fraction 2-16 $\mu$ m des carottes Noamp. Le trait plein figure l'évolution des intensités brutes de la station de montagne M6806 (3960m) avec la profondeur; le traitillé, la station de talus M6808 (4125m). Les points des stations de plaine ne sont pas reliés. On peut voir un léger enrichissement en quartz des stations de plaines avec la profondeur dans les carottes. Pour les stations de montagnes et de talus, l'évolution de la sédimentation change radicalement entre B610 et B613 (environ 9800 ans = niveau de cendres).

Fig 3.13a à 3.13c. Intensités relatives de la fraction 2-16 $\mu$ m calculées à partir des intensités brutes. Evidence de

l'opposition phyllosilicates / minéraux en grain.

Fig 3.14. Comparaison par la méthode Rey et Kubler des micas.

A = plage des muscovites	B = plage des phengites
C = plage des illites	D = plage des biotites

Les carottes DS et Noamp sont représentées par la carotte Noamp 59. Le chimisme des micas  $<2\mu\text{m}$  (phengites) est différent pour la carotte 383 de la plaine abyssale ibérique.

Fig 3.15. Pour la station 59, les cristallinités des micas  $<2$  et  $2-16\mu\text{m}$  sont les moins bonnes pour T512 (10700 ans) à T514 (12250 ans) qu'à l'actuel. Pour la carotte 383, les phengites  $<2\mu\text{m}$  ont des meilleures cristallinités au Pléistocène (L309 - L312). Les origines des particules sont différentes pour la station 383 de l'ensemble des autres stations.

Fig 3.16. Evolution de la granulométrie de la station Gascogne 1 (4800m) entre 1.5 et  $30\mu\text{m}$  pour le résidu insoluble et le sédiment non - décarbonaté. Pour le Ri, la distribution est toujours unimodale depuis 10300ans. Pour la fraction non - décarbonatée, la distribution des particules changent à 5400 ans (16cm).

Fig 3.17. Evolution de la granulométrie de la station de talus Noamp 197 (4100m) entre 1.5 et  $30\mu\text{m}$  pour le résidu insoluble et le sédiment non - décarbonaté. Pour le Ri, la distribution des particules change à 10800 ans (23.5cm), à 9200 ans (20cm) et à 5370 ans (10cm). Pour la fraction non - décarbonatée, la distribution des particules change à 10800 ans (23.5cm) et à 9200 ans (20cm). (16cm).

Fig 3.18. La distribution des particules dans une carotte de plaine Noamp entre 0 et 30cm est constante et semblable à la figure. La carotte n'a pas été datée.

Fig 3.19a à 3.19f. Comparaisons de la géochimie du sédiment entre les échantillons de surface H (0-1cm) et les échantillons de la carotte DS 6. Par rapport à Al, l'échantillon de surface H1 de la station Gascogne 1 se distingue du profil vertical de la station 6 et des échantillons de surface par une faible teneur en Ca, et en Ti. Pour le Iode, sa teneur étant normale pour un échantillon de surface, la corrélation I / Ca est mauvaise.

Fig 3.20a à 3.20e. Comparaisons de la géochimie du sédiment entre le profil vertical de la station DS 6 et de la station Noamp 165. Les corrélations entre la carotte DS 6 et NP 165 sont excellentes. Par contre, pour des profondeurs d'échantillonnage égales, la carotte Noamp 165 se distingue de la carotte 6 par sa forte teneur en résidu insoluble (fig 3.20e). Pour la carotte Noamp 165, les teneurs en Ca sont  $<30\%$ , les teneurs en Sr  $<1550$  ppm, les teneurs en Ti  $>1000$  ppm et les teneurs en Fe  $>0.8\%$ .

Fig 3.21. Analyse ACP de la géochimie sur les échantillons de surface (H), le profil vertical de la station DS 6 (P), le profil vertical de la station Noamp 165 (A). Les variables Ca, Sr sont opposées aux variables du résidu insoluble (toutes les autres

variables) selon le facteur 1. Selon le facteur 2, légère opposition Al / Fe. Séparation des stations 6 (pôle Al) et 165 (pôle Fe).

Fig 3.22. Analyses AFC. Mêmes remarques que pour la fig 3.21.

Fig 3.23a. Géochimie de la phase soluble. La corrélation Al/cmin montre la différence entre les carottes de plaines Noamp (droite P) et les carottes de montagnes et de talus Noamp (points non reliés). Les carottes DS sont équivalentes aux carottes de talus Noamp.

Fig 3.23b. Corrélations Sr/cmin. La pente de la droite de corrélation varie en fonction de la bathymétrie et du relief sous-marin (M = montagnes et talus, P = plaines, 383 = plaine abyssale ibérique). Les niveaux qui contiennent de la dolomite figurent dans la plage HD.

Fig 3.23c. Cmin/Mg. Les carottes de montagnes et de talus (M) sont plus riches en Mg que les carottes de plaines (P). La dolomite est relativement enrichie en dolomite dans les carottes de montagnes et de talus par soustraction des phyllosilicates.

Fig 3.23d. La corrélation cmin/Ri est excellente ( $r = .99$ ) ce qui signifie qu'une partie de la dolomite est mise en solution lors de la mesure du cmin.

Fig 3.23e. La corrélation Al/Ri confirme la différence entre les carottes de plaines et de montagnes ou de talus.

Fig 3.23f. Les carottes de plaines (P) sont enrichies en aluminium suite à l'hydrolyse d'une partie des phyllosilicates. La carotte 383 de la plaine abyssale ibérique (5250m) montre que les apports de phyllosilicates sont importants pour cette station.

Fig 3.23g. Les carottes de montagnes et de talus sont enrichies en Mg (dolomite) par rapport à celles de plaines (M). Les niveaux riches en dolomite contiennent plus 1.6% de Mg.

Fig 3.23h. Corrélation Al/Fe ( $r = .93$ ). Le fer est lié à l'aluminium ainsi que le potassium (K/Al,  $r = .96$ ).

Fig 3.24a. Les facteurs de l'ACP de la géochimie de la phase soluble sont définis par l'opposition des variables Ca, Sr - Ri, K, Al, Fe et par SiO<sub>2</sub> et Mg.

Fig 3.24b. ACP de la spéciation des carbonates. Le trait plein figure l'évolution des intensités brutes de la station de montagne M6806 (3960m) avec la profondeur; le traitillé, la station de talus M6808 (4125m). Les points non reliés représentent les stations de plaine. De B610 à B614, enrichissement des carottes de montagnes et de talus en Mg et SiO<sub>2</sub> en période froide. Les stations de plaines s'enrichissent en Al avec la profondeur dans le sédiment. Cette évolution correspond au cycle minéralogique de la période froide riche en quartz, albite, feldspth et dolomite des carottes de montagnes et de talus. L'évolution des stations de plaine vers les minéraux en grain est moins marquée que pour

les carottes de montagnes et de talus.

Fig 3.25. Evolutions des taux d'accumulation dans:  
les stations DS 4 (4300m) et 99 (4710m).  
les stations de talus Noamp 59 (4450m) et 197 (4100m).  
la station de plaine Noamp 31.  
la station de la plaine de Gascogne 1 (4800m).  
la station 383 de la plaine abyssale ibérique (5250m).

## CHAPITRE 4

- COULTER
- AGGREGATION
- PARTICULES EN SUSPENSION

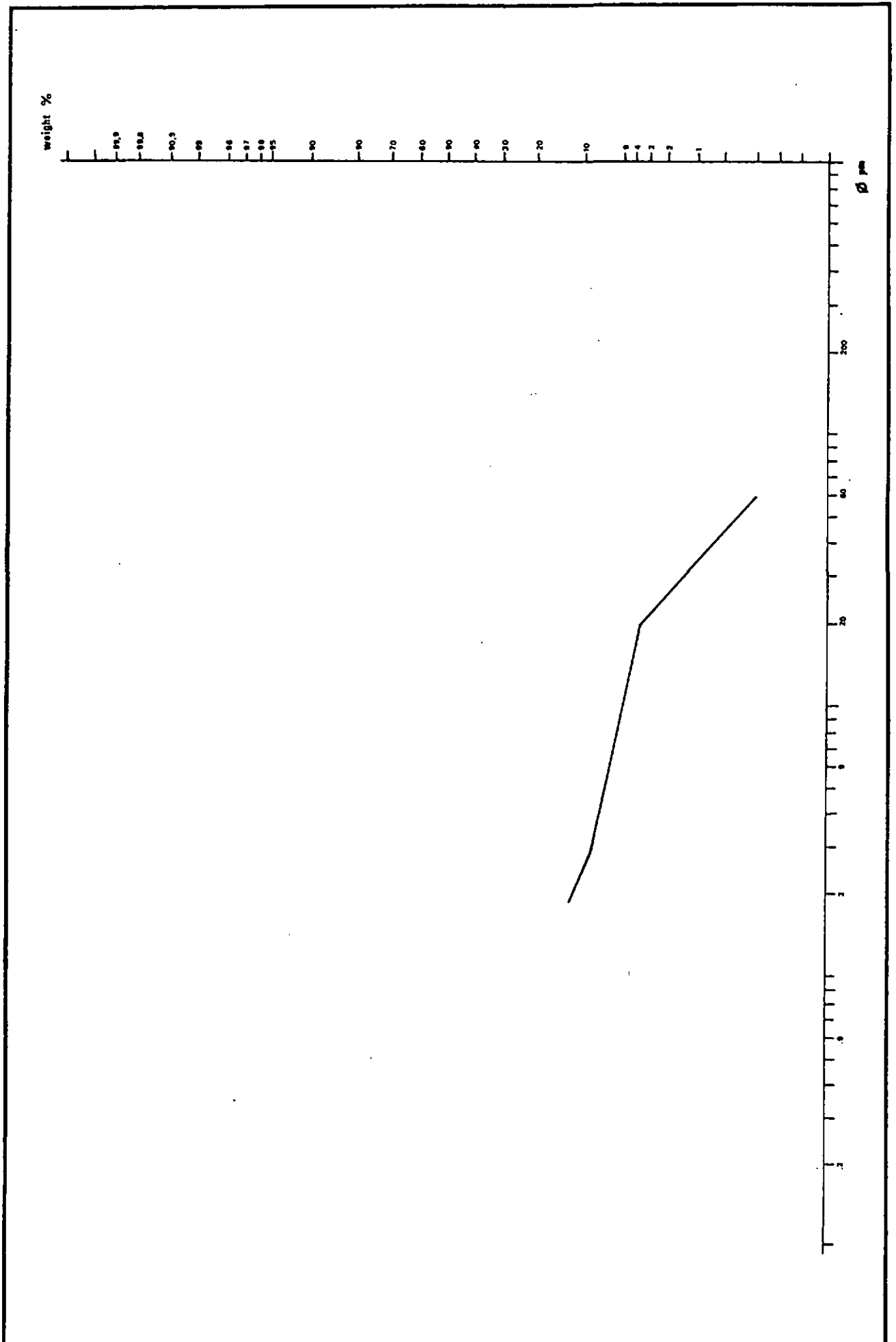


Fig. 4.1.

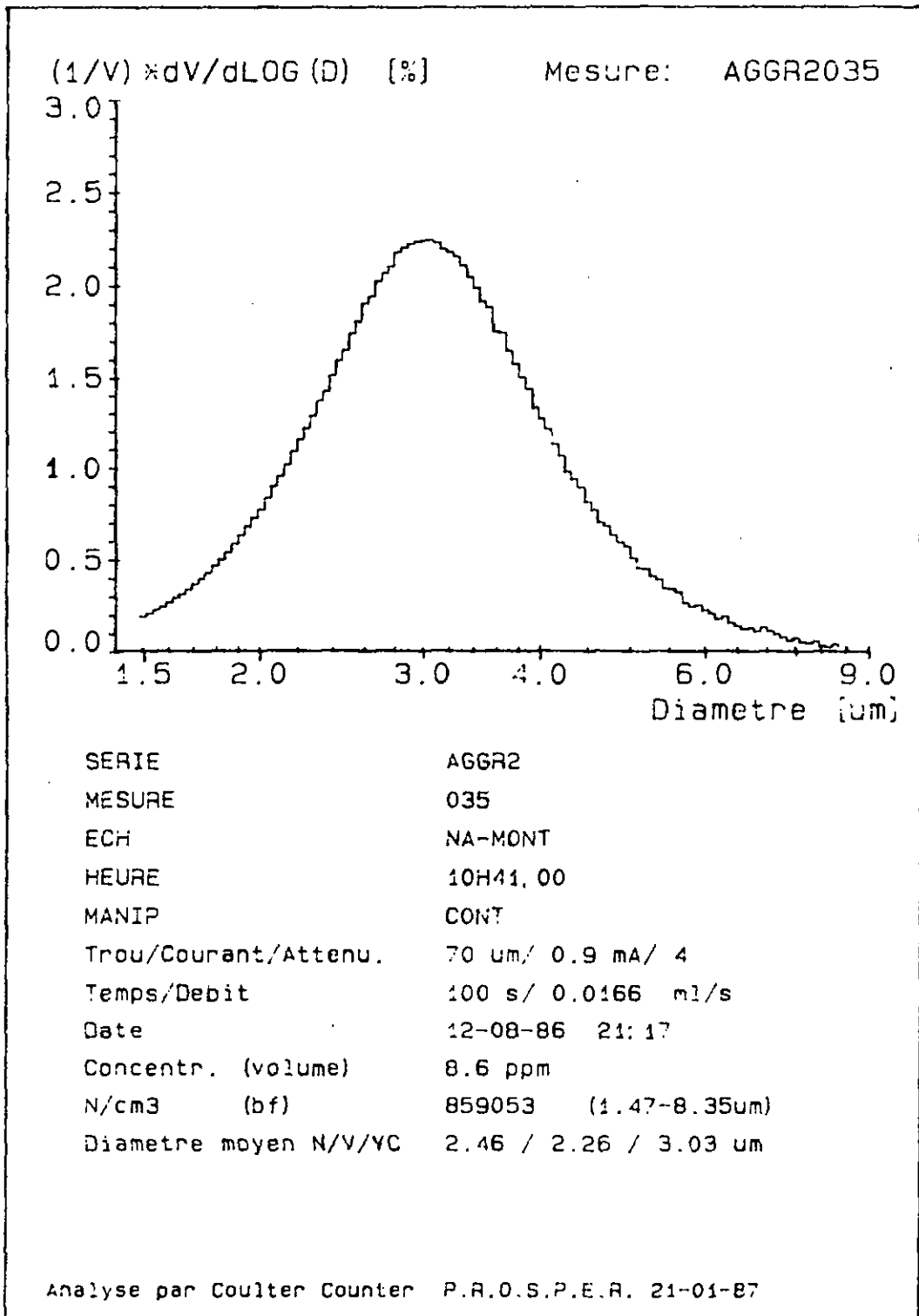


Fig. 4.2.

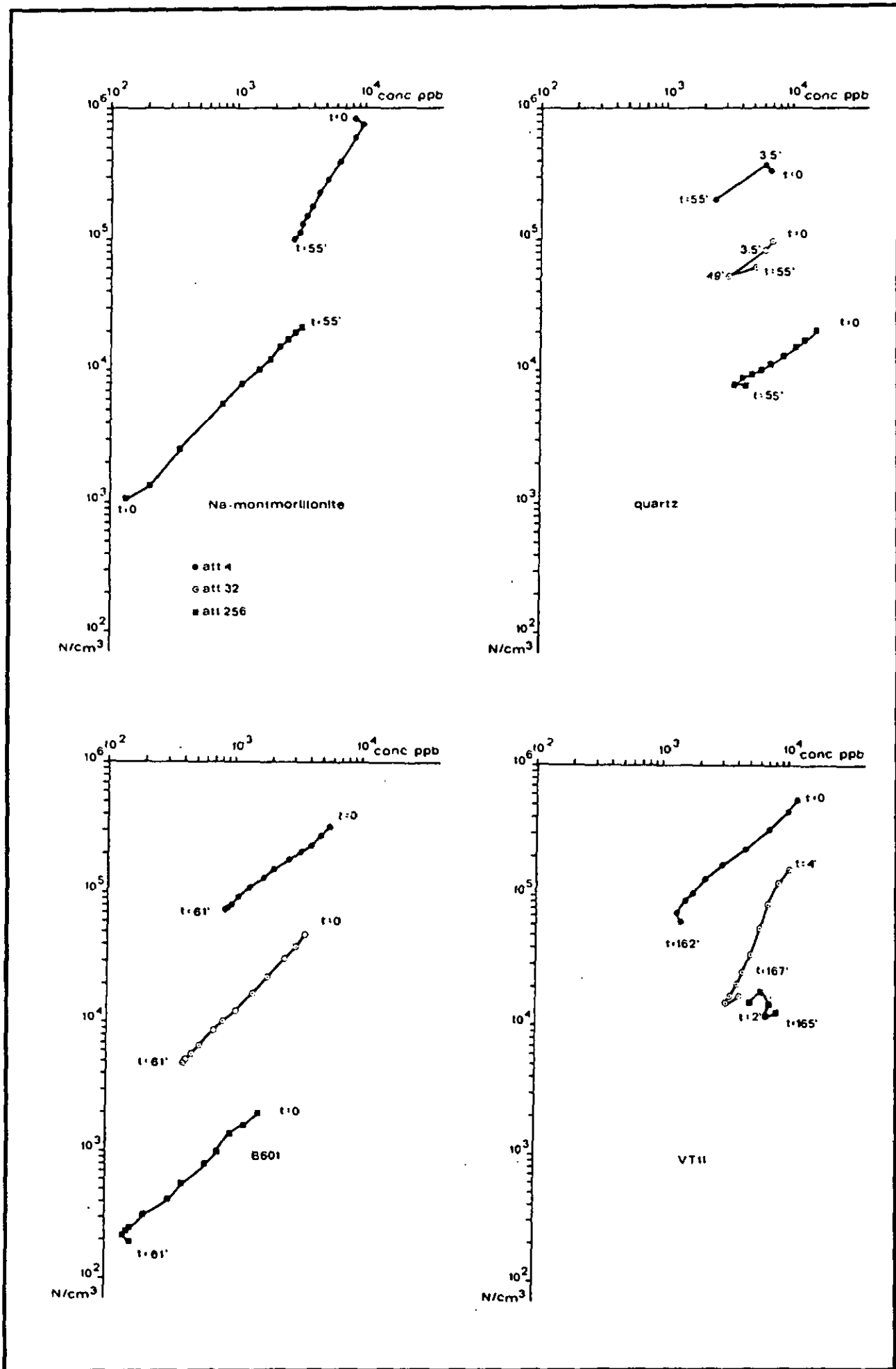


Fig. 4.3.

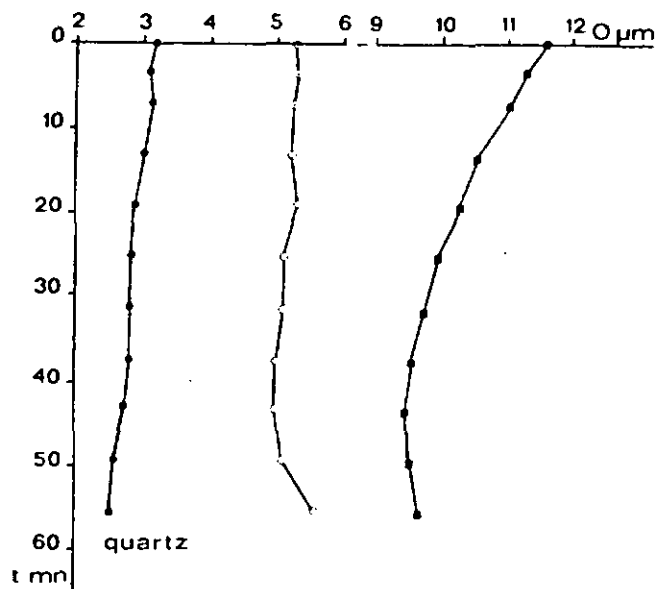
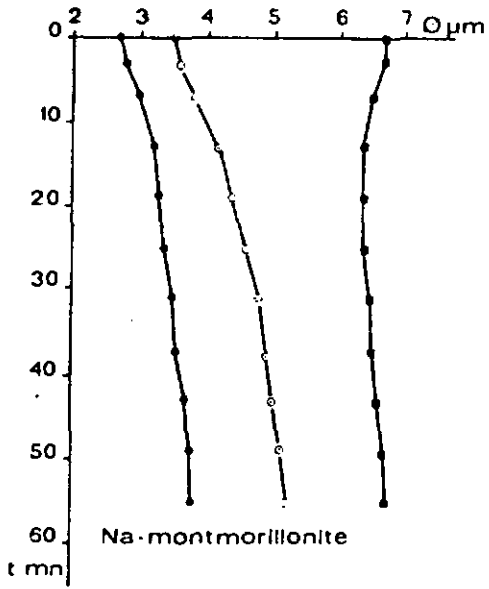
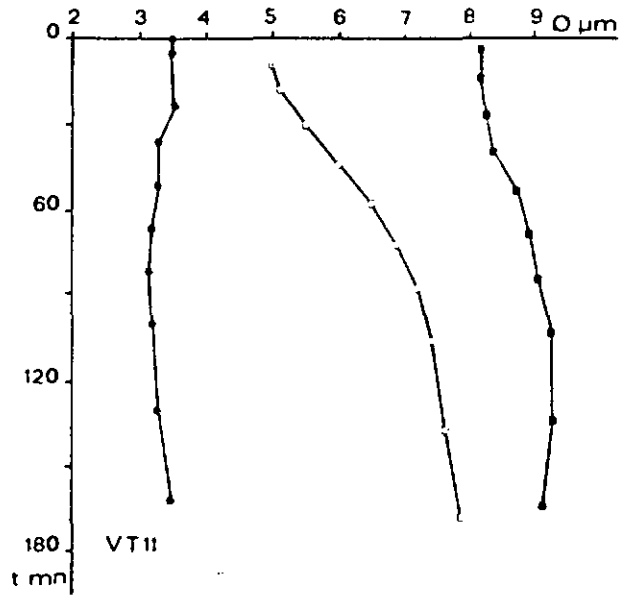
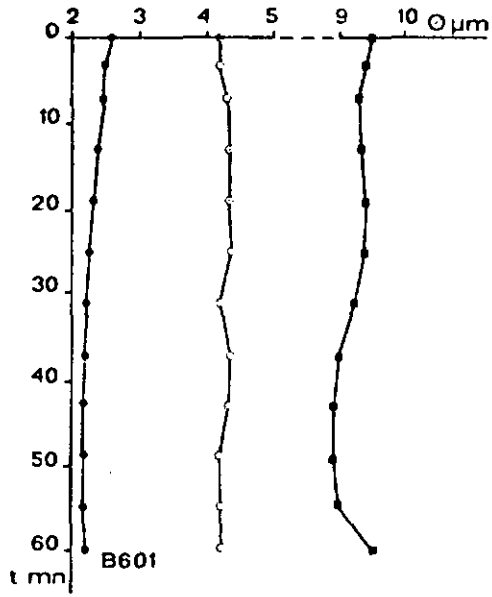


Fig. 4.4.

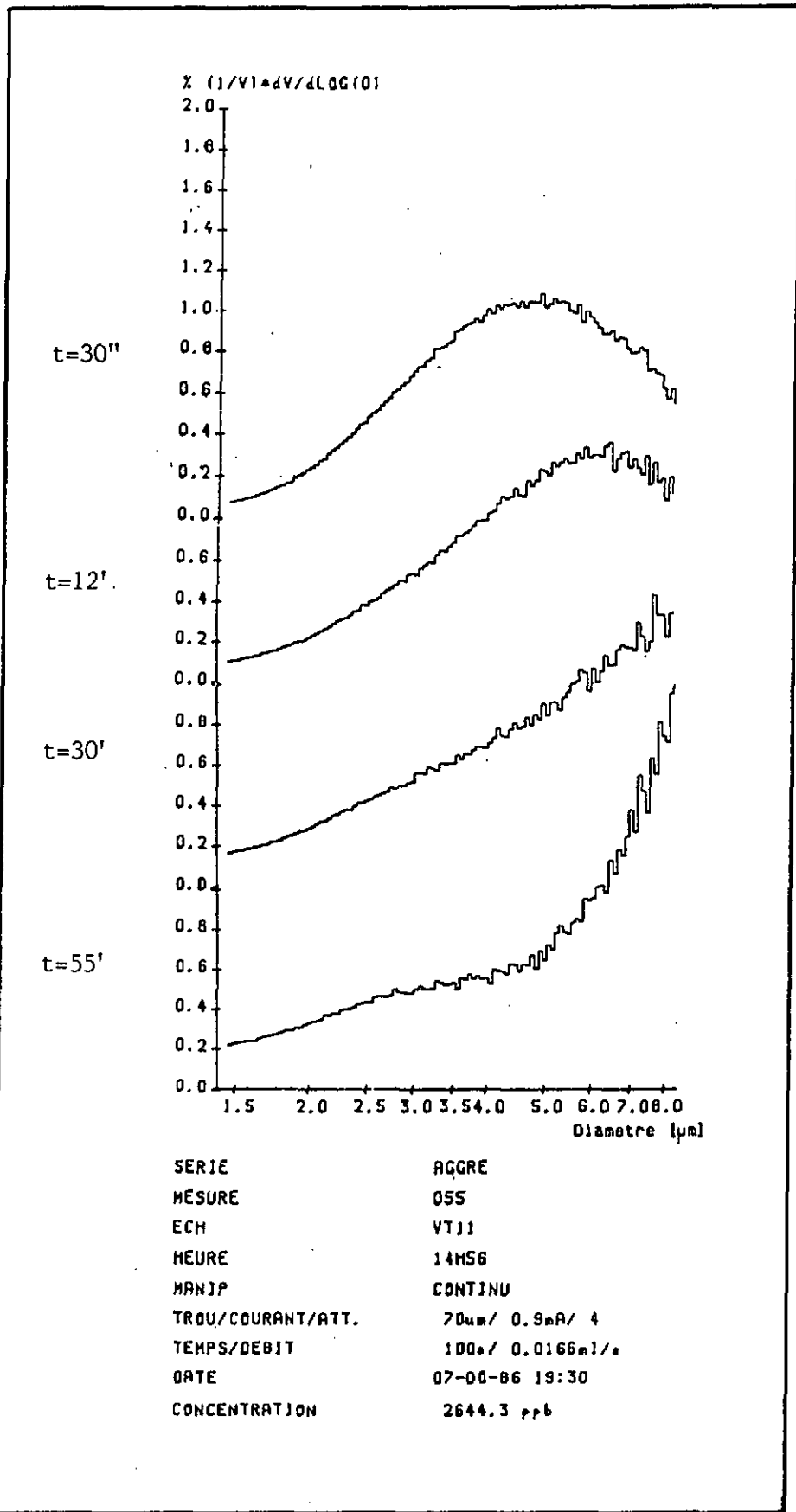


Fig. 4.5a.

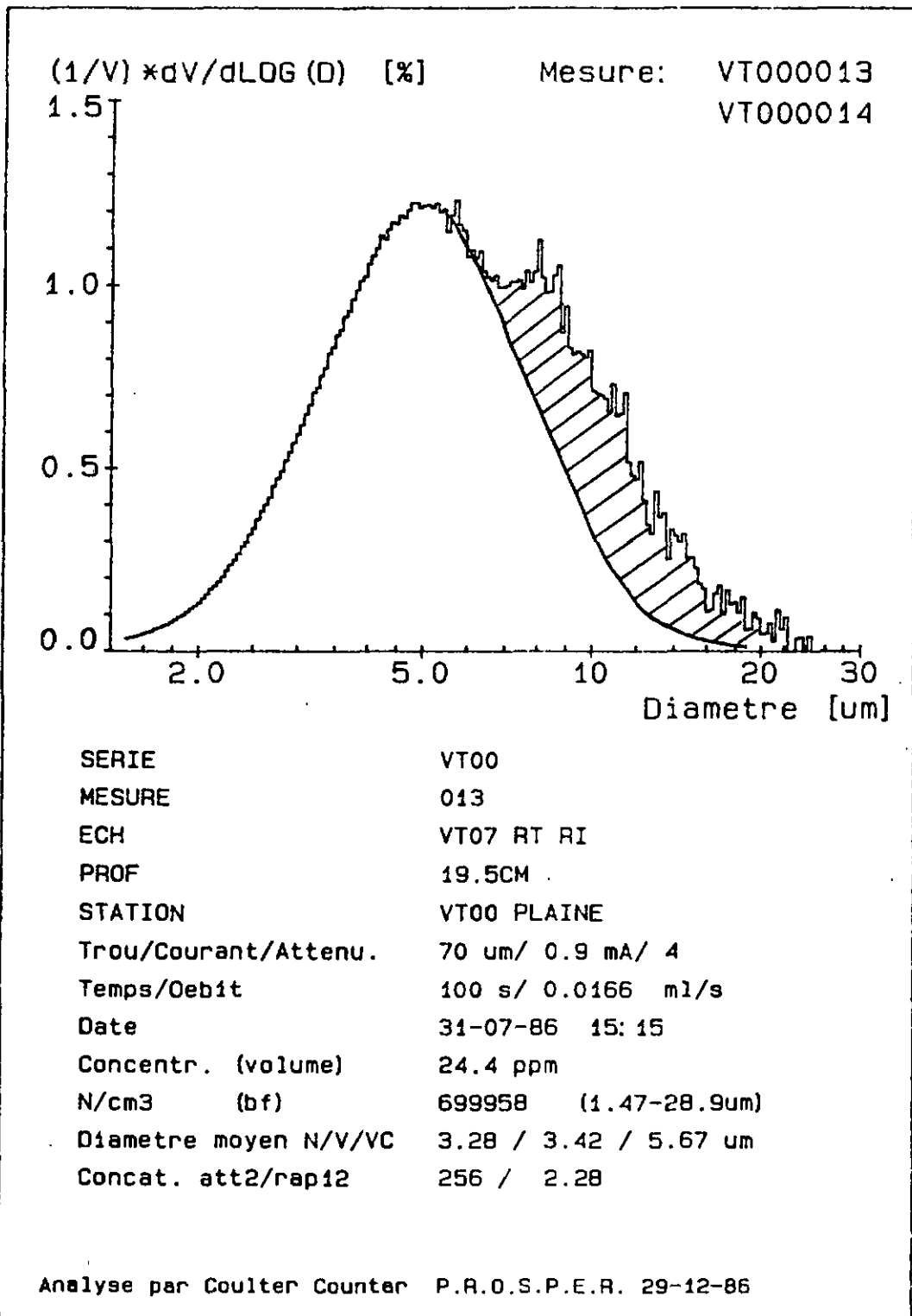


Fig. 4.5b.

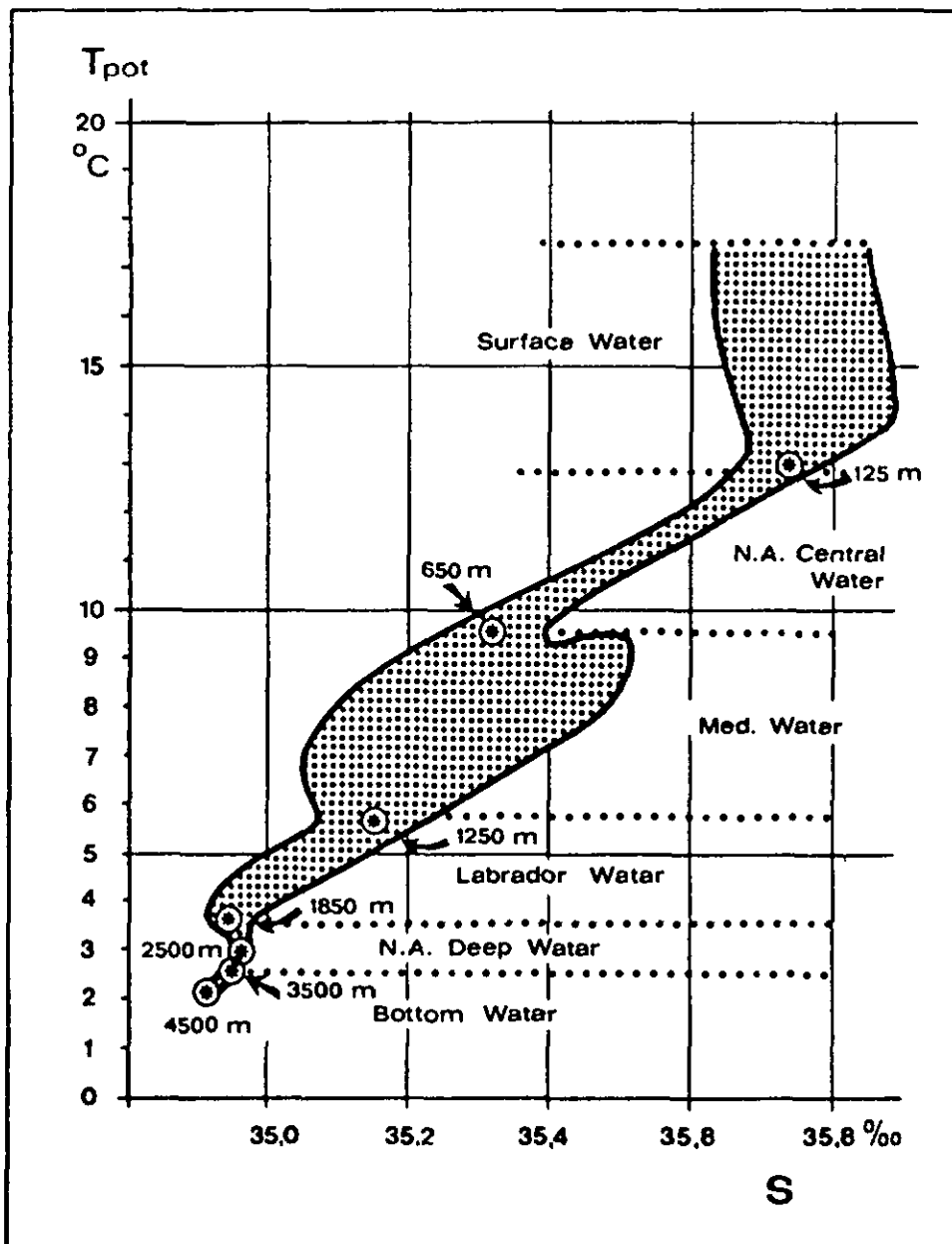


Fig. 4.6.

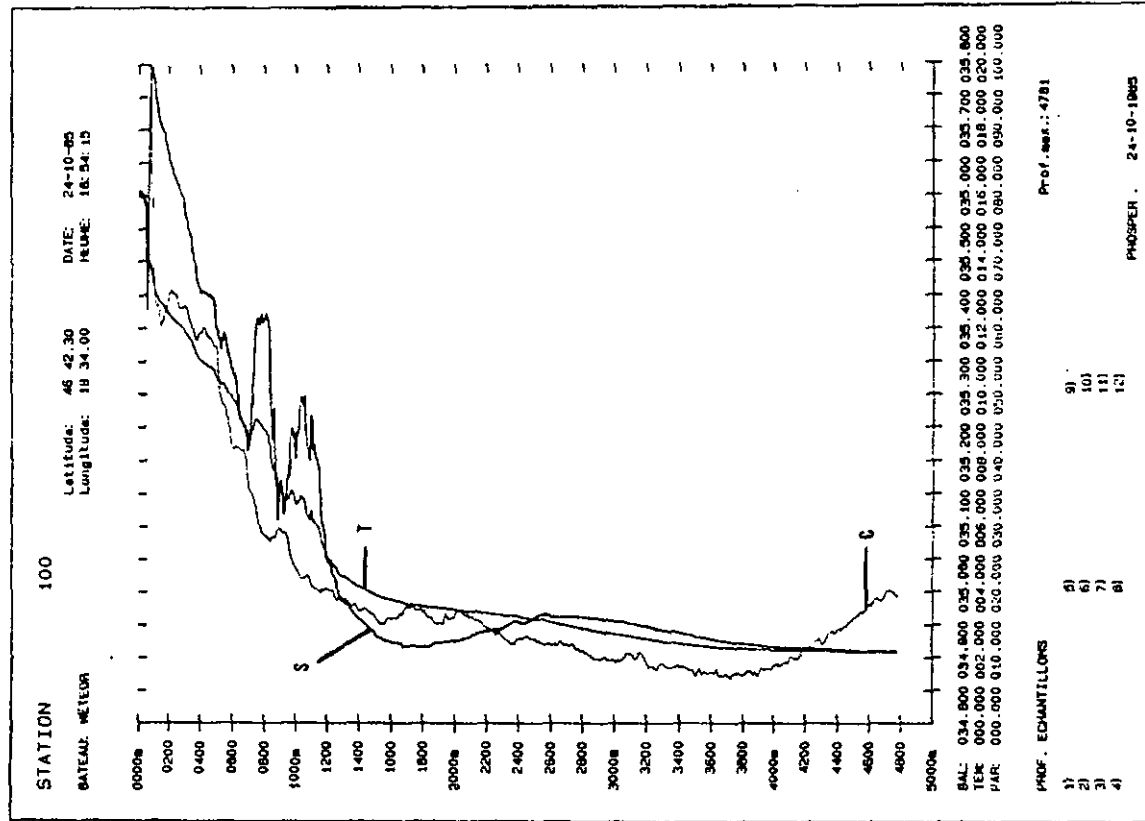
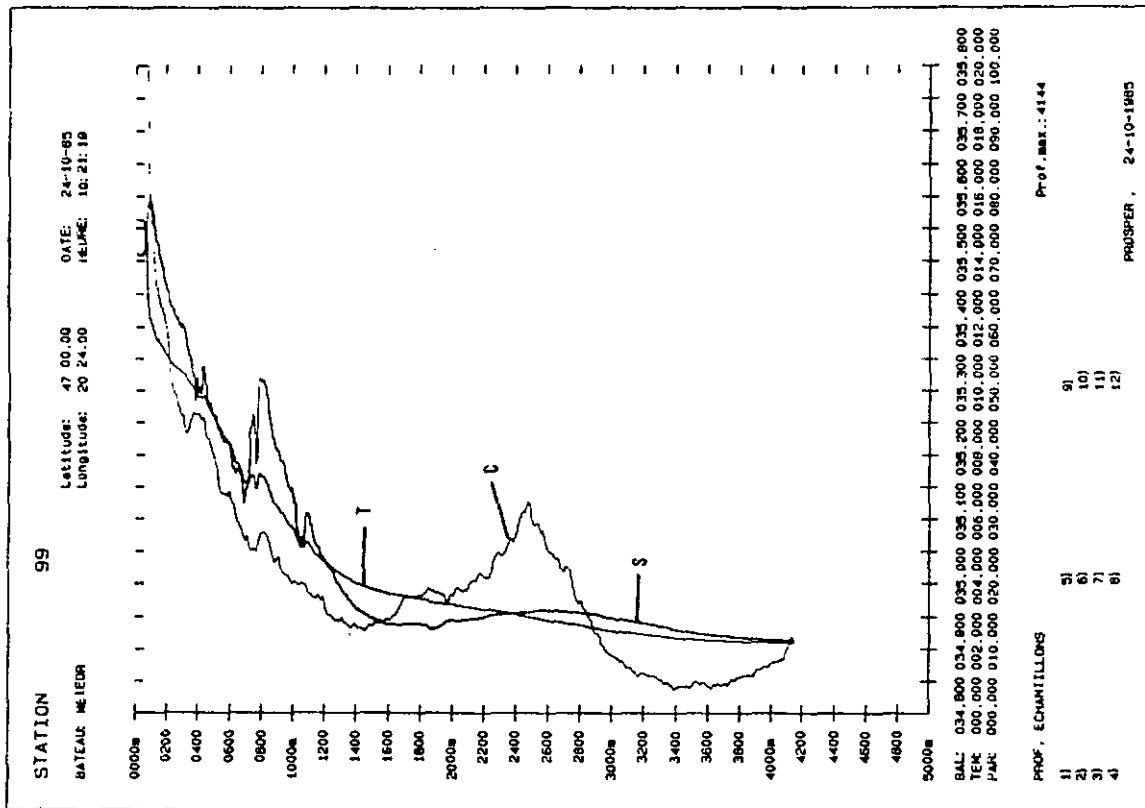


Fig. 4.7.

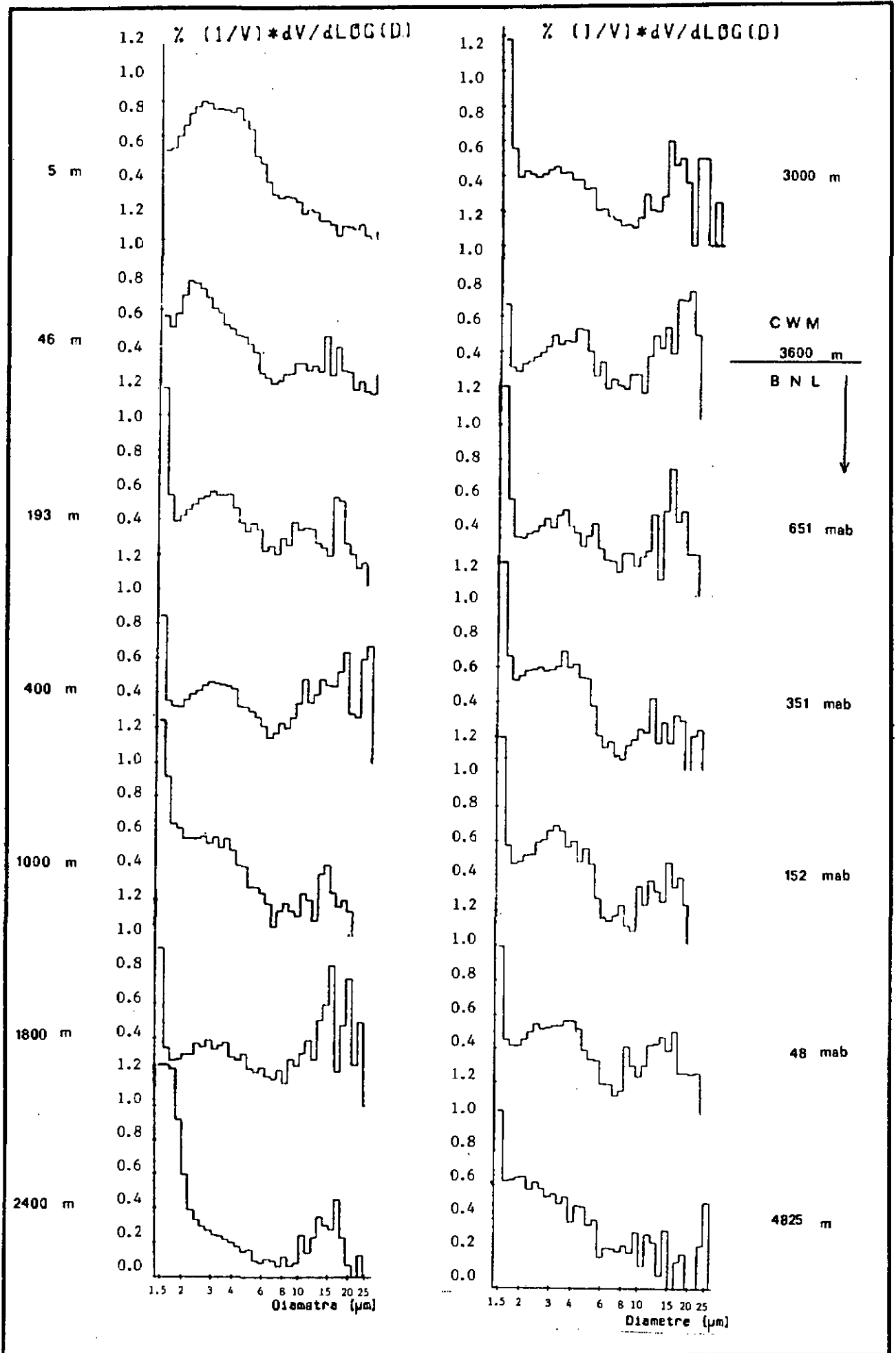


Fig. 4.8.

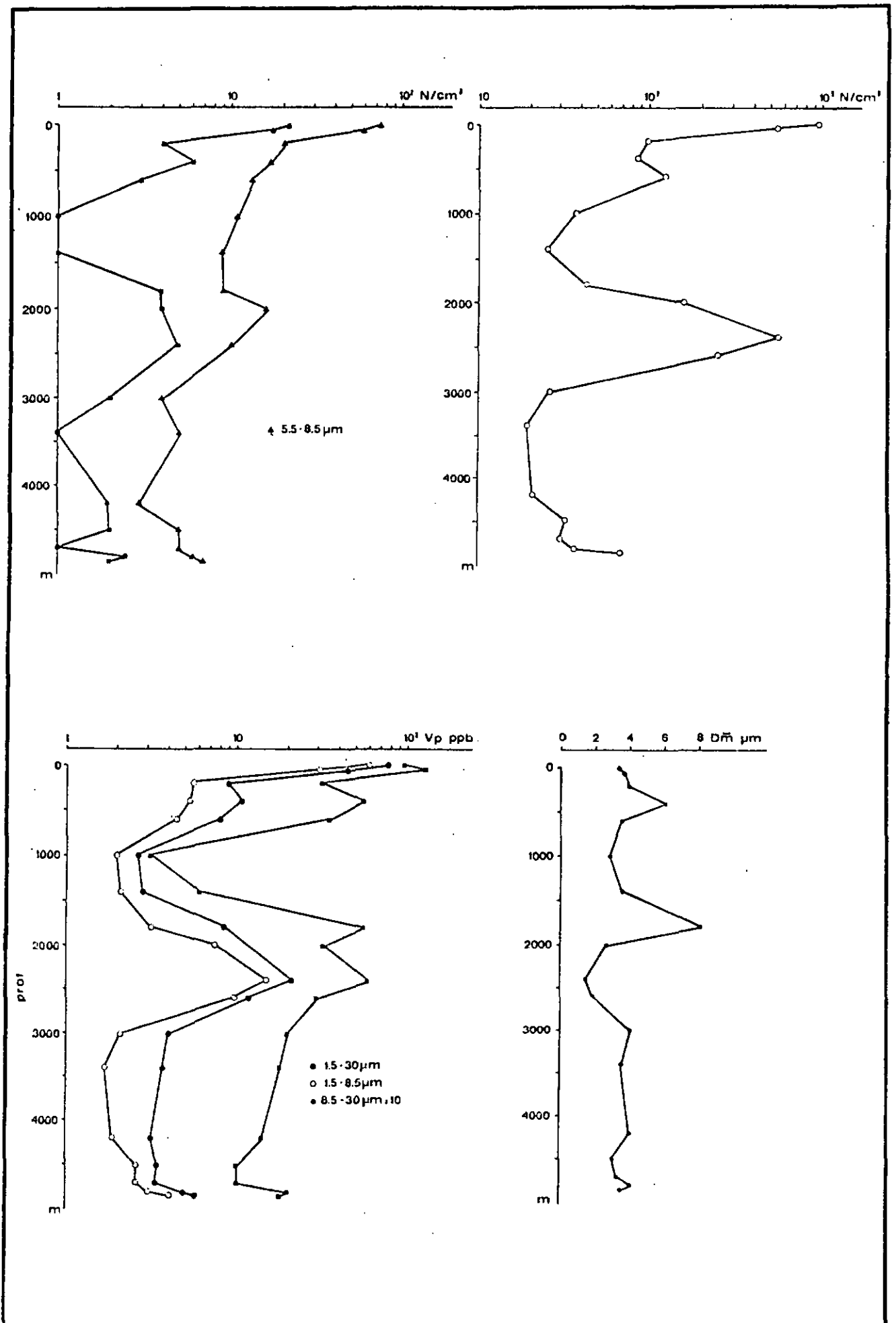


Fig. 4.9.



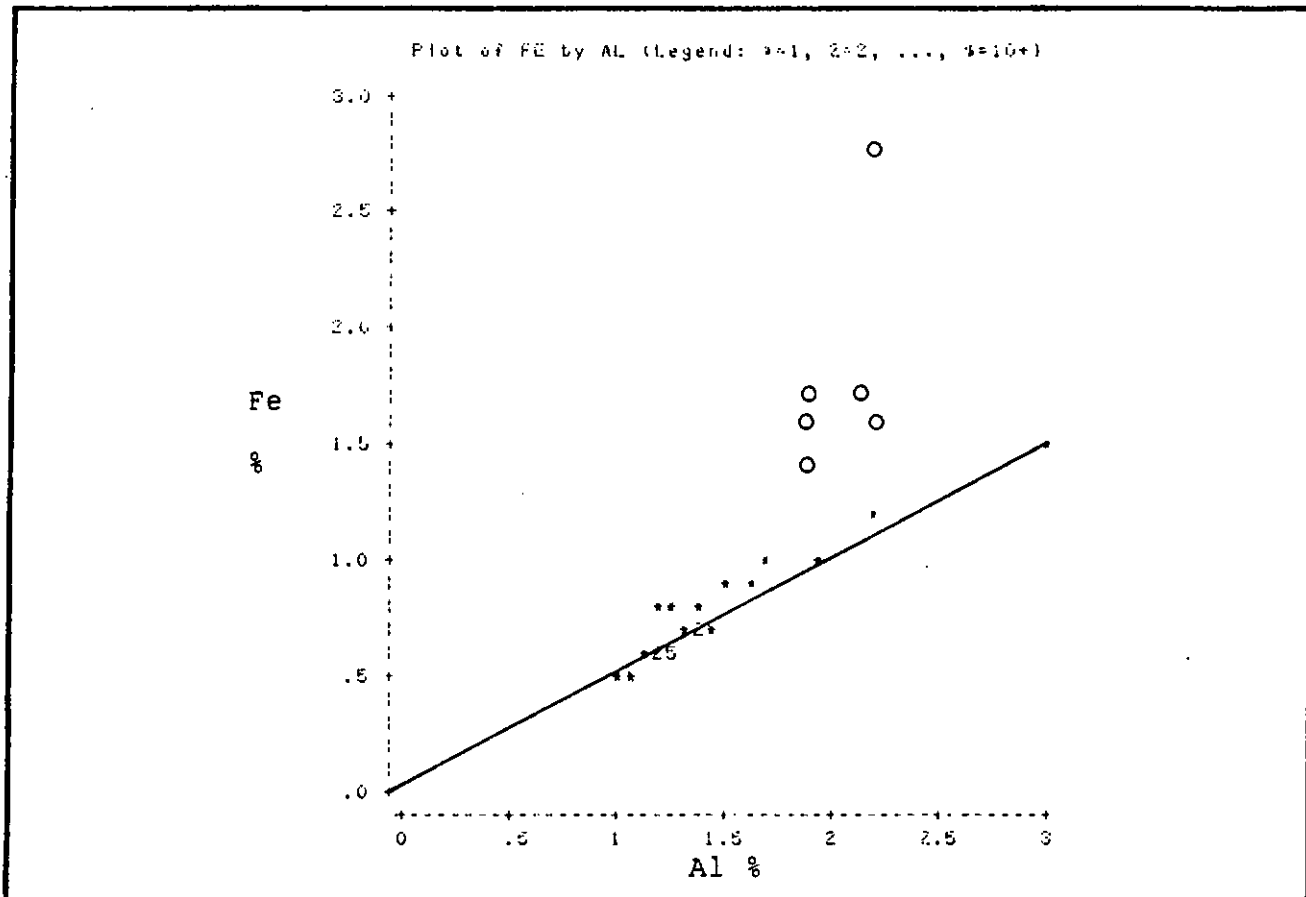


Fig. 4.10c.

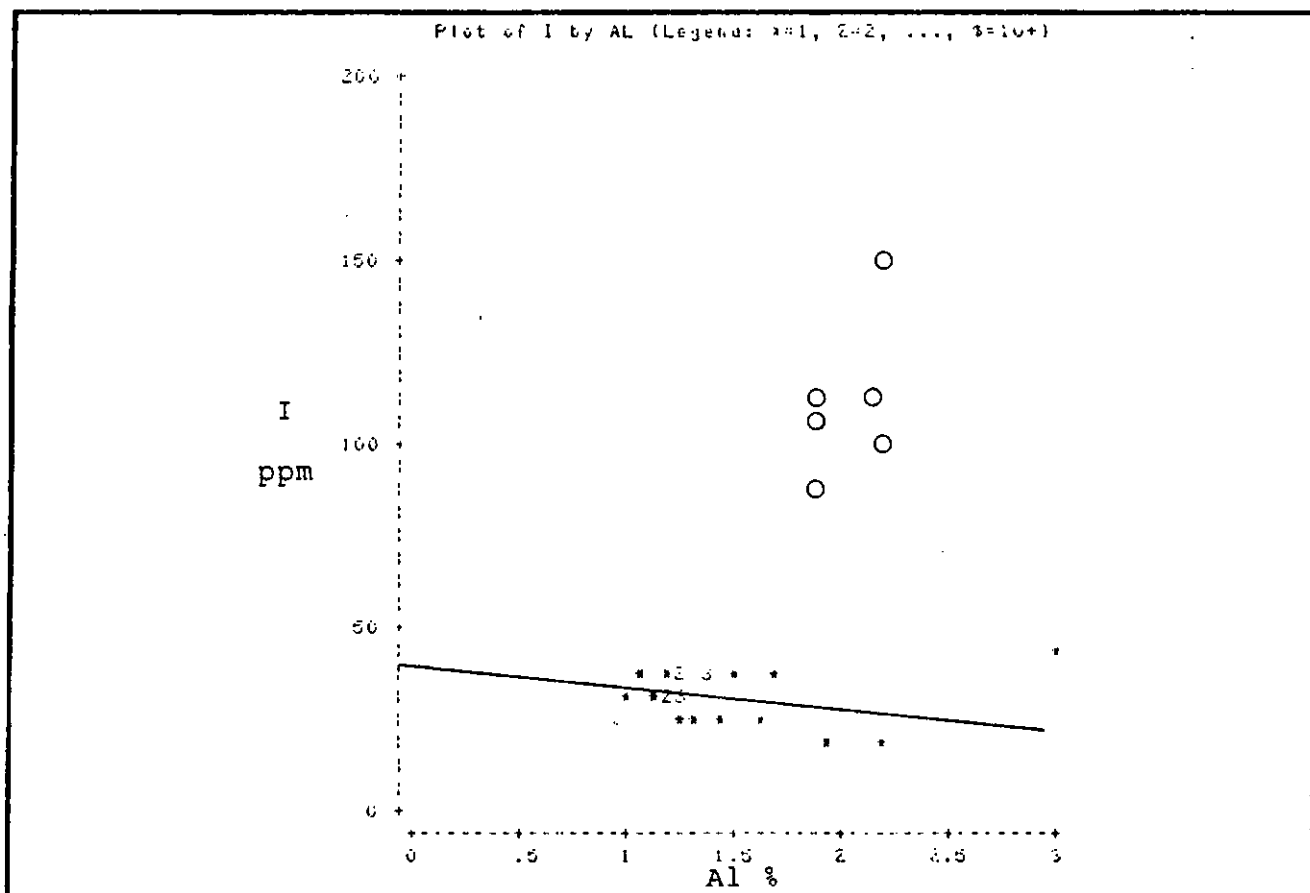


Fig. 4.10d.

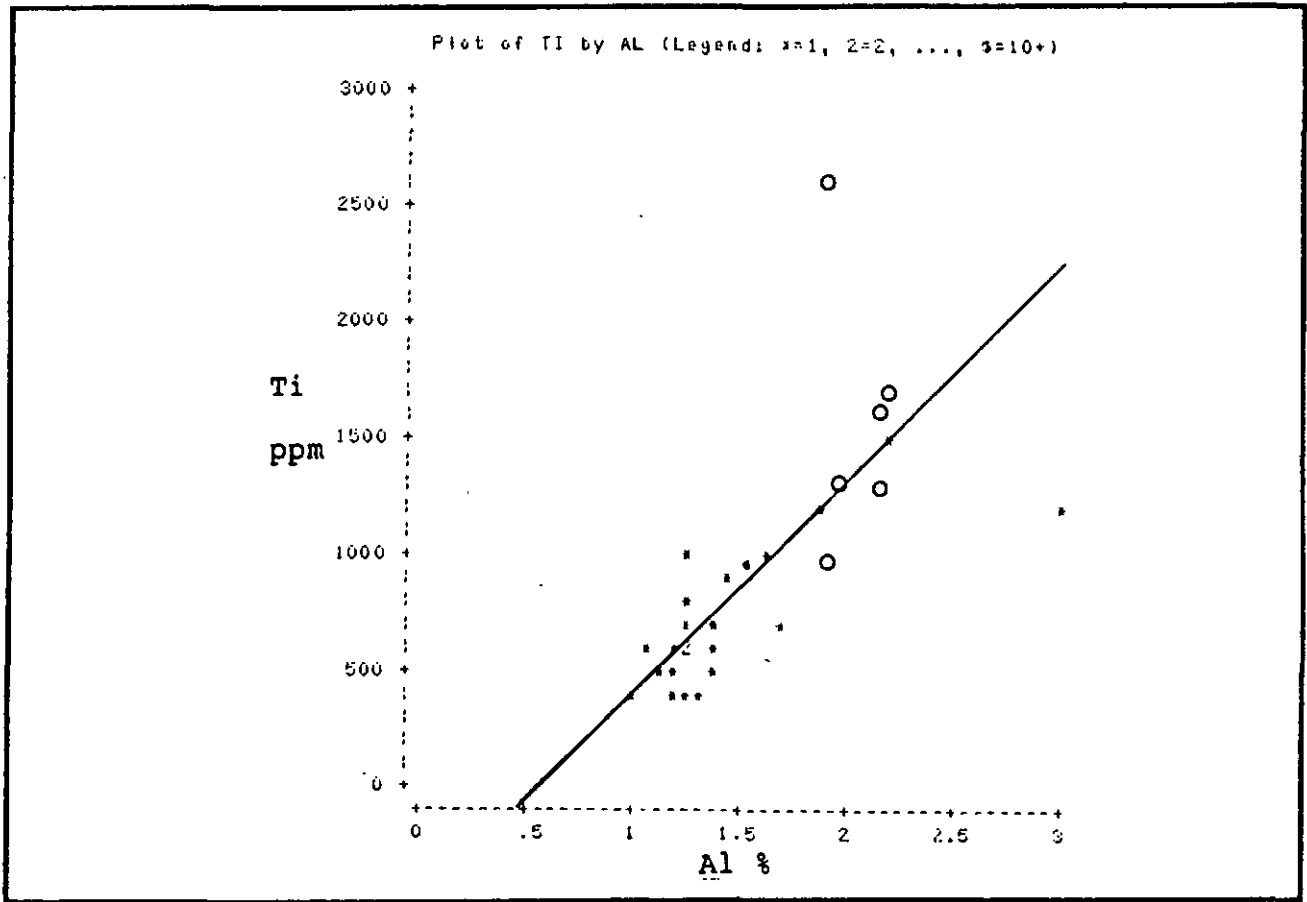


Fig. 4.10e.

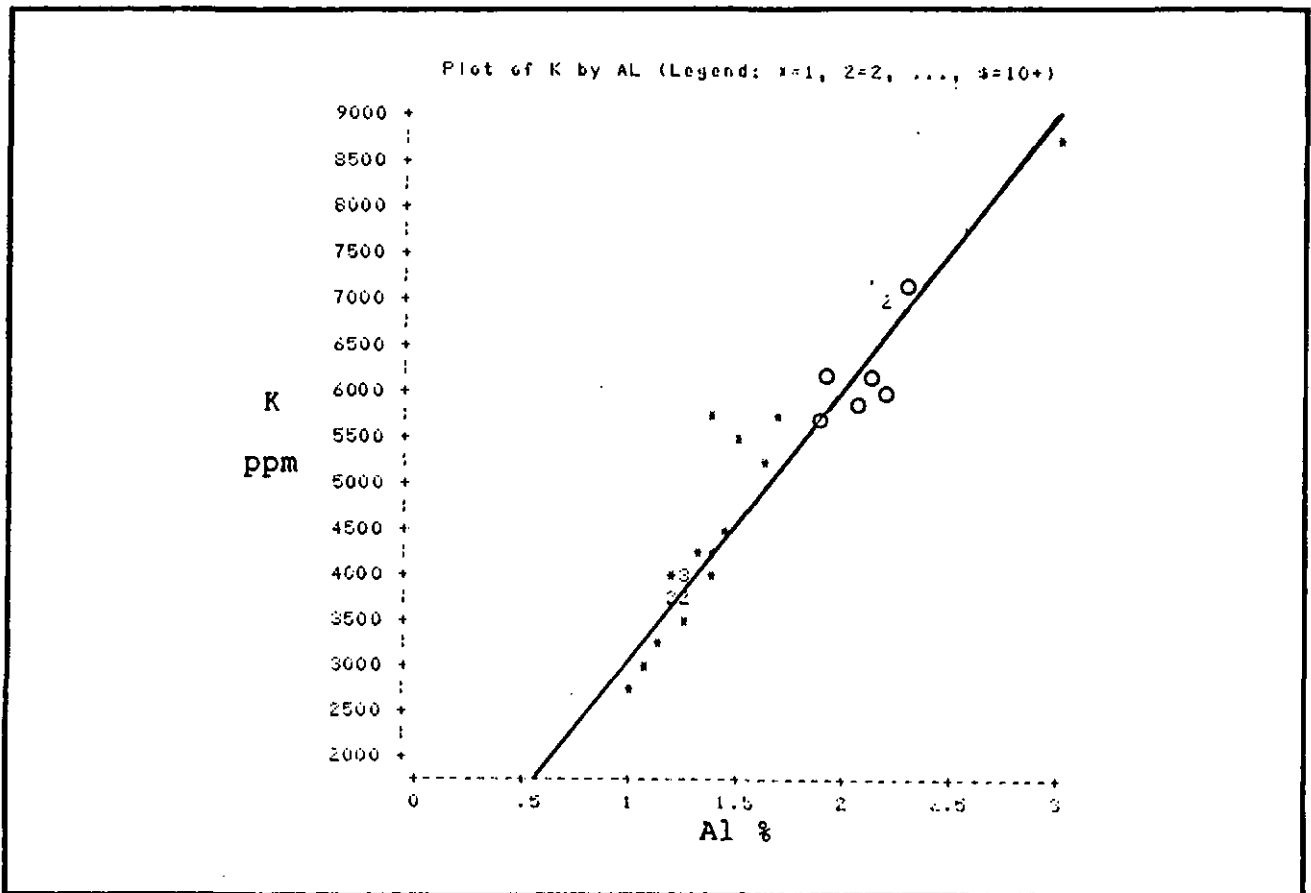
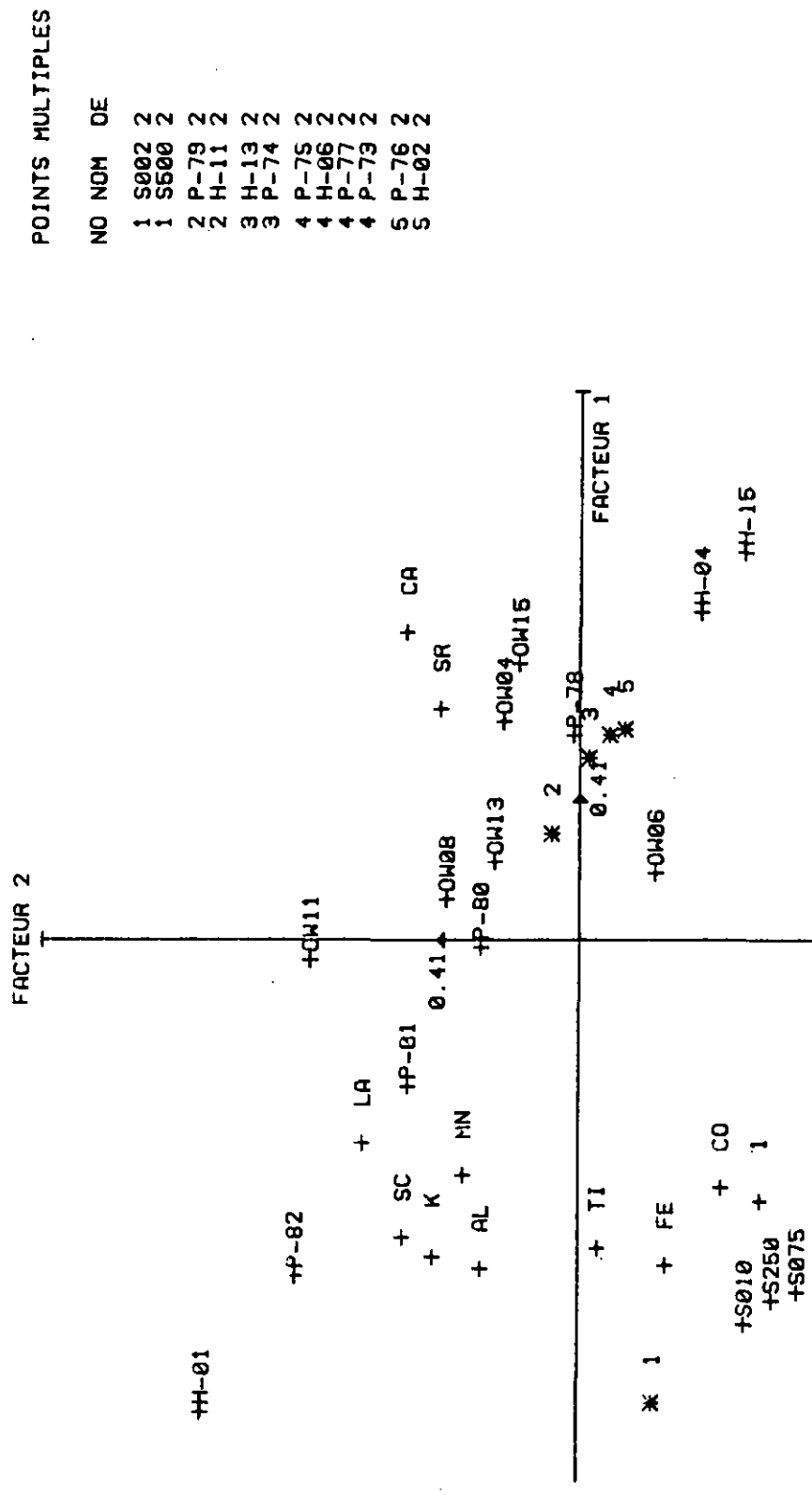


Fig. 4.10f.

Sediment.Ow. Suspensions / CP



POINTS MULTIPLES

NO	NOM	DE
1	S002	2
1	S500	2
2	P-79	2
2	H-11	2
3	H-13	2
3	P-74	2
4	P-75	2
4	H-06	2
4	P-77	2
4	P-73	2
5	P-76	2
5	H-02	2

Fig. 4.11.

Sediment.Ow.Suspensions / RN

POINTS MULTIPLES

NO	NOM	DE
1	S076	2
1	S250	2
2	AL	1
2	K	1
3	OM13	2
3	OM11	2
4	LA	1
4	P-74	2
5	MN	1
5	P-77	2

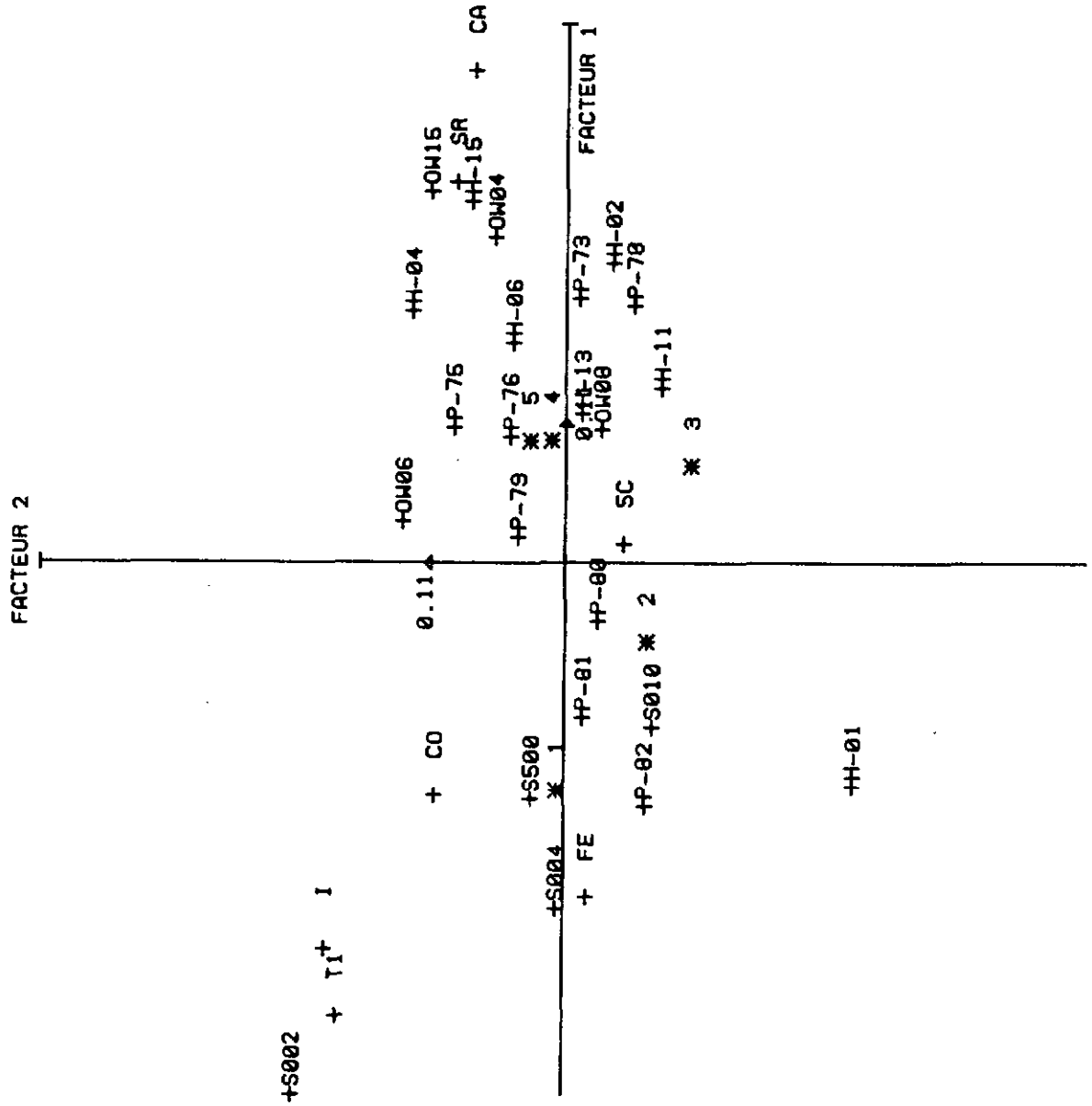


Fig. 4.12.

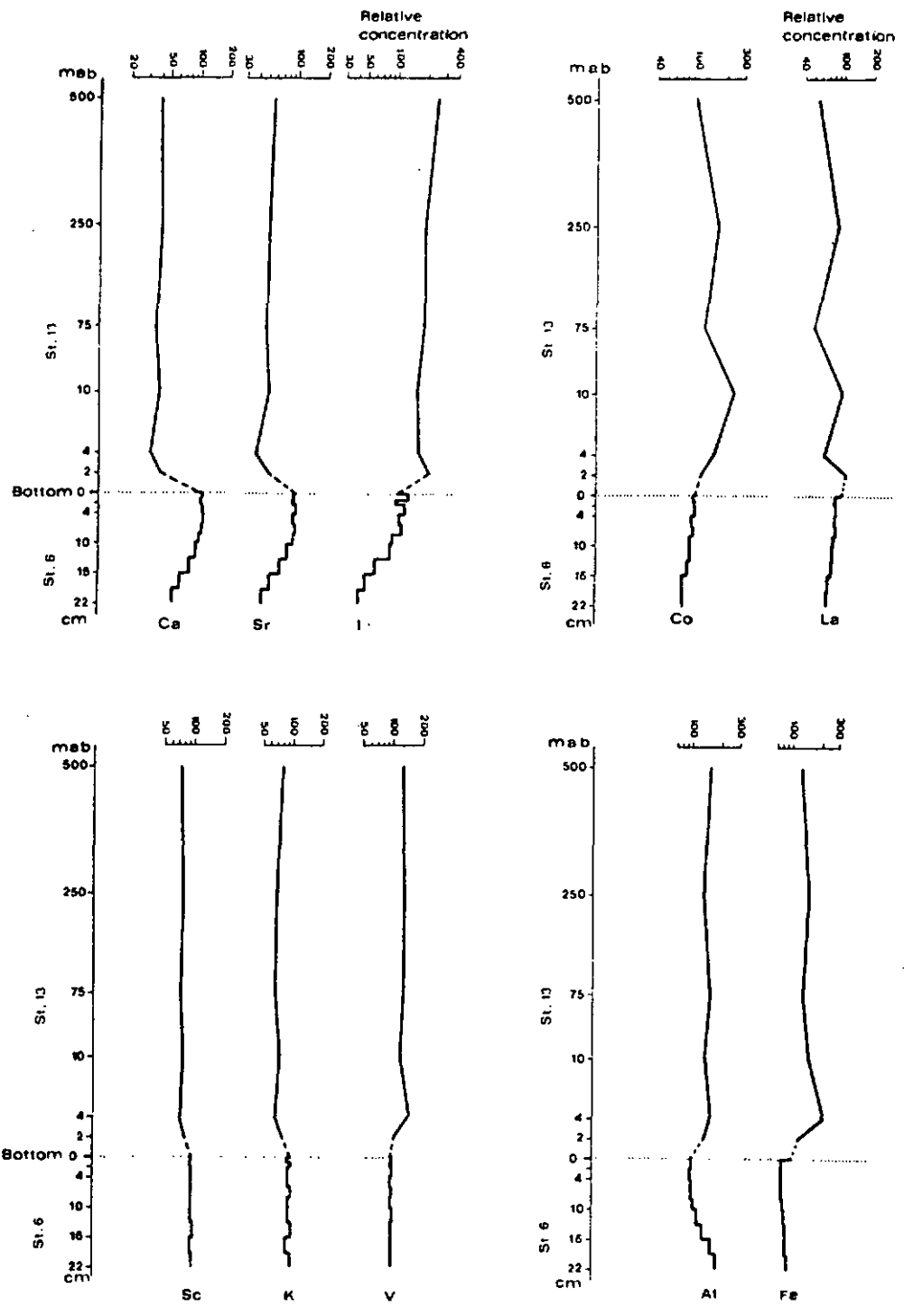


Fig. 4.13.

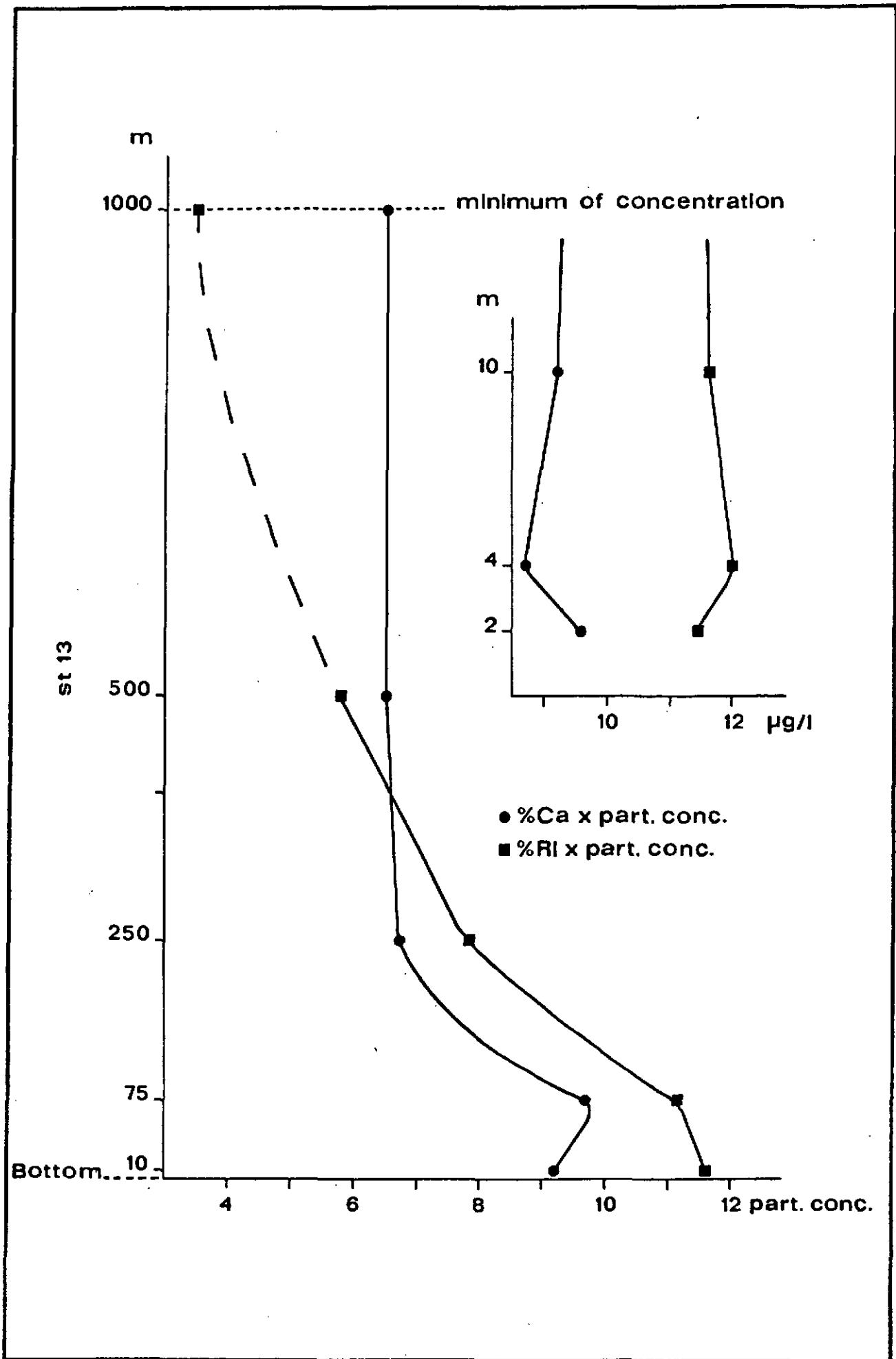


Fig. 4.14.

## CHAPITRE 4

Fig 4.1. Cumulative des particules de Na - montmorillonite du Wyoming séparée dans de l'eau désionisée à pH 7. Le 87% du poids des particules se trouve dans la fraction  $<2\mu\text{m}$ .

Fig 4.2. Distribution volume des particules de Na - montmorillonites. Le mode est à  $3.3\mu\text{m}$ .

Fig 4.3. Evolution de la concentration volume (ppb) et du nombre de particules/cm<sup>3</sup> (N/cm<sup>3</sup>) en fonction du temps de mesure. L'aggrégation est visible notamment pour l'atténuation 256 des échantillons Na - montmorillonite et VT11 (sédiment contenant des smectites). Similitude de l'évolution pour le quartz et l'échantillon B601 non - décarbonaté.

Fig 4.4. Evolutions des diamètres moyens en fonction du temps de mesure. Augmentation des diamètres moyen de l'échantillon VT11 et de la Na - montmorillonite pour les atténuations 4, 32 et 256 par aggrégation des particules. Pour le quartz, diminution des diamètres moyens. L'échantillon B601 montre un état intermédiaire entre le quartz et la Na - montmorillonite.

Fig 4.5a. Migration du mode par aggrégation des particules.

Fig 4.5b. La concaténation de deux séries de mesures avec les atténuations 4 et 256 crée artificiellement un mode  $8.5\mu\text{m}$ . Le rapport de concaténation est  $>2$ .

Fig 4.6. Types de masses d'eau déterminées sur Noamp et le DS en fonction de la salinité et de la température (in Nyffeler, 1984).

Fig 4.7. Profil de salinité (S), température (T) et néphélogétrie (C) sur Noamp (99) et au sud de Noamp (100). Présence d'une eau chargée en particules ( $30\mu\text{g/l}$ ) sur Noamp entre 1400 et 3000m. Les particules ont été transportées par l'eau du Labrador et commence à sédimenter. La concentration diminuent avec la profondeur. Les BNL sont peu importantes.

Fig 4.8. Profil composite de la granulométrie des suspensions en fonction de la bathymétrie.

En surface (5m), la distribution est unimodale indiquant une source éolienne. La distribution devient rapidement bimodale et reste bimodale jusqu'au "clear water minimum" (CWM). Entre 1000 et 2400m, l'eau du Labrador chargées en particules  $<2\mu\text{m}$  se surimpose à la sédimentation depuis la surface (fig 4.8, 99). Le mode à  $15\mu\text{m}$  est ainsi altéré par le nombre des particules  $<2\mu\text{m}$ . Du CWM au fond, la mise en suspension des particules fines contribue à rendre la distribution unimodale (mab = mètres au - dessus du fond).

Fig 4.10. Nombre de particules / cm<sup>3</sup> et concentration volume (Vp ppb) selon des diamètres de particules (1.5 - 30µm, 1.5 - 8.5µm, 8.5 - 30µm) en fonction de la bathymétrie. La diminution de particules et de la concentration de la surface au CWM est bien marquée. La BNL est due essentiellement à la resuspension des particules 1.5 - 8.5µm. L'influence de l'eau du Labrador est effective sur tout le spectre granulométrique. Le diamètre moyen (Dm) souligne la forte contribution des particules <2µm au maximum de concentration de l'eau du Labrador (2400m).

Fig 4.10a. Comparaisons des éléments dans le sédiment et dans les suspensions dosés par activation neutronique. L'Al est en excès par rapport au Ca dans les suspensions. La droite représente la régression Al/Ca dans le sédiment. Les suspensions sont symbolisées par des cercles.

Fig 4.10b. Le Sr est en excès par rapport au Ca dans les suspensions. La droite représente la régression Ca/Sr dans le sédiment.

Fig 4.10c. Le Fe est en excès par rapport à l'Al dans les suspensions. La droite représente la régression Al/Fe dans le sédiment. Le Fe est surtout lié aux phyllosilicates.

Fig 4.10d. Le I est en excès par rapport à l'Al dans les suspensions. La droite représente la régression Al/I dans le sédiment. La matière organique lie les particules entre elles et forment des agrégats.

Fig 4.10e et 4.10f. Ti, K, Al covarient. Les suspensions apparaissent être de même composition que le sédiment.

Fig 4.11. Analyses ACP. H = surface du sédiment; P = profil vertical dans le sédiment; OW = eau surnageante; S = suspensions. Les profils H et OW montrent l'enrichissement avec la bathymétrie (H-15 à 4000m; H-01 à 4800m). Le profil P montre la même évolution (P-73, 0.5cm; P-82, 20.5cm). Les suspensions sont proches du pôle riche en matière organique (I) et en phyllosilicates (Fe).

Fig 4.12. Analyses AFC. H = surface du sédiment; P = profil vertical dans le sédiment; OW = eau surnageante; S = suspensions. Mêmes commentaires que pour l'ACP (fig 4.13).

Fig 4.13. Profil vertical. Les concentrations des suspensions et du sédiment de chaque éléments sont normalisées par rapport au même élément de l'eau surnageante de la station 13. Les variations de concentration sont faibles. Sr et Ca diminuent jusqu'à 4m au - dessus du fond pour augmenter jusqu'au sédiment. Les autres éléments augmentent avec la bathymétrie. Près du fond, ils sont dilués par la resuspension des carbonates.

Fig 4.14. Concentrations en Ri et CaCO<sub>3</sub> calculées à partir des données géochimiques et néphélogométriques. La BNL du Ri (1000m) est 4x plus épaisse que la BNL des CaCO<sub>3</sub> (250m).

## CHAPITRE 5

- DISSOLUTION
- LES FLUX

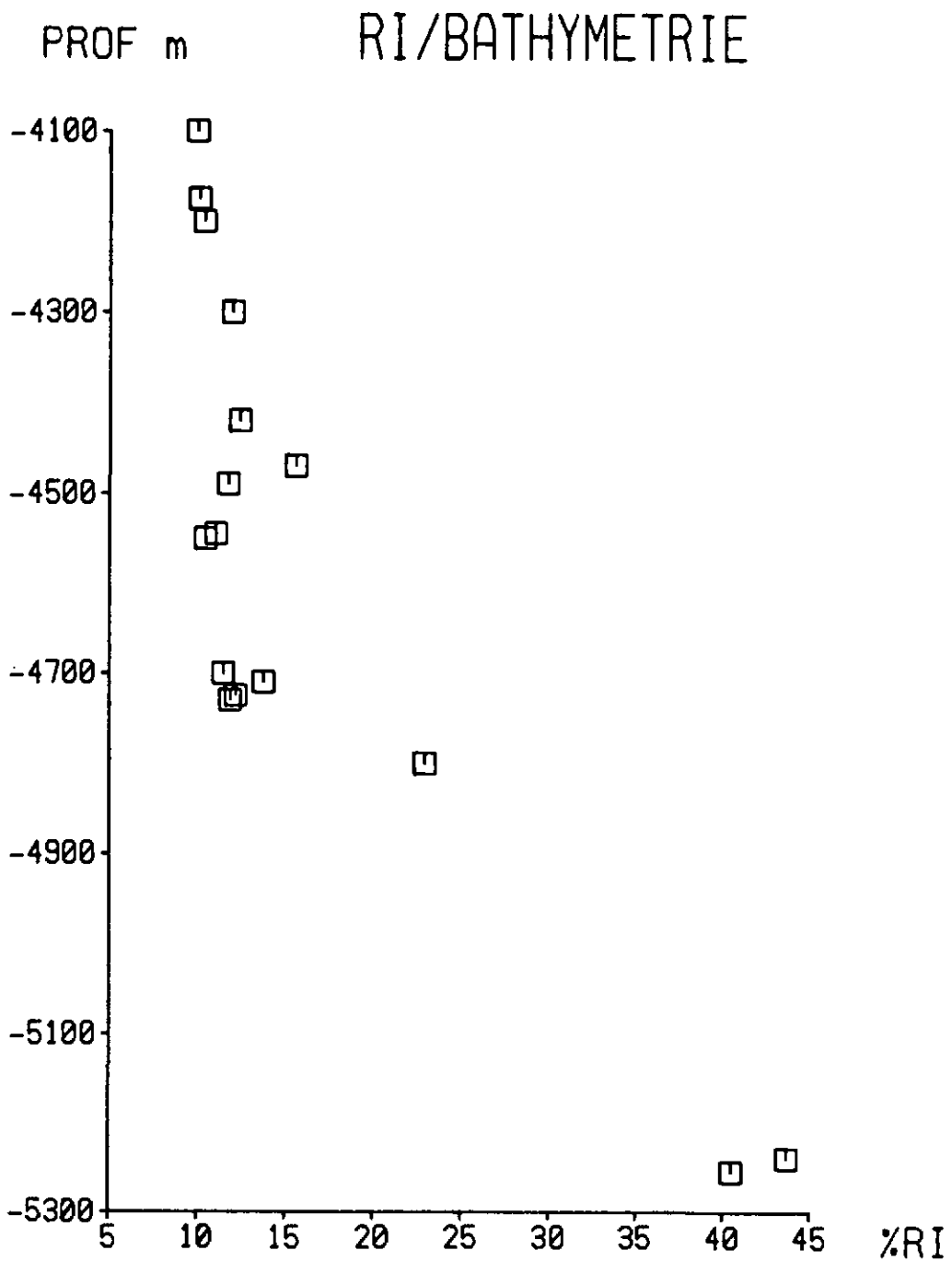


Fig. 5.1.

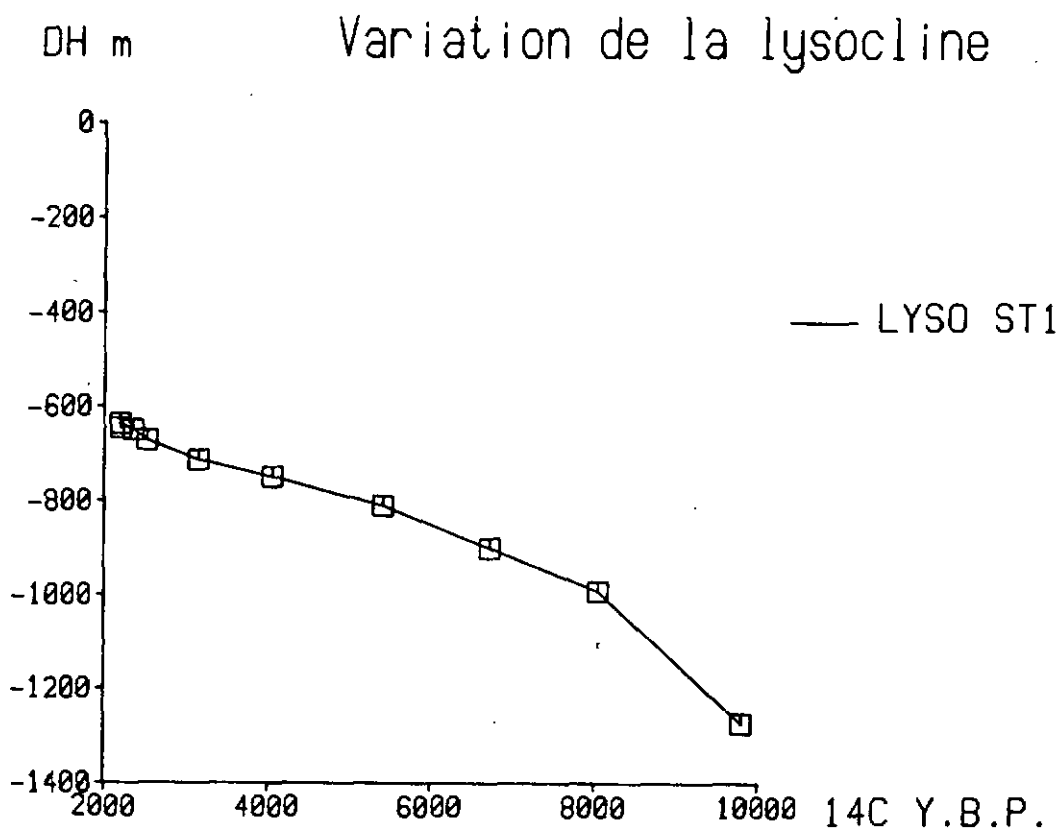
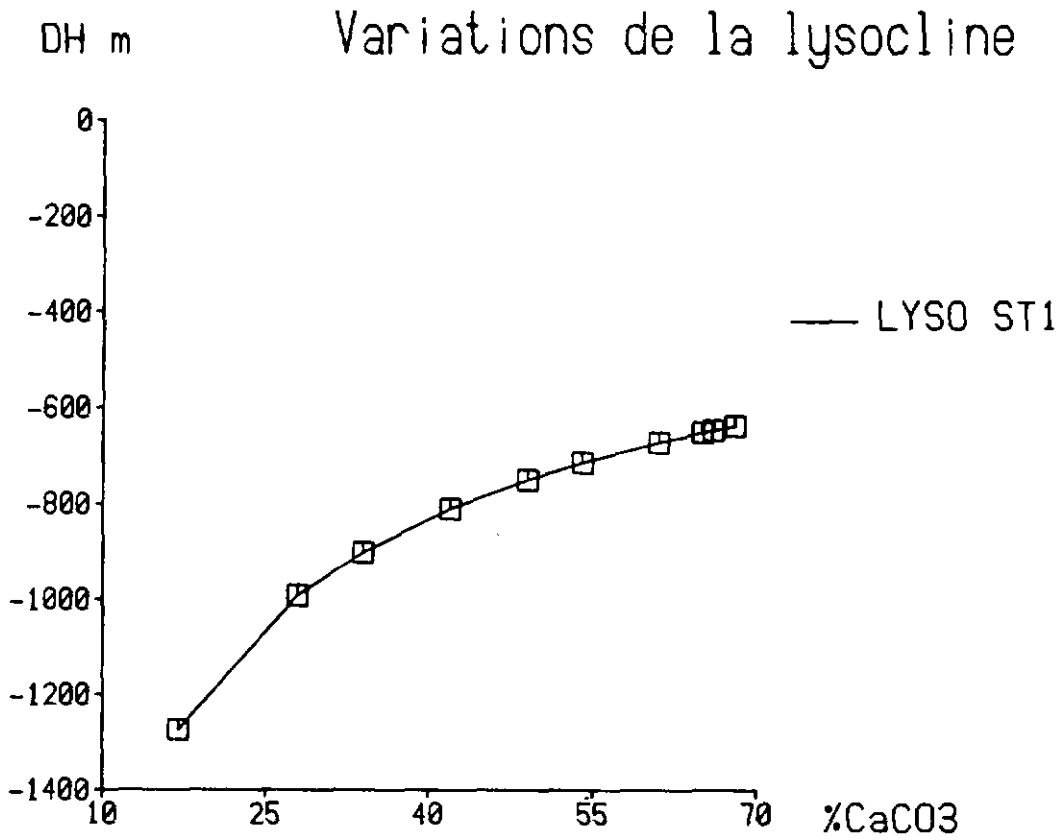
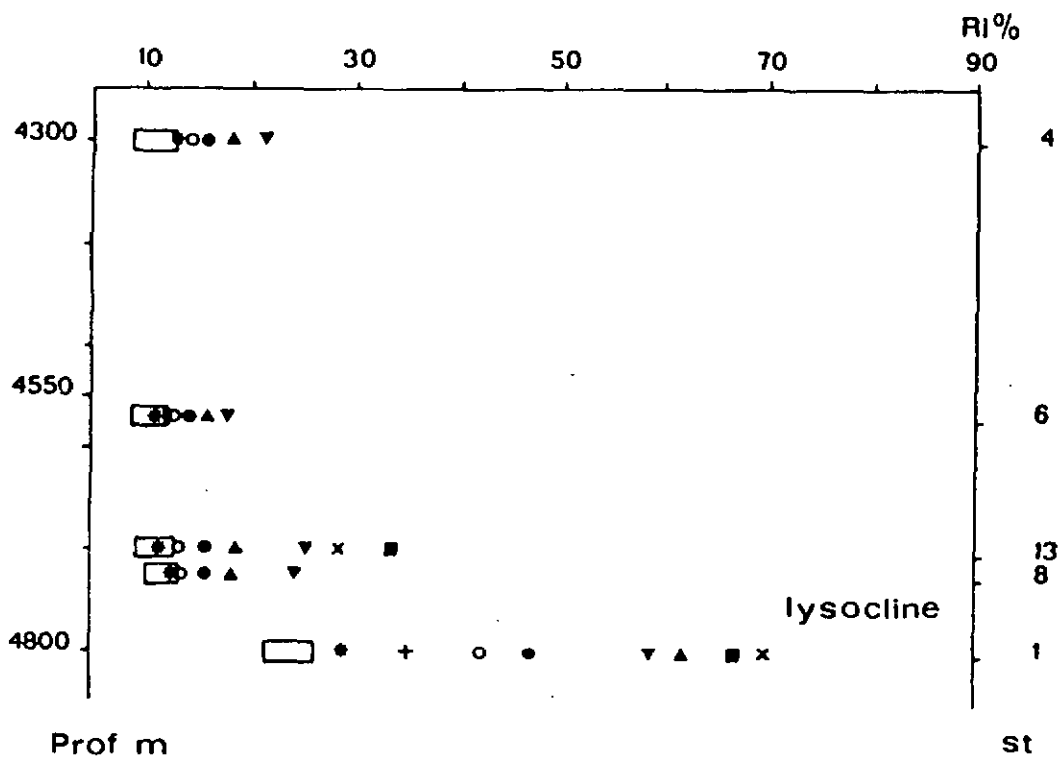


Fig. 5.2.



□ Prof carotte 0-6cm

- \* 8
- + 10
- 13
- 16
- ▲ 19
- ▼ 22
- × 25
- 28

Fig. 5.3.

g/cm<sup>2</sup>.1000y TALUS/TAC

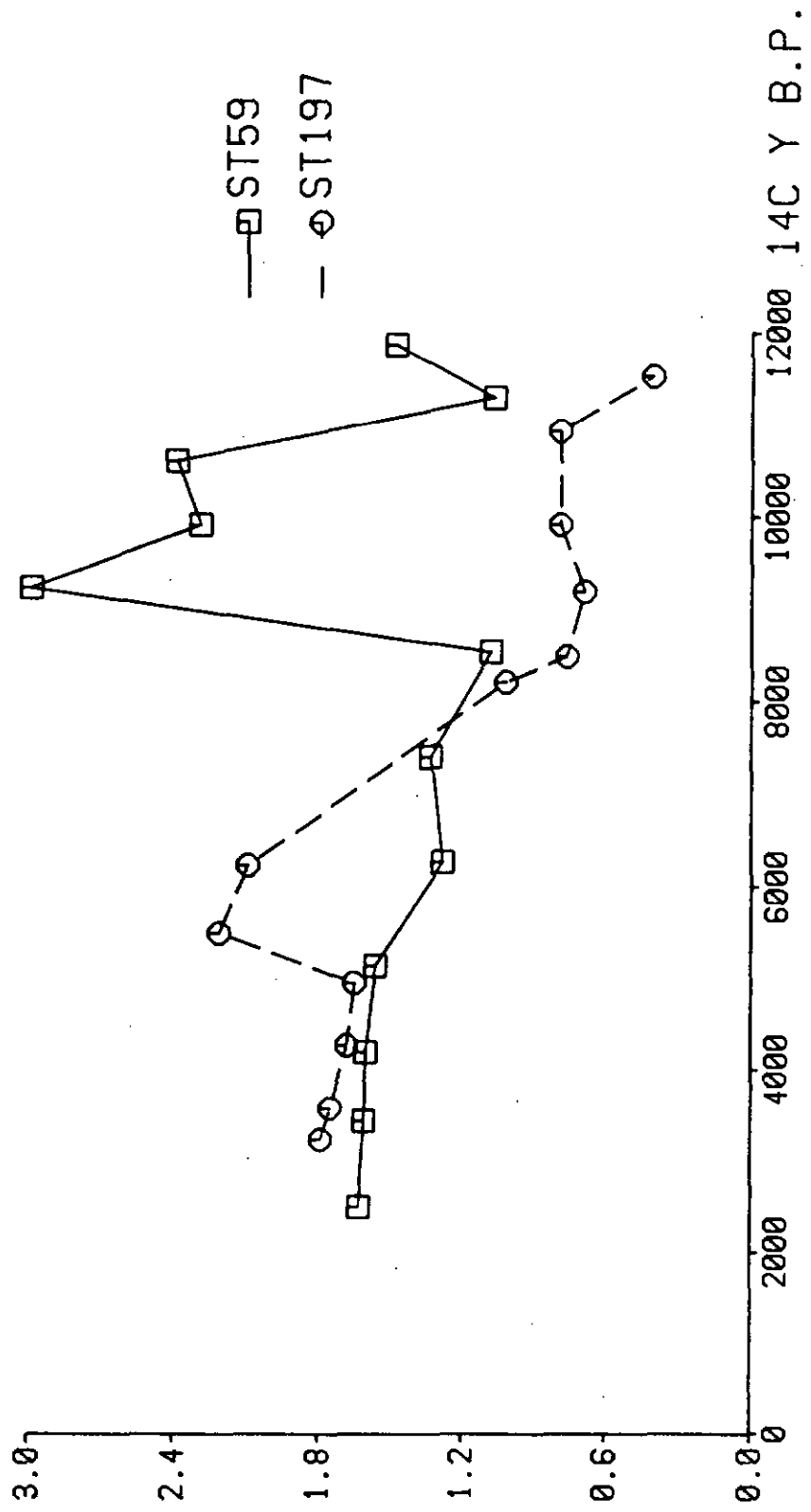


Fig. 5.4.

g/cm<sup>2</sup>/1000y STATIONS DE PLAINE/TAC

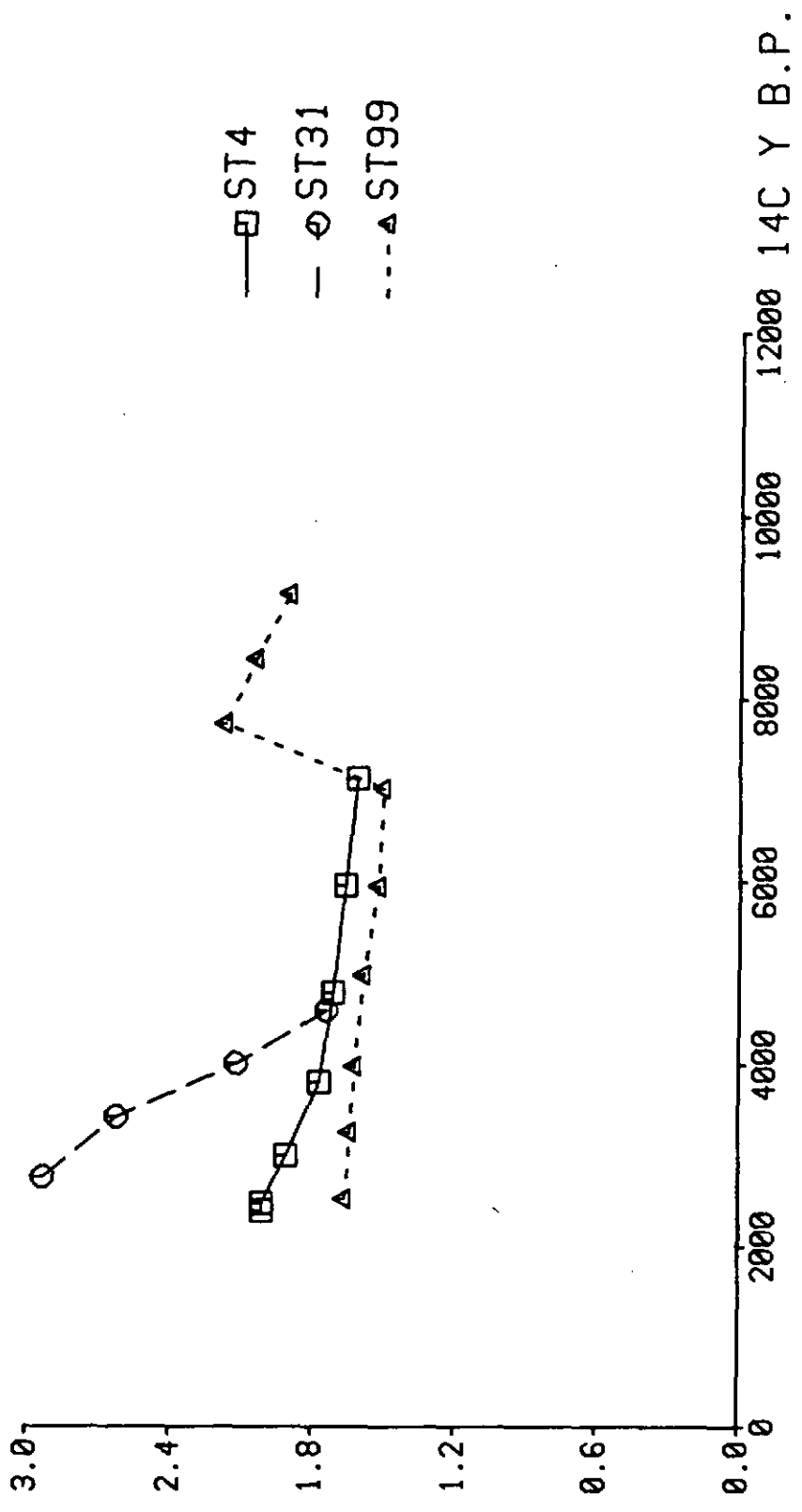


Fig. 5.5.

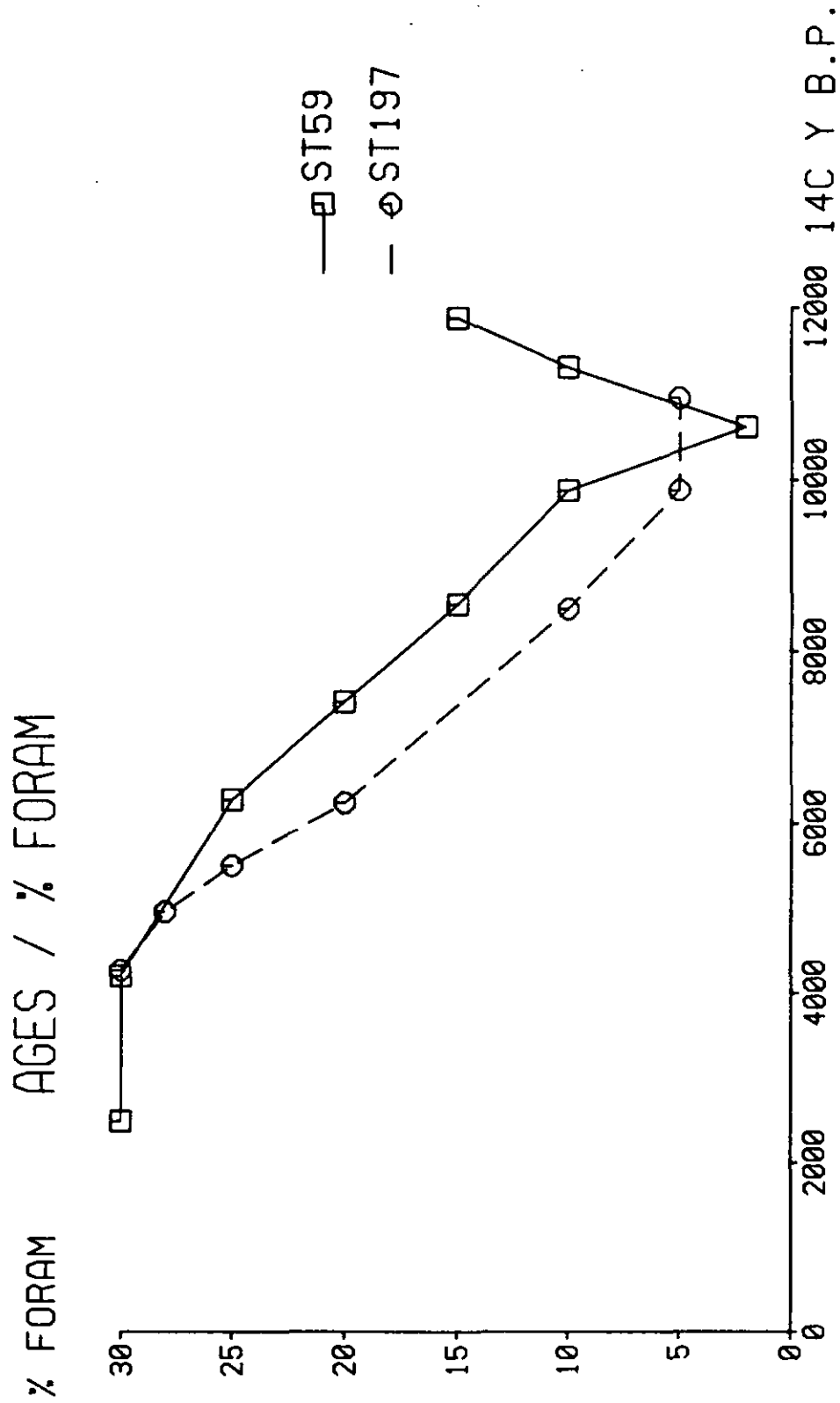


Fig. 5.6.

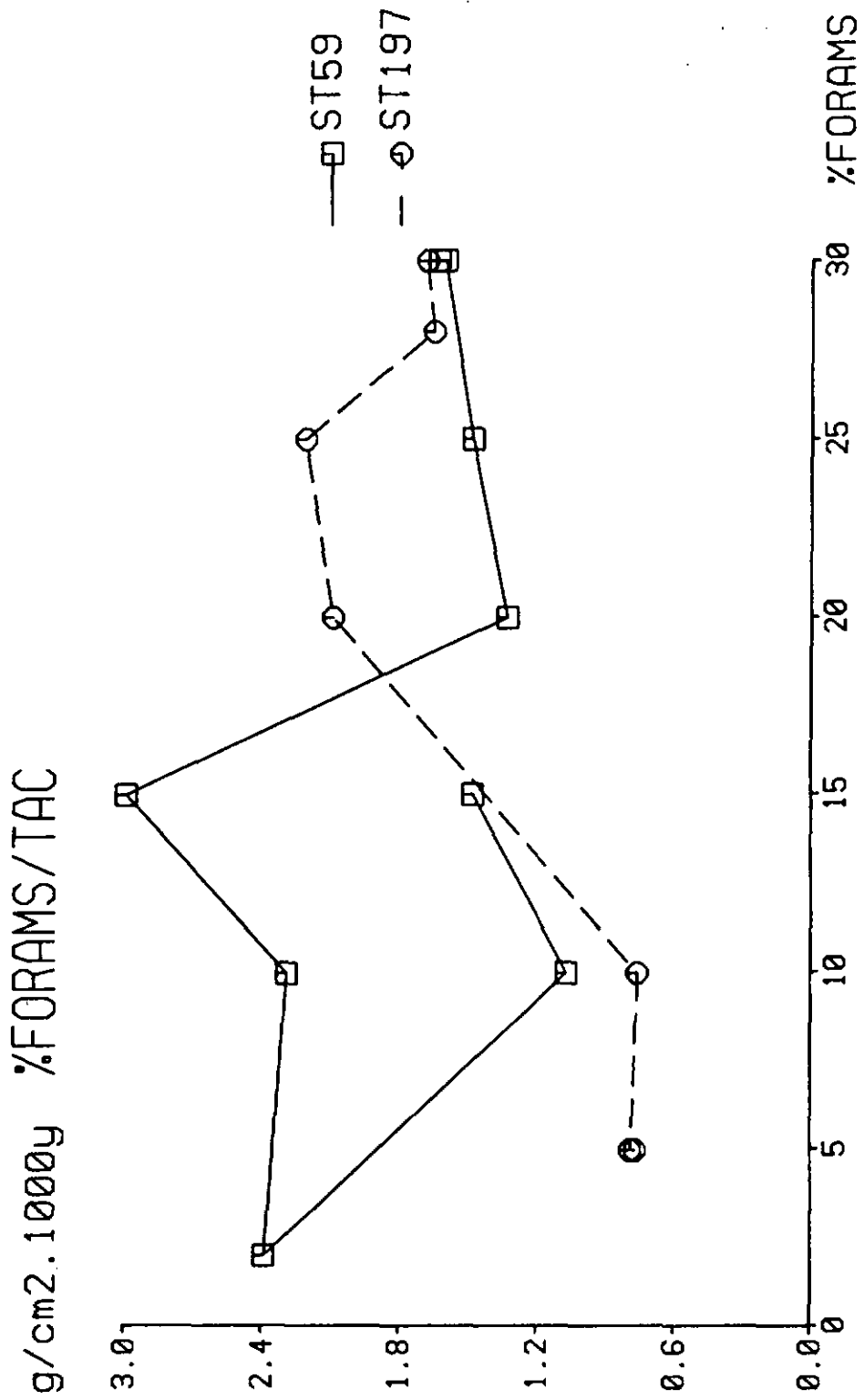


Fig. 5.7.

g/cm<sup>2</sup>.1000y Flux CaCO<sub>3</sub> biogenique

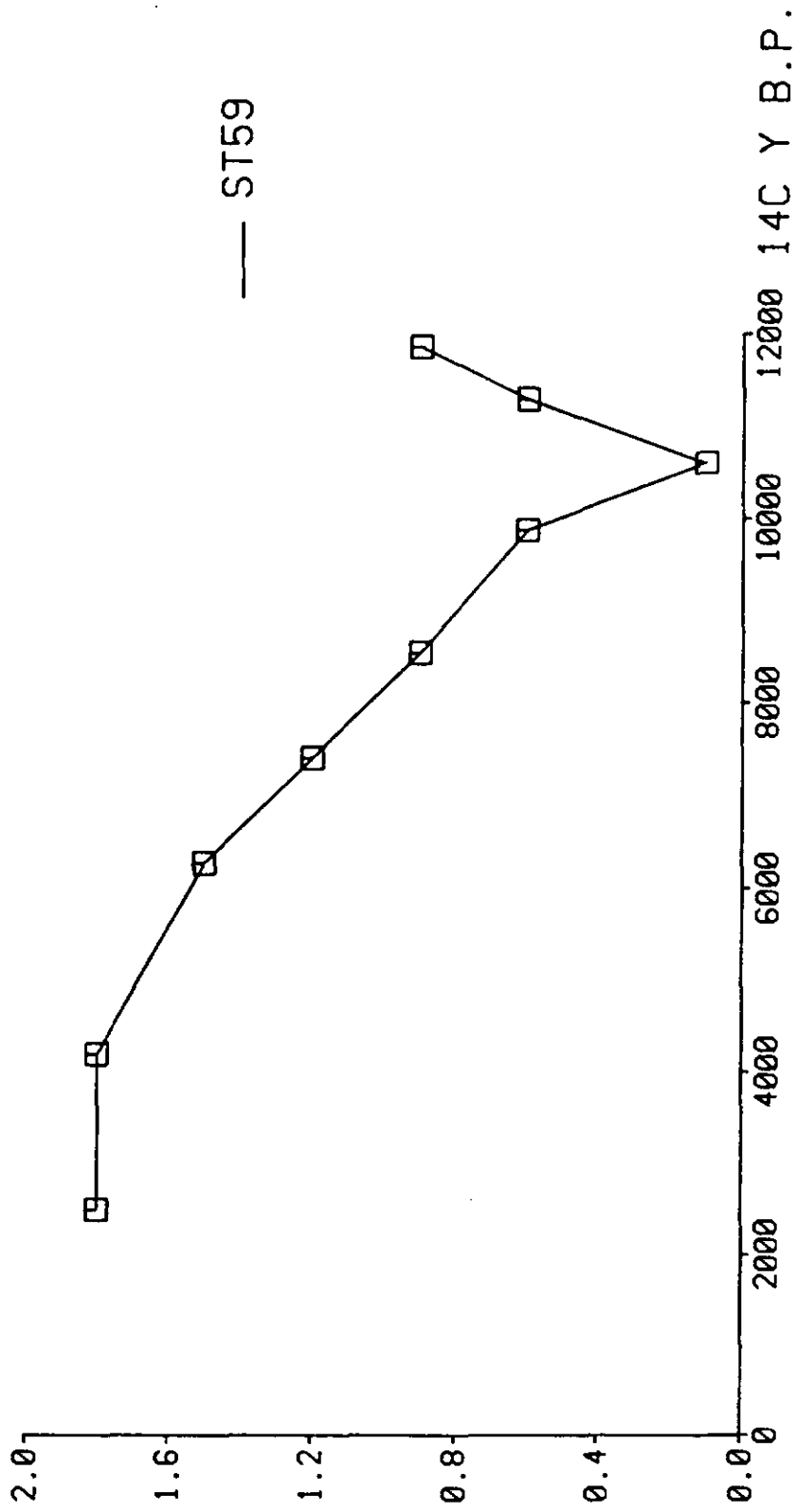


Fig. 5.8.

g/cm<sup>2</sup>.1000y Flux CaCO<sub>3</sub> detritique

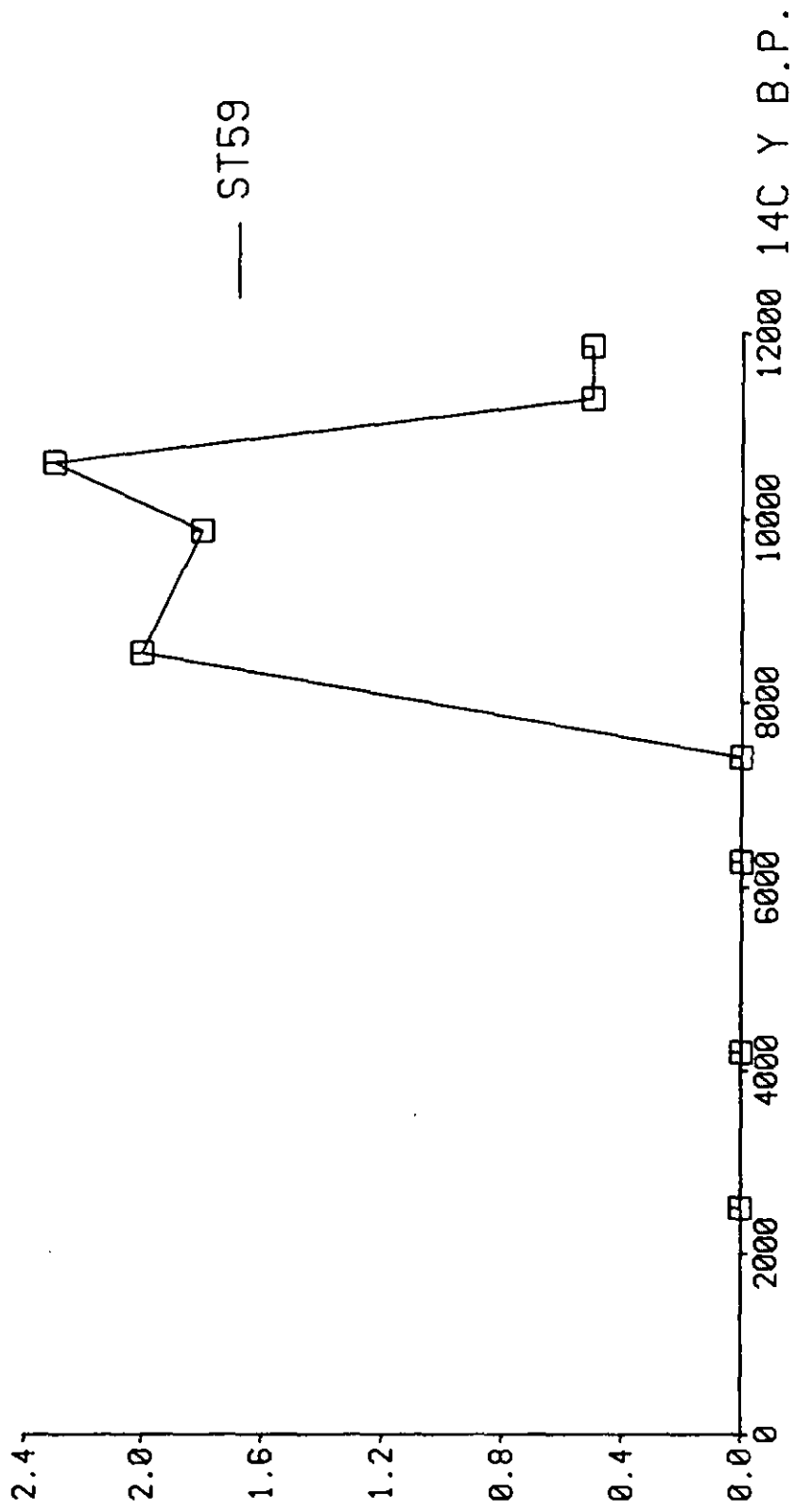


Fig. 5.9.

# TALUS/TARI

g/cm<sup>2</sup>.1000y

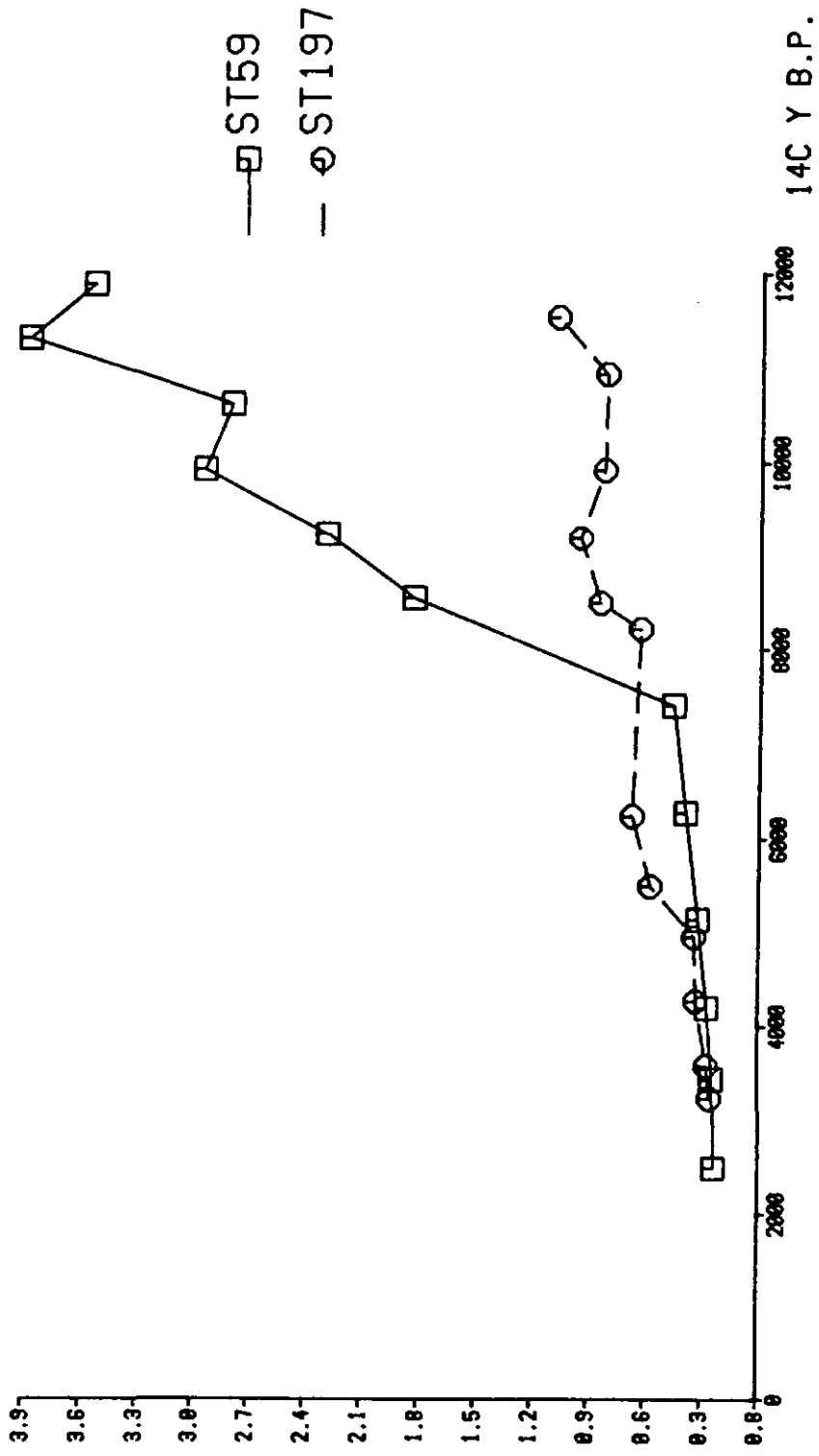


Fig. 5.10a.

# g/cm<sup>2</sup>.1000y STATIONS DE PLAINE/TARI

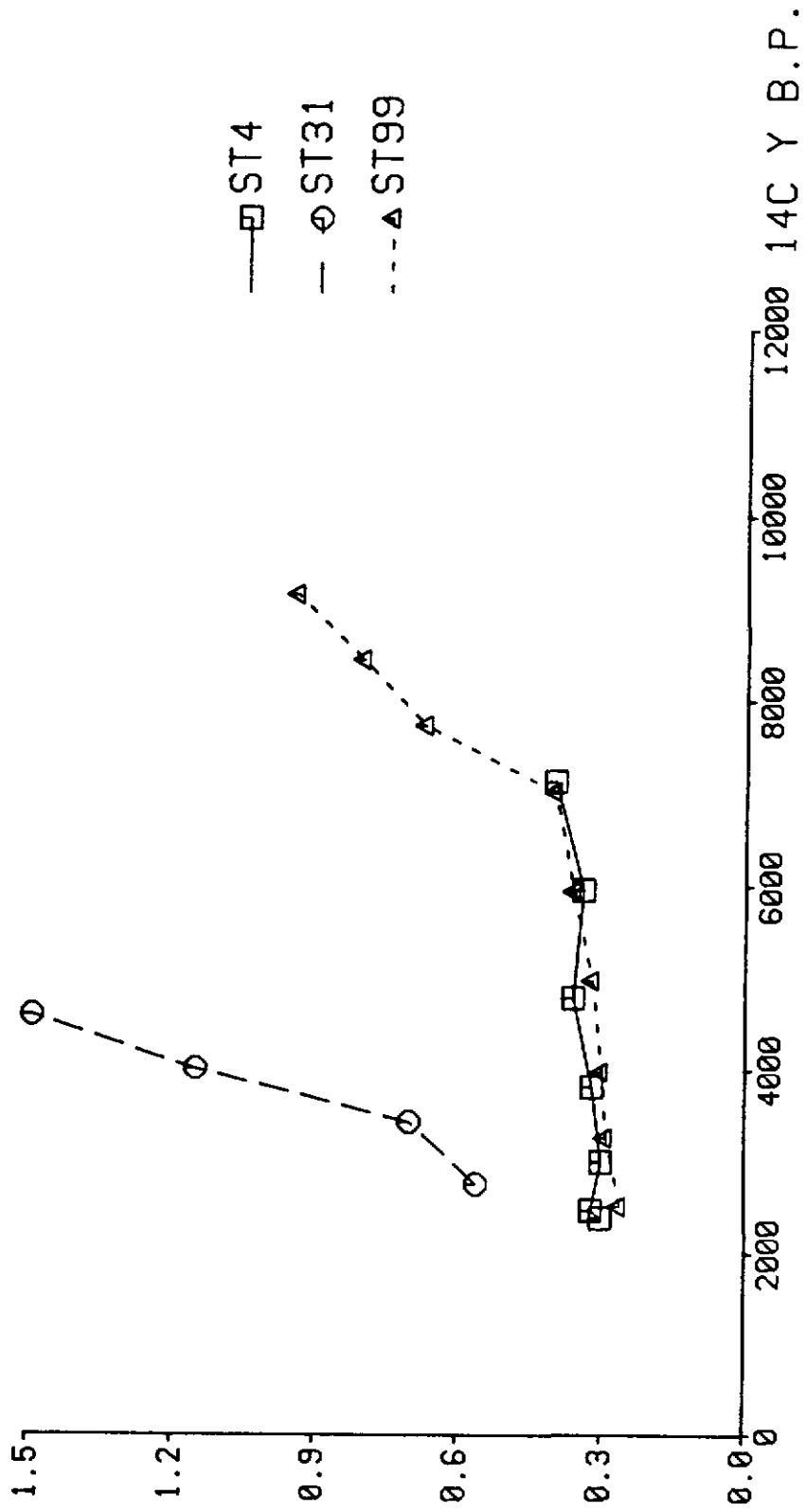
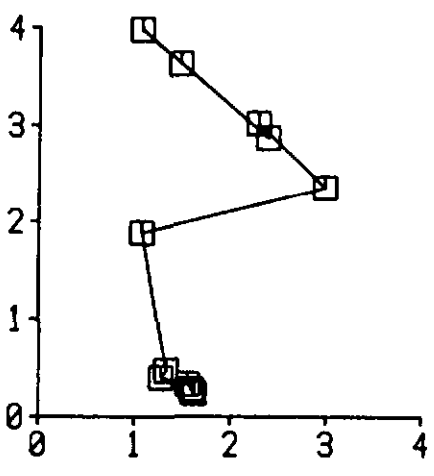
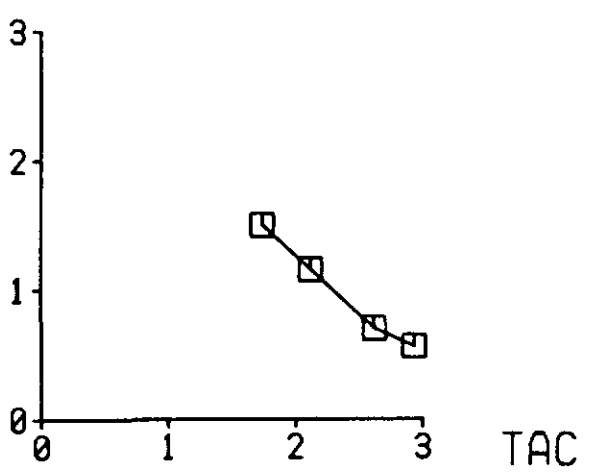


Fig. 5.10b.

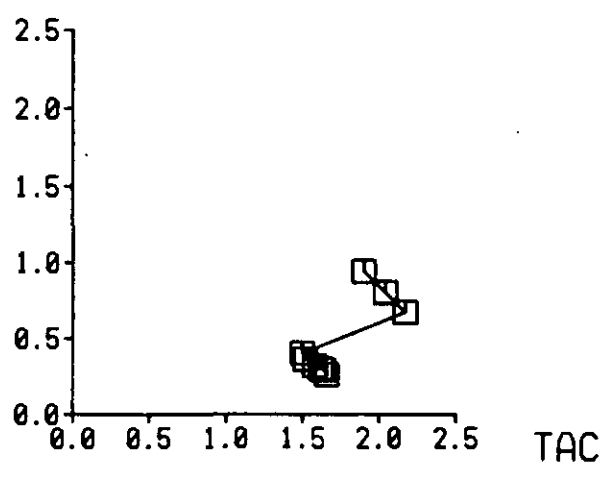
TARI ST59



TARI ST31



TARI ST99



TARI ST1

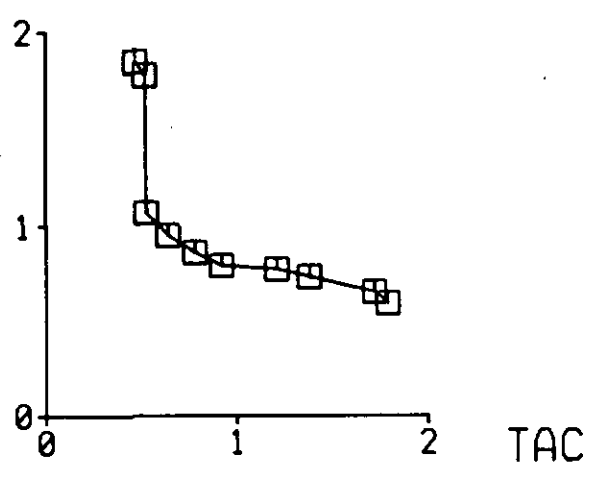


Fig. 5.11.

## CHAPITRE 5

Fig 5.1. Teneur en Ri des échantillons de surface représentés en fonction de la bathymétrie. A des profondeurs proches de la lysocline (entre 4700 et 4800m), la position des carottes (plaines, montagnes et talus) a plus plus d'influence sur le Ri que la dissolution.

Fig 5.2. Variations théoriques de la lysocline calculées sur la carotte 1 depuis 10300 ans si la teneur en  $\text{CaCO}_3$  n'était déterminée uniquement par la dissolution.

Fig 5.3. Variation du Ri en fonction de la bathymétrie et des niveaux d'échantillonnage. Les niveaux, identiques en chaque station, montrent des rapport de variations semblables.

Fig 5.4 et 5.5. Les taux d'accumulation carbonatés (TAC) augmentent généralement depuis 12.000 ans. Pour certaines carottes (99 et 59) les taux d'accumulation des carbonates sont plus forts entre 11.000 et 8000 ans.

Fig 5.6. Variations des pourcentages de foraminifères estimés en lames minces.

Fig 5.7. La droite PCB représente la production carbonatée biogénique.

Fig 5.8. Flux carbonaté biogénique. Le flux atteint un minimum lors de Dryas III (10700 ans).

Fig 5.9. Les apports détritiques carbonatés cessent depuis 7500 ans.

Fig 5.10. Diminutions générales des flux du résidu insoluble. (TARI: taux d'accumulation du Ri).

Fig 5.11. Dilution des carbonates par le matériel détritique terrigène insoluble.

## Planche photographique

Photo 1. La fraction  $>36\mu\text{m}$  est représentée essentiellement par des foraminifères et des radiolaires. Les foraminifères ne montrent aucune trace de dissolution (station DS 99, 4710m, échantillon de surface).

Photo 2. Effets de la dissolution sur les foraminifères de la station de la plaine abyssale ibérique 383 à 5250m de profondeur. Il ne reste aucun test entier de foraminifères.

Photo 3. Filtration d'eau de mer. La matière organique lie la plupart des particules fines. Dans la fraction  $>10\mu\text{m}$ , on voit une particule de quartz et une diatomée. Dans la fraction  $<2\mu\text{m}$ , les particules sont des phyllosilicates (st 43, Noamp, 2000m de profondeur).

Photo 4. Particules de l'eau surnageante dépourvues de matière organique. Les phyllosilicates et les coccolithes sont fortement susceptibles d'être mis en suspension (st 4, DS, 4300m).

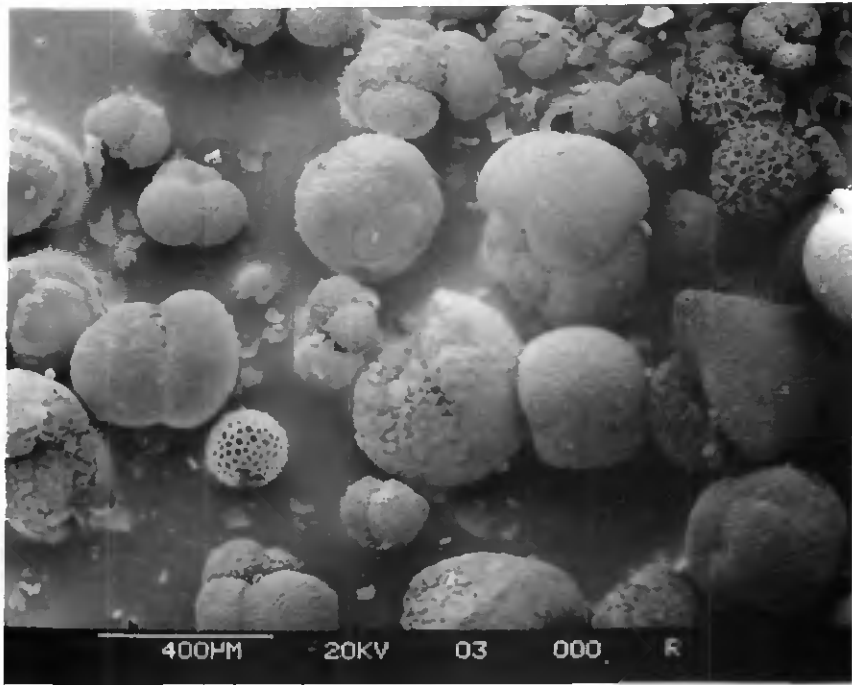


Photo 1

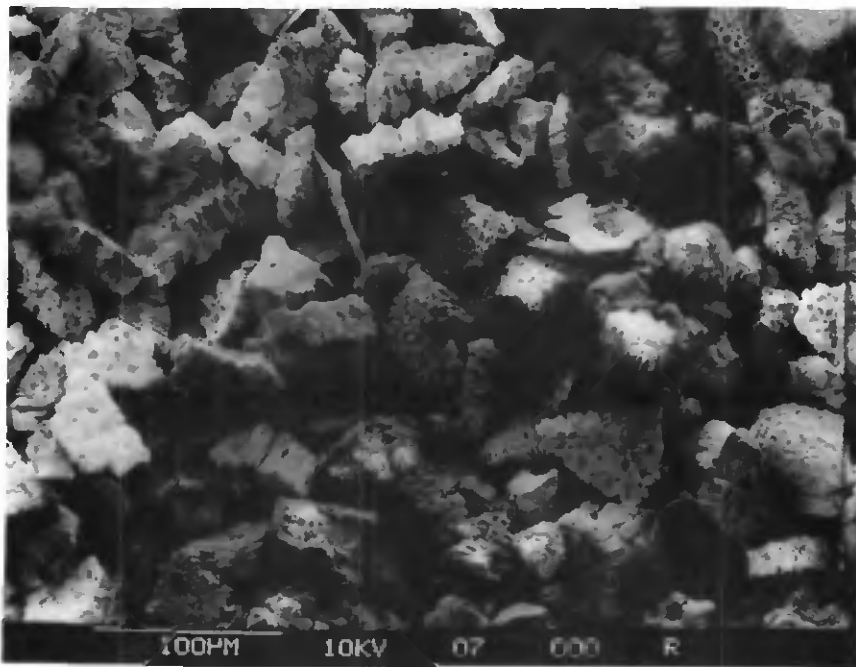


Photo 2

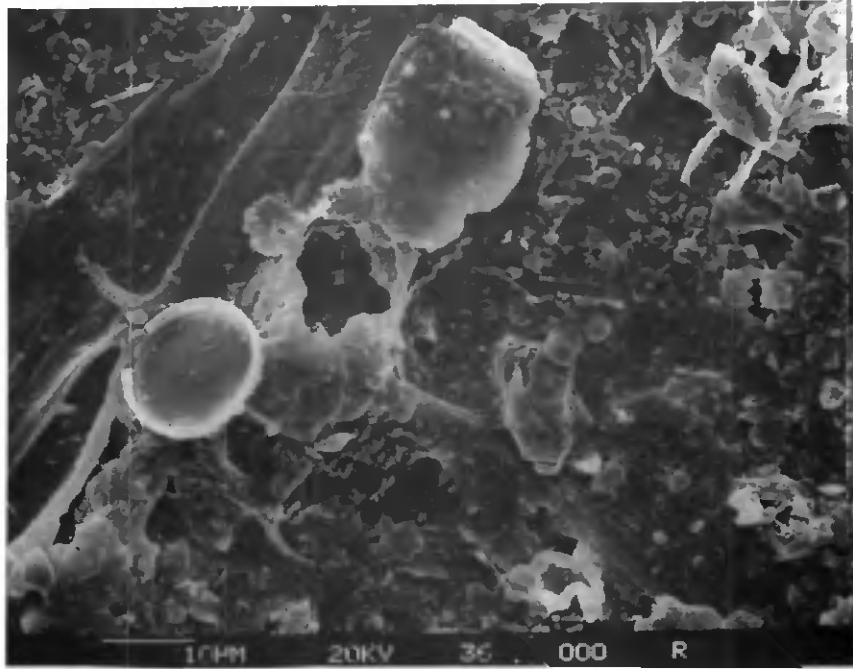


Photo 3

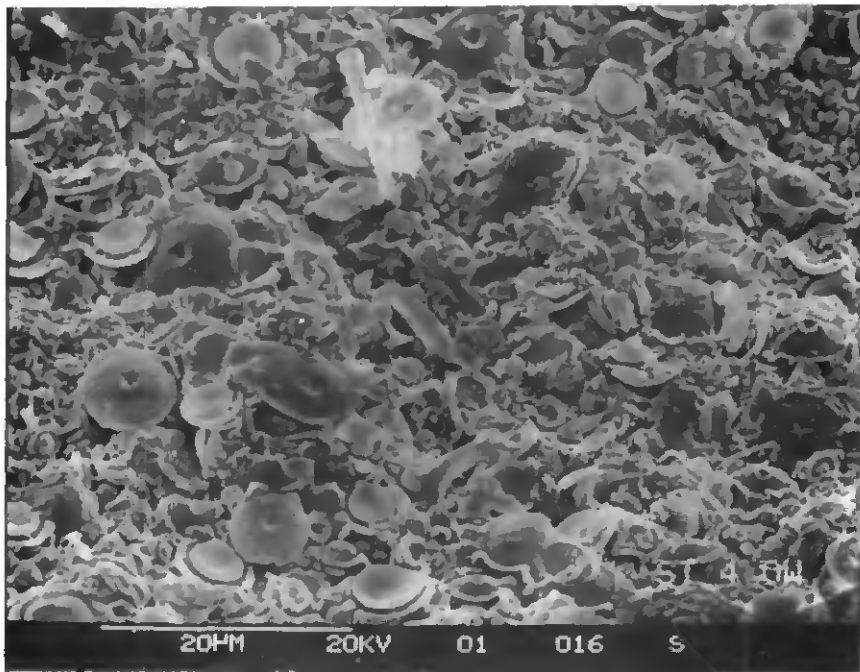


Photo 4