

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

THÈSE PRÉSENTÉE À  
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI  
COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DU DOCTORAT EN RESSOURCES MINÉRALES  
OFFERT À  
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL  
EN VERTU D'UN PROTOCOLE D'ENTENTE  
AVEC L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI

PAR  
SYLVAIN VALLIÈRES

FLUX D'URANIUM ET EXCÈS DE  $^{230}\text{Th}$  DANS LES SÉDIMENTS DE LA  
MER DU LABRADOR - RELATION AVEC LES CONDITIONS  
PALÉOCÉANOGRAPHIQUES ET LA PALÉOPRODUCTIVITÉ DU  
BASSIN

NOVEMBRE 1997



## *Mise en garde/Advice*

Afin de rendre accessible au plus grand nombre le résultat des travaux de recherche menés par ses étudiants gradués et dans l'esprit des règles qui régissent le dépôt et la diffusion des mémoires et thèses produits dans cette Institution, **l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** est fière de rendre accessible une version complète et gratuite de cette œuvre.

Motivated by a desire to make the results of its graduate students' research accessible to all, and in accordance with the rules governing the acceptance and diffusion of dissertations and theses in this Institution, the **Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** is proud to make a complete version of this work available at no cost to the reader.

L'auteur conserve néanmoins la propriété du droit d'auteur qui protège ce mémoire ou cette thèse. Ni le mémoire ou la thèse ni des extraits substantiels de ceux-ci ne peuvent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

The author retains ownership of the copyright of this dissertation or thesis. Neither the dissertation or thesis, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

## RÉSUMÉ

Ce mémoire présente les résultats d'une étude, portant sur les déséquilibres radioactifs dans les familles de l'uranium et du thorium, effectuée sur des sédiments quaternaires du nord ouest de l'Atlantique nord. Les teneurs et rapports d'activité U-Th ont été combinés à d'autres données: datation  $^{14}\text{C}$ , composition isotopique de l'oxygène et du carbone ( $\delta^{18}\text{O}$  et  $\delta^{13}\text{C}$ ), teneurs en carbonates, analyses micropaléontologiques, analyses granulométriques et composition minéralogique des argiles. Ces données permettent de présenter différents aspects du comportement géochimique de ces isotopes, en relation avec la paléocéanographie et la paléoproduction.

Les échantillons de surface provenant d'une vingtaine de carottes boîtes, répartis principalement entre le bassin de la mer du Labrador et ceux d'Irminger et d'Islande, ont été étudiés pour leur contenu en uranium et thorium ainsi que leurs rapports d'activité. La composition isotopique des sédiments actuels et holocènes du bassin de la mer du Labrador indique un mélange entre les sources détritiques proximales (érosion des masses continentales voisines), les carbonates biochimiques (pluie peltométrique) issus de la productivité primaire (ceux-ci peuvent représenter jusqu'à 50 % du poids sec du sédiment) et les apports distaux (argiles de la dorsale). Sur la base des teneurs en Th et des signatures isotopiques (rapports d'activité  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ ), trois sources détritiques principales peuvent être identifiées, soit une source labradorienne, une source groenlandaise et une source associée à la ride méio-océanique. Les sédiments de la mer du Labrador ont été récoltés selon un profil transverse entre Hamilton Inlet (Labrador) et le Cap Farewell (Groenland). Ce profil démontre que la proportion de chacune de ces composantes est d'abord fonction de l'emplacement géographique de la station étudiée; ceci concerne principalement les apports proximaux (Labrador et Groenland). Des études antérieures ont mis en évidence le vannage des fractions les plus fines par le sous-courant côtier de l'ouest (WBUC) au cours des périodes interglaciaires. Ainsi, la profondeur de la station et sa position relativement à l'axe de débit maximal du WBUC, affectent la proportion de la composante distale dans les sédiments (argiles de la dorsale) et par conséquent la composition isotopique du sédiment. Dans les stations étudiées, la taille granulométrique des sédiments et les concentrations des différents isotopes mesurés, notamment du thorium, sont ainsi liées.

La carotte longue HU-90-013-013 (lat.  $58^{\circ}12.59\text{N}$ , long.  $48^{\circ}22.40\text{W}$ , profondeur 3380) située sur le talus groenlandais couvre la période allant du stade isotopique 7 jusqu'à l'actuel. Les sédiments glaciaires (stades isotopiques 2, 4 et 6) de la carotte 90-013-013 n'indiquent pas de changement de source sédimentaire au cours des épisodes correspondants et présentent un rapport d'activité  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  faible et à peu près constant. La quasi-absence de productivité primaire et donc de fixation d'uranium diagénétique ainsi que la faiblesse du WBUC nous autorisent à considérer ce rapport comme représentatif de la source détritique proximale groenlandaise.

Le flux total d'uranium sédimentaire est constitué de trois composantes principales: le flux terrigène, le flux particulaire authigène et l'uranium fixé au cours de la diagénèse précoce par diffusion et précipitation sous le front rédox. Cette étude

démontre que dans les sédiments de la mer du Labrador seulement deux composantes semblent importantes, soient l'uranium détritique et l'uranium diagénétique. Différentes approches ont permis de calculer les flux d'uranium associés à la diagénèse précoce dans le sédiment. Ici aussi, une différence importante est observée entre les stations qui sont sous l'influence du WBUC et celles qui ne le sont pas. Les sédiments holocènes de la carotte boîte 90-013-011 (lat. 58°54.85N, long. 47°05.13W, profondeur 2805), prélevée à la base du talus groenlandais, dans l'axe de débit maximal du WBUC, présentent un flux d'uranium diagénétique trois fois plus faible que les sédiments se trouvant plus bas sur le glacier. Au cours de l'intervalle 0 - 40 000 ans, le flux des indicateurs rédox-sensibles: l'uranium, le soufre, le manganèse et le fer répondent principalement aux paléoflux de  $C_{org.}$ . La carotte longue 90-013-013 présente des indices qui tendent à démontrer une mobilité post sédimentaire de l'uranium aux interfaces entre les sédiments glaciaires (oxydés) et interglaciaires (réduits). Cette mobilité est illustrée, entre autre, par un défaut croissant en  $^{234}U$ , devant son ascendant  $^{238}U$  avec l'âge du sédiment, soit en passant du stade isotopique 2 au 4 et au 6 laissant supposer un mécanisme de "relocalisation" continue à travers le temps comme l'indiquent des pics d'excès en  $^{234}U$  de part et d'autres des horizons glaciaires oxydés, à la transition avec les couches interglaciaires/interstadiaires englobantes.

L'étude démontre aussi que les excès de  $^{230}Th$  mesurés dans les sédiments holocènes profonds de la mer du Labrador excèdent la production de la colonne d'eau sus-jacente d'un facteur ~7. Pendant le dernier maximum glaciaire, stades isotopiques 2 et 6, les excès rendent toutefois assez exactement compte de la production par la colonne d'eau comme l'indique les chronologies  $^{14}C$  et SPECMAP comparées aux inventaires de  $^{230}Th$  en excès. Les flux latéraux de  $^{230}Th$  de l'intervalle 0 - 40 000 ans présentent une très forte corrélation avec les flux de carbonates biogéniques liés à la production des coccolithophoridés. Il semble donc qu'en première approximation, dans les bassins sub-arctiques, les flux de  $^{230}Th$  puissent être un indicateur des changements de productivité primaire à travers le temps. Pour dresser un bilan du  $^{230}Th$  dans le bassin de la mer du Labrador, il est nécessaire de considérer des flux latéraux importants associés à un transport de moyenne et longue distance. Les modèles, en milieux marins ouverts, utilisant les excès de  $^{230}Th$  semblent donc inappropriés pour normaliser les flux sédimentaires dans ce bassin. Nous proposons dans cette étude que le WBUC, responsable des apports distaux fins liés à la ride médio-océanique, puisse "contraindre", en partie, les flux latéraux importants de  $^{230}Th$  observés dans le bassin de la mer du Labrador notamment au cours de l'Holocène.

## REMERCIEMENTS

Je voudrais en premier lieu remercier mon directeur de thèse monsieur Claude Hillaire-Marcel pour son support et sa grande patience. Je tiens également à remercier les membres de mon jury de thèse, Anne de Vernal, Clément Gariépy et Christiane Causse, pour avoir bien voulu prendre le temps de lire mon manuscrit.

Je remercie tout spécialement Bassam Ghaleb pour m'avoir patiemment appris tout ce qu'il y a à savoir sur les différentes techniques analytiques, son encouragement et son amitié. Je voudrais aussi remercier tous ceux et celles du GEOTOP qui ont travaillé et produit les résultats des différentes analyses que j'ai utilisés pour ma thèse. Un merci spécial à Christine Veiga-Pires pour son encouragement et m'avoir enduré dans le même bureau qu'elle. À Guy Bilodeau pour avoir gentiment répondu à mes nombreuses requêtes de sédiments et de données. À Céline Hallé-Polèse qui a bien voulu faire maigrir mon manuscrit de plusieurs fautes d'orthographe. À André Rochon, Fabienne Marret et Jean David pour les nombreuses occasions où nous avons refait le monde au Cheval Blanc. Également un gros merci à toutes les personnes qui gravitent autour du GEOTOP pour leur soutien et amitié.

J'aimerais adresser un énorme merci à ma famille et à ma belle-famille. Mes parents; Ghislaine et Claude Vallières qui m'ont encouragé à poursuivre mes études aussi loin. Ma petite soeur Lyne Vallières pour ses encouragements. Et mes grands-parents, qui ont très hâte que je devienne officiellement docteur en roche. Finalement je m'en voudrais (et on m'en voudrait également !) de ne pas remercier Isabelle Jacob pour, entre autres choses, son support, son encouragement etc...En fait, la liste est très très longue mais je n'ai droit qu'à une seule page de remerciements.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>RÉSUMÉ .....</b>	ii
<b>REMERCIEMENTS.....</b>	iv
<b>TABLE DES MATIÈRES.....</b>	v
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	viii
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	xiii
<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE .....</b>	1
PROBLÉMATIQUE GÉNÉRALE.....	1
CONTEXTE OCÉANOGRAPHIQUE ET PALÉOCÉANOGRAPHIQUE .....	6
MATÉRIEL ET MÉTHODES .....	7
TECHNIQUES DE LABORATOIRE .....	11
<b>CHAPITRE 1</b>	
<b>LES ISOTOPES DES FAMILLES U ET Th EN TANT QUE TRACEURS ISOTOPIQUES DES SÉDIMENTS TERRIGÈNES ET DES CHANGEMENTS DANS LA SÉDIMENTATION .....</b>	14
1.1 INTRODUCTION .....	15
1.2 DESCRIPTION SÉDIMENTOLOGIQUE.....	18
1.2.1 Sédimentation holocène et actuelle (interglaciaire) .....	18
1.2.2 Sédimentation pré-holocène .....	19
1.3 COMPOSITION ISOTOPIQUE DES SÉDIMENTS RÉCENTS .....	19
1.3.1 Ride de Reykjanes .....	24
1.3.2 Marge groenlandaise.....	25
1.3.3 Marge labradorienne.....	27

1.3.4 Labrador central.....	30
1.3.5 Discussion sur les signatures isotopiques des sédiments de surface .....	30
1.4 LES SÉDIMENTS ANCIENS .....	33
1.4.1 Discussion sur les signatures isotopiques des sédiments anciens.....	38
1.5 ÉVÉNEMENTS SÉDIMENTOLOGIQUES BREFS.....	39
1.6 CONCLUSIONS.....	41
<b>CHAPITRE 2</b>	
<b>FLUX D'URANIUM AU COURS DES PROCESSUS DIAGÉNÉTIQUES.....</b>	42
2.1 INTRODUCTION .....	43
2.2 RESULTATS ET DISCUSSION .....	45
2.2.1 Flux d'uranium diagénétique au cours de l'Holocène .....	51
2.2.2 Flux d'uranium et paléoproduction.....	51
2.2.3 Mobilité post sédimentaire .....	54
2.3 CONCLUSIONS.....	58
<b>CHAPITRE 3</b>	
<b>FLUX DE <math>^{230}\text{Th}</math> ET FLUX BIO-SÉDIMENTAIRES .....</b>	59
3.1 APERÇU SUR LA GÉOCHIMIE DU $^{230}\text{Th}$ DANS L'Océan et TRAVAUX ANTÉRIEURS .....	60

3.2 SÉDIMENTATION ACTUELLE ET RÉCENTE DE LA MER DU LABRADOR.....	63
3.3 SÉDIMENTS PLÉISTOCÈNES .....	68
3.4 ÉLÉMENTS DE CHRONOLOGIE BASÉE SUR L'EXCÈS DE $^{230}\text{Th}$ .....	72
3.5 CONCLUSIONS.....	76
<b>CONCLUSIONS GÉNÉRALES.....</b>	<b>77</b>
<b>RÉFÉRENCES.....</b>	<b>80</b>
<b>ANNEXE 1 .....</b>	<b>89</b>
<b>ANNEXE 2 .....</b>	<b>119</b>
<b>ANNEXE 3 .....</b>	<b>122</b>

## LISTES DES FIGURES

### INTRODUCTION

Figure i.1. Carte de localisation des stations étudiées ..... 10

### CHAPITRE 1

Figure 1.1. Carte illustrant les grands ensembles géologiques autour de la mer du Labrador (d'après Hofman 1989) ..... 17

Figure 1.2. Teneur en  $\text{CaCO}_3$  des sédiments de surface en relation avec la profondeur des stations. ..... 20

Figure 1.3. Teneur en  $\text{CaCO}_3$  des sédiments de la carotte 90-013-013 en relation avec la concentration des coccolithes ( $\text{n}/\text{cm}^3$ ) ..... 20

Figure 1.4. Teneur en Th des sédiments holocènes de la carotte 90-013-013 en relation avec la dimension granulométrique moyenne du sédiment dans la fraction inférieure à  $160 \mu\text{m}$  ..... 22

Figure 1.5. Teneurs en Th, U, S, Fe, Mn et rapport d'activité  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  des sédiments et eaux porales de la carotte 90-013-017. Les données concernant l'uranium et le rapport d'activité  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  des eaux porales pour cette station sont extraites de Gariépy et al., 1994; les données concernant S, Fe, Mn des sédiments et eaux porales sont extraites de Lucotte et al., 1994 ..... 23

Figure 1.6a. Bloc diagramme localisant la coupe transversale ci-dessous entre Hamilton Inlet au Labrador et le Cap Farewell au Groenland. ..... 28

Figure 1.6b. Localisation des stations étudiées le long d'un profil transverse dans la mer du Labrador.....	28
Figure 1.6c. Teneur en uranium en ppm des sédiments décarbonatés des stations du profil transverse.....	29
Figure 1.6d. Teneur en thorium en ppm des sédiments décarbonatés des stations du profil transverse.....	29
Figure 1.6e. Rapport d'activité $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ des sédiments des stations du profil transverse.....	29
Figure 1.7a. Teneur en Th du sédiment décarbonaté en relation avec le pourcentage de la fraction supérieure à 125 $\mu\text{m}$ .....	31
Figure 1.7b. Teneur en Th du sédiment décarbonaté en relation avec la taille moyenne des grains dans la fraction inférieure à 160 $\mu\text{m}$ .....	31
Figure 1.8. Variations des teneurs en Th du sédiment décarbonaté et variations de la taille granulométrique moyenne dans la fraction inférieure à 160 $\mu\text{m}$ en fonction de la profondeur dans la carotte 90-013-013.....	32
Figure 1.9a. Carotte 90-013-013: chronologie $^{14}\text{C}$ conventionnelle, composition isotopique de <i>Neogloboquadrina pachyderma</i> lévogyre, teneur en carbone organique et en carbonates, paramètres granulométriques et dénombrement des cendres brunes. H1 à H11 réfèrent à la numérotation des événements de type Heinrich (cf. Bond et al., 1992).....	35
Figure 1.9b. Carotte 90-013-013: chronologie $^{14}\text{C}$ conventionnelle, composition isotopique de <i>Neogloboquadrina pachyderma</i> lévogyre,	

teneur en U et Th du sédiment décarbonaté et rapports d'activité des isotopes des familles U et Th.....	36
Figure 1.10. Carotte 91-045-094: chronologie $^{14}\text{C}$ conventionnelle, composition isotopique de <i>Neogloboquadrina pachyderma</i> lévogyre, teneur en carbone organique et en carbonates, paramètres granulométriques, rapport $K_{\text{arm}}/K$ (Stoner et al., 1996) qui indique des assemblages de minéraux magnétiques grossiers et rapports d'activité des isotopes des familles U et Th. DC et LDC (DC: <i>detrital carbonate layers</i> ; LDC: <i>low detrital carbonate layers</i> ) réfèrent à la numérotation des évènements sédimentologiques brefs de Stoner et al. (1996).....	37
<b>CHAPITRE 2</b>	
Figure 2.1a, b et c: Teneur en uranium des sédiments de surface vs (a) le pourcentage de carbone organique, (b) le pourcentage de carbonate de calcium. (c) Rapport d'activité $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ en fonction du rapport de masse U/Th des sédiments de surface.....	48
Figure 2.2a et b. Comparaison des estimations des concentrations en uranium diagénétique (a) pour la carotte longue 90-013-013 et (b) pour la carotte boîte 90-013-017, basées respectivement sur les déséquilibres $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ et les concentrations en $^{232}\text{Th}$ marquant les apports détritiques.....	50
Figure 2.3. Éléments d'une chronologie et variations sédimentologiques enregistrées dans la carotte 90-013-013.....	52
Figure 2.4. Flux d'U, de S, de Mn et de Fe totaux enregistrés dans la carotte 90-013-013.....	53

Figure 2.5. Variations du rapport d'activité $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ et de la teneur en soufre de la carotte 90-013-013. Les flèches indiquent les zones de relocalisation diagénétique tardive d'uranium.....	55
Figure 2.6. Histogrammes de fréquence des rapports $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ et $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ pour les stades isotopiques 2, 4 et 6.....	56
<b>CHAPITRE 3</b>	
Figure 3.1. Coupe schématique entre le Groenland et le Labrador illustrant les flux de $^{230}\text{Th}$ observés. Les flèches verticales représentent la production de $^{230}\text{Th}$ par la colonne d'eau alors que les nombres associés aux stations représentent le flux latéral de $^{230}\text{Th}$ . La valeur en italique représente la station 91-045-094 (Orphan Knoll) qui a été projetée sur cette coupe.....	64
Figure 3.2. Concentration en smectites de la phase argileuse ( $< 2\mu\text{m}$ ) en relation avec le rapport isotopique $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ du sédiments total des sommets de carottes boîtes de la mer du Labrador (d'après Fagel et al., 1996).....	67
Figure 3.3. Vitesse de sédimentation, excès de $^{230}\text{Th}$ , flux de $^{230}\text{Th}$ , flux de $\text{CaCO}_3$ et flux de $\text{C}_{\text{org}}$ , pour l'intervalle 0 à 40 ka de la carotte 90-013-013 (glacis groenlandais).....	69
Figure 3.4. Flux latéral de $^{230}\text{Th}$ en relation avec le flux de $\text{CaCO}_3$ dans la carotte 90-013-013 (glacis groenlandais).....	70
Figure 3.5. Pourcentage de carbonate de calcium (%) du sédiment en relation avec les concentrations en coccolithes observées par $\text{cm}^3$ à la station 90-013-013 (d'après Hillaire-Marcel et al., 1994d).....	71

Figure 3.6. Modèle de Bacon et Rosholt (1982) appliqué à la carotte 90-013-013 du glacis groenlandais. Facteur  $\Psi$ , flux terrigène normalisé au flux de  $^{230}\text{Th}$ , flux de  $\text{CaCO}_3$  et flux de  $\text{C}_{\text{org.}}$  non normalisé et normalisé aux flux de  $^{230}\text{Th}$  pour l'intervalle 0 à 40 ka..... 73

Figure 3.7a. Cumul des excès de  $^{230}\text{Th}$  pour les sédiments du stade isotopique 2 de la carotte 90-013-013. Les deux approches pour calculer les excès sont illustrées, soit à partir du  $^{232}\text{Th}$  ou de  $^{234}\text{U}$ . La durée de l'épisode est calculée sur la base du  $^{230}\text{Th}$  en excès accumulé. .... 75

Figure 3.7b. Cumul des excès de  $^{230}\text{Th}$  pour les sédiments du stade isotopique 6 de la carotte 90-013-013. Les deux approches pour calculer les excès sont illustrées, soit à partir de  $^{232}\text{Th}$  ou de  $^{234}\text{U}$ . La durée de l'épisode est calculée sur la base de  $^{230}\text{Th}$  en excès accumulé. .... 75

## LISTE DES TABLEAUX

### INTRODUCTION GÉNÉRALE

Tableau i.1: Localisation des stations échantillonnées, profondeur et type de carottier utilisé (BC = carottier-boîte; TWC = carottier par gravité; PC = carottier par piston; LH = sonde Lee High). Les numéros de la première colonne font référence à la carte de localisation de la fig. i.1.....	9
---	---

### CHAPITRE 1

Tableau 1.1. Teneurs en U et Th des formations géologiques régionales. ....	18
Tableau 1.2. Concentration et rapport d'activité des isotopes des familles U et Th et composition minéralogique des argiles de la fraction < 2 $\mu$ m (Fagel et al., 1995) dans les échantillons de surface. ....	26
Tableau 1.3. Composition isotopique moyenne des sédiments: ( $^{231}$ vs sédiments décarbonatés). ....	39

### CHAPITRE 3

Tableau 3.1. Flux de $^{230}\text{Th}$ mesuré, flux vertical ( $F_V$ ) et flux latéral ( $FL$ ) dans les échantillons de surface.....	65
---	----

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le présent mémoire traite de la géochimie des actinides dans les sédiments quaternaires de la mer du Labrador. Le choix de ce bassin et l'éclairage mis sur les isotopes des familles U et Th ont été dictés par plusieurs considérations, notamment conjoncturelles. En effet, un projet collaboratif spécial du Conseil de Recherche en Sciences Naturelles et en Génie du Canada (CRSNG) consacré à la paléocéanographie et aux paléoflux de carbone dans la mer du Labrador a été ouvert en 1990. Il a permis de réaliser deux campagnes océanographiques majeures HU-90-013 et HU-91-045 (voir les rapports de missions: Hillaire-Marcel et al., 1990b; Hillaire-Marcel et al., 1991) et d'effectuer des échantillonnages destinés à approfondir la géochimie des actinides dans un tel bassin. La seconde considération était de nature plus fondamentale et touchait aux débats, parfois contradictoires, en cours dans la littérature à propos de la géochimie de certains des isotopes concernés ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  et  $^{230}\text{Th}$ ) et des paramètres déterminant leurs flux dans les bassins marginaux (e.g., Anderson et al., 1990; François et al., 1993)

### Problématique générale

Depuis la fin des années 50, et les premiers travaux consacrés aux déséquilibres dans les familles U et Th, le cycle "marin" des isotopes impliqués a retenu l'attention (Barth, 1952) d'abord à des fins géochronologiques (Ku, 1965) puis, sédimentologiques (e.g., Nozaki et al., 1981; Bacon et Anderson, 1982). Au cours des dernières années, la géochimie des actinides a surtout été développée pour déterminer

leur utilisation éventuelle comme traceurs des flux et cycles biogéochimiques et sédimentaires (Cochran, 1992).

Les mécanismes responsables de l'enfouissement de l'uranium dans les sédiments marins ont été étayés depuis les travaux de Ku (1965) et repris dans plusieurs articles de synthèse (e.g., Klinkhammer et Palmer, 1991). Cependant dans des bassins délimités ou marginaux, l'uranium peut avoir un comportement différent de celui qu'on lui connaît en milieu marin ouvert. L'un des premiers objectifs de cette thèse est de préciser les mécanismes de fixation de l'uranium dans un tel bassin et d'établir les liens avec la productivité primaire. L'ablation de l'uranium océanique se fait principalement par précipitation dans les sédiments, par diffusion dans l'eau porale (e.g., Anderson et al., 1989a; Barnes et Cochran, 1990; Klinkhammer et Palmer, 1991) et par adsorption ou inclusion dans des minéraux authigènes, entre autres les carbonates (Langmuir, 1978). Le premier mécanisme est basé sur le fait que l'uranium, en milieu réduit, est sous la forme U(IV) qui est très peu soluble en opposition à la forme U(VI) qui est plus stable et soluble (Langmuir, 1978). Plusieurs études ont été consacrées au comportement de l'uranium dans l'eau et les sédiments des bassins anoxiques ou des plaines abyssales et des marges continentales riches en matière organique (e.g., Cochran et al., 1986; Anderson, 1987; Todd et al., 1988; Anderson et al., 1989a et b). Ces environnements couvrent une petite superficie des planchers océaniques mais sont extrêmement importants dans le budget de l'uranium (Barnes et Cochran, 1990; Klinkhammer et Palmer, 1991). Les sédiments riches en matière organique sont déposés avec un contenu initial en uranium élevé qui s'accroît au cours de leur diagénèse précoce par la précipitation d'uranium sous l'interface eau/sédiment (Klinkhammer et Palmer, 1991). On sait également qu'un enrichissement en uranium peut se produire par fixation diagénétique tardive, dans les sédiments pélagiques de milieux sub-oxiques (e.g., Yamada et Tsunogai, 1983; Santschi et al., 1988; Barnes et Cochran, 1990; Hillaire-Marcel et al., 1990; Thomson et al., 1990; Klinkhammer et Palmer, 1991). De ce point de vue, la mer du Labrador a l'avantage de présenter des conditions océanographiques et sédimentologiques variées (Hillaire-Marcel et al., 1994c; Wu et Hillaire-Marcel, 1994; de Vernal et al., 1994) permettant d'étudier ces mécanismes notamment dans le temps, en relation avec des changements considérables de productivité et de flux de carbone organique ou des vitesses de sédimentation.

Quasi insolubles ( $1 \times 10^{-4}$  ppb; Anderson et al., 1995) et produits en quantités à peu près constantes à partir de leurs descendants dissous  $^{234}\text{U}$  et  $^{235}\text{U}$ , le  $^{230}\text{Th}$  et le  $^{231}\text{Pa}$  sont rapidement adsorbés sur les particules sédimentaires et soustraits à la colonne d'eau (Ku, 1976; Krishnaswami et al., 1976a et b); leur temps de séjour est ainsi relativement bref dans l'océan (17 - 41 ans et 34 - 130 ans, respectivement; Marcantonio et al., 1996). Les sédiments océaniques récents présentent ainsi de forts excès en  $^{230}\text{Th}$  et  $^{231}\text{Pa}$  devant leurs descendants (Picciotto et Wilgain, 1954). Ces isotopes ont donné l'espoir d'un accès direct aux vitesses de sédimentation à partir de la mesure de tels excès devant leur production dans la colonne d'eau (respectivement 2,63 Lalou, 1985 et 0,24 dpm/cm $^2$ •ka•1000 mètres d'eau Anderson et al., 1983a et b). Hélas, on s'est vite rendu compte que les flux de  $^{230}\text{Th}$  et  $^{231}\text{Pa}$  dans les sédiments océaniques étaient influencés par de nombreux paramètres. Pour Bacon et François, par exemple (Bacon et Rosholt, 1982; Bacon, 1984; Suman et Bacon, 1989; François et al., 1990; François et Bacon, 1991; François et Bacon, 1994), le flux de  $^{230}\text{Th}$  varie en fonction du flux particulaire. Pour Hillaire-Marcel et al., (1994) l'ablation du  $^{230}\text{Th}$  semble influencée par le type de sédimentation (carbonates biogéniques versus apports terrigènes).

Au vu de ce qui précède, on comprend que plusieurs paramètres océanographiques et sédimentologiques rendent compte des teneurs en U et Th et de leurs descendants dans les sédiments océaniques. Une meilleure connaissance de leur cycle géochimique respectif requiert aussi la prise en compte de la spécificité des bassins océaniques: bassins fermés (e.g., Barnes et Cochran, 1988 et p.; Anderson et al., 1989b), bassins marginaux (e.g. Hillaire-Marcel et al., 1994; Gariépy et al., 1994), marges continentales (e.g., Anderson et al., 1990; Lao et al., 1993), milieux océaniques ouverts (François et Bacon, 1991; François et Bacon, 1994), offrent autant de situations particulières.

En ce sens, l'étude des flux d'uranium et de thorium dans les sédiments de la mer du Labrador que nous présentons ici était destinée à éclairer une situation océanographique particulière, celle d'un bassin de transition entre les grandes calottes glaciaires pléistocènes et l'Atlantique Nord (c.f. Andrews et al., 1994; Hillaire-Marcel et al., 1994; Stoner et al., 1995), soit un bassin où les flux particulaires ont été fortement influencés par la dynamique glaciaire (c.f. *Fast Deposited Unit*, FDU et

*Heinrich Event*, HE) mis en place dans l'Atlantique nord à la suite des crues glaciaires dans le détroit d'Hudson (Fillon, 1985; Fillon et Aksu, 1985; Miller et Kaufman, 1990; Bond et al., 1992; Andrews et al., 1994).

Un autre élément d'importance, dans le bassin étudié, est l'influence sédimentologique variable dans le temps et dans l'espace du sous-courant côtier de l'ouest (*Western Boundary Undercurrent*, WBUC: Clarke, 1984; McCartney, 1992; McCave et Tucholke, 1986; Hillaire-Marcel et al., 1994; Lucotte et Hillaire-Marcel, 1994). Ce courant est actuellement responsable d'un vannage important des sédiments des talus continentaux, d'une "focalisation" sédimentaire sur les glacis (McCartney, 1992; Hillaire-Marcel et al., 1994), et d'un transport particulaire fin de longue distance (telles les smectites de la dorsale médio-océanique; Fagel et al., 1996). Son débit paraît lié à l'intensité de la formation des masses d'eau constitutives de la masse d'eau profonde de l'Atlantique Nord-Est (*North East Atlantic Deep Water*, NEADW; Swift, 1984; Lazier, 1988) notamment de la masse d'eau de débordement du détroit de Danemark (*Denmark Strait Overflow Water*, DSOW; Clarke et Gascard, 1983; Swift, 1984; Lazier, 1988). Le débit du sous-courant côtier et de ses composantes hydrographiques ont varié considérablement au cours du dernier cycle glaciaire (Fagel et al., 1996). Il semble par exemple que la production de NEADW et que le débit du WBUC aient été considérablement réduits lors du dernier maximum glaciaire (Duplessy et al., 1988; Broecker, 1990; Broecker et al., 1990; Labeyrie et al., 1992; Lehman et Keigwin, 1992; Fagel et al., 1996).

Enfin, la réponse aux changements extrêmes dans les conditions de surface de la mer du Labrador, lors de transitions glaciaires/interglaciaires (de Vernal et al., 1994), se traduit par des changements importants dans les flux de matériaux authigènes. Le bassin de la mer du Labrador a connu des variations de productivité primaire de plusieurs ordres de grandeur, en particulier de production des carbonates biogéniques (donc de la pluie peltométrique, c.f. Hillaire-Marcel et al., 1994) et de l'enfouissement du carbone organique (Hillaire-Marcel et al., 1994).

Ces faits océanographiques et paléocéanographiques confèrent aussi une grande spécificité au bassin étudié. Nous avons presque exclusivement examiné les concentrations des isotopes des familles  $^{238}\text{U}$  et  $^{232}\text{Th}$  dans les sédiments sub-actuels prélevés par carottages-boîtes, le long de transects onshore-offshore, et dans les sédiments couvrant le dernier cycle climatique glaciaire, sédiments prélevés par

carottage par piston, notamment au large du Groenland et du Labrador (carte; fig. i.1). En regard à la faible profondeur du bassin ( $\leq 3500$  mètres), donc aux flux modestes de  $^{231}\text{Pa}$  et aux difficultés inhérentes au dosage de cet isotope (Ivanovich et Murray, 1992), nous n'avons pas jugé utile d'inclure cet isotope dans le programme analytique. Nous traiterons donc ici spécifiquement des flux des isotopes  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  et  $^{230}\text{Th}$ , en relation avec les autres flux biogéochimiques et sédimentaires et les conditions océanographiques et paléocéanographiques.

Les sous-objectifs que nous nous étions fixés pour ce qui concerne l'uranium incluaient :

- l'établissement de flux et paléoflux de l'élément dans les sédiments;
- la détermination des paramètres responsables de ces flux;
- l'examen de sa stabilité relative au cours de la diagénèse tardive.

En ce qui a trait au  $^{230}\text{Th}$ , nous souhaitions :

- évaluer le rôle des conditions sédimentologiques dans les flux de l'isotope;
- déterminer en particulier l'influence des changements courantologiques dans sa redistribution sédimentaire;
- définir les conditions sous lesquelles il pouvait rendre compte des changements des vitesses de sédimentation (FDU), enregistrer le temps (durée des stades isotopiques 2, 4 et 6) ou les changements de flux biogéochimiques.

Enfin, en combinant les données sur l'uranium et le thorium à d'autres indicateurs, nous souhaitions mettre en relief la signature isotopique des sources sédimentaires terrigènes, dans le bassin, dans l'espace et dans le temps.

Avant d'exposer nos principaux résultats, nous présentons, dans les pages qui suivent, un aperçu du contexte océanographique et paléocéanographique. Un bref rappel méthodologique lui fera suite. Enfin, dans la partie principale du mémoire nous traiterons spécifiquement (i) des signatures isotopiques des sources sédimentaires, (ii) des flux et de la mobilité post sédimentaire de l'uranium, enfin (iii) des flux de  $^{230}\text{Th}$  et des flux sédimentaires covariants, pour conclure sur quelques éléments chronologiques.

## Contextes océanographique et paléocéanographique

Les bassins subpolaires, telle la mer du Labrador, jouent un rôle très important dans la circulation thermohaline des océans du globe (e.g., Broecker et al., 1990). Les masses d'eau denses qui y sont générées par refroidissement, à la surface, plongent et s'évacuent vers le sud participant ainsi à la ventilation des océans intermédiaires ou profonds (Aagaard et al., 1985). Les masses d'eau de la mer du Labrador peuvent ainsi être sub-divisées en trois grands groupes. Le premier comprend les masses d'eau profondes qui se caractérisent par des températures très basses et des salinités élevées ( $1,5 < T < 3,3^{\circ}\text{C}$ ,  $34,85 < S < 34,92$ ; Lucotte et Hillaire-Marcel, 1994). Le deuxième est constitué par la masse d'eau intermédiaire de la mer du Labrador (*Labrador Sea Water*, LSW) qui se caractérise par une température plus élevée ( $\sim 3^{\circ}\text{C}$ ) et une salinité moindre (salinité moyenne de  $34,80 \pm 0,02$ ; Lucotte et Hillaire-Marcel, 1994). Enfin, le troisième groupe inclut les masses d'eau de surface présentant de fortes variations saisonnières de S et T. Pour une description plus détaillée, on se réfèrera à Lucotte et Hillaire-Marcel (1994). Ici, une attention particulière sera accordée aux courants profonds qui, par leur écoulement, affectent le patron de sédimentation du bassin. Le WBUC, (McCartney, 1992) s'écoule actuellement sur le pourtour de la mer du Labrador, avec une vitesse maximale entre 2900 et 3200 m de profondeur, créant des zones du talus où les taux d'accumulation sont très faibles ou même parfois négatifs (Wu et Hillaire-Marcel, 1994). Ceci entraîne une redistribution sélective de certaines fractions granulométriques vers les parties plus profondes du bassin.

Si le WBUC a été très actif pendant la majeure partie de l'Holocène, il est généralement admis qu'il a connu un débit moindre durant le dernier maximum glaciaire (Duplessy et al., 1988; Broecker et al., 1990; Labeyrie et al., 1992; Lehman et Keigwin, 1992). Par ailleurs, les enregistrements sédimentaires dans le bassin de la mer du Labrador ont mis en évidence la présence de sédiments pélagiques et hémipélagiques remaniés (Chough et Hesse, 1985). Les processus de sédimentation observés au site 646 au cours du Pléistocène supérieur sont principalement associés au délestage de débris par les glaces flottantes (IRD, "Ice-rafted detritus"), aux courants de contour et aux courants de turbidité (Chough et Hesse, 1985; Cremer, 1989; Hiscott et al., 1989).

Un autre facteur intervenant dans la distribution des sédiments est le chenal médiо-océanique de l'Atlantique du Nord Ouest (North Atlantic Mid-Ocean Channel, NAMOC; Chough et Hesse, 1976 et 1980). Le réseau de "drainage" sous-aquatique NAMOC est principalement composé de séquences turbiditiques (Hesse et Chough, 1980). Le chenal et ses levés peuvent également, dans certains cas, agir comme une barrière physique restreignant la distribution de particules fines à travers le bassin.

## **Matériel et méthodes**

Aux fins de la présente étude, les carottes de forage ont été réalisées principalement au cours des campagnes HU-90-013 et HU-91-045 du CSS-Hudson (tab. i.1).

### *La campagne 90-013*

Cette campagne a permis de réaliser une traverse "on-shore/off-shore" (fig. i.1) de la côte du Labrador à la hauteur de Cartwright Saddle jusqu'au Cap Farewell, au sud du Groenland. Six carottes longues par piston, six carottes par gravité et six carottes-boîtes ont été récoltées, décrites et sous-échantillonnées à bord du navire. Pour une description complète on se référera au rapport de mission (Hillaire-Marcel, Rochon et équipage scientifique, 1990). Nous nous référerons essentiellement ici aux carottes boîtes suivantes 90-013-006, 90-013-011, 90-013-017, 90-013-020 et 90-013-027 ainsi qu'à une carotte par piston 90-013-013 qui provient du glacis groenlandais à l'endroit où la NADW entre dans le bassin.

### *La campagne 91-045*

La campagne 91-045 a permis de compléter l'échantillonnage avec huit carottes longues, sept carottes par gravité et huit carottes-boîtes prélevées selon une traverse SO - NE (fig. i.1; cf. Hillaire-Marcel, Vallières et équipage scientifique, 1991). Nous nous référerons essentiellement à une carotte-boîte et une carotte longue (91-045-093 et 91-045-094) prélevées sur le glacis labradorien, à la hauteur de Orphan

Knoll et situées à la sortie de la NADW; elles constitueront la contrepartie des carottes 90-013-013 et 90-013-017 du glacis groenlandais .

Les sédiments recueillis consistent en boues hémi-pélagiques, avec une granulométrie plus grossière sur le talus, à la suite de l'influence du WBUC. On y observe des teneurs variables en  $C_{org.}$  et  $C_{inorg.}$  (Hillaire-Marcel et al., 1994c). Toutefois, celles-ci tendent à être plus élevées dans le fond du bassin à la suite de la focalisation sédimentaire (Wu et Hillaire-Marcel, 1994).

Numéro de la station	Numéro de la carotte	Latitude Nord	Longitude Ouest	Profondeur (m)	Type de carottier
1	HU-91-045-005	54°42.47	56°26.96	530	(BC)
2	HU-91-045-008	54°42.97	55°35.05	301	(BC)
3	HU-91-045-014	54°44.50	53°43.98	340	(BC)
4	HU-91-045-016	54°49.27	52°52.03	1364	(BC)
5	HU-91-045-023	54°54.04	52°44.72	1984	(BC)
6	HU-91-045-018	55°02.06	52°07.78	2648	(BC)
7	HU-91-045-028	56°36.99	49°45.01	3992	(BC)
8	HU-90-013-020	58°21.55	57°27.38	2865	(BC)
9	HU-90-013-027	58°45.79	57°07.19	3032	(BC)
9	HU-90-013-028	58°45.80	57°06.75	2913	(PC)
10	HU-87-033-008	62°38.91	53°53.07	2424	(TWC)
10	HU-87-033-008	62°38.91	53°53.07	2424	(PC)
11	HU-90-013-012	58°55.35	47°07.01	2830	(PC)
11	HU-90-013-013	58°12.59	48°22.40	3380	(TWC)
11	HU-90-013-013	58°12.59	48°22.40	3380	(PC)
11	HU-90-013-017	58°12.51	48°21.61	3379	(BC)
12	HU-90-013-011	58°54.85	47°05.13	2805	(BC)
13	HU-90-013-006	59°29.49	45°52.24	1105	(BC)
14	HU-91-045-038	58°45.81	44°52.59	2052	(TWC)
15	HU-91-045-040	58°47.83	43°57.07	1559	(LHC)
16	HU-91-045-044	59°21.99	43°27.01	976	(PC)
17	HU-91-045-051	59°29.56	39°18.43	2949	(BC)
18	HU-91-045-056	59°38.07	36°07.53	3025	(BC)
19	HU-91-045-060	59°50.96	33°34.93	2255	(BC)
20	HU-91-045-063	59°40.61	30°21.46	1319	(BC)
21	HU-91-045-068	59°13.36	29°20.96	1551	(LHC)
22	HU-91-045-071	58°56.42	28°44.44	2237	(BC)
23	HU-91-045-074	55°44.71	30°13.81	2926	(TWC)
24	HU-91-045-090	53°19.79	45°15.60	3378	(BC)
25	HU-91-045-093	50°12.28	45°41.15	3448	(BC)
25	HU-91-045-094	50°12.26	45°41.14	3448	(PC)

Tableau i.1: Localisation des stations échantillonnées, profondeur et type de carottier utilisé (BC = carottier-boîte; TWC = carottier par gravité; PC = carottier par piston; LH = sonde Lee High). Les numéros de la première colonne font référence à la carte de localisation de la fig. i.1.

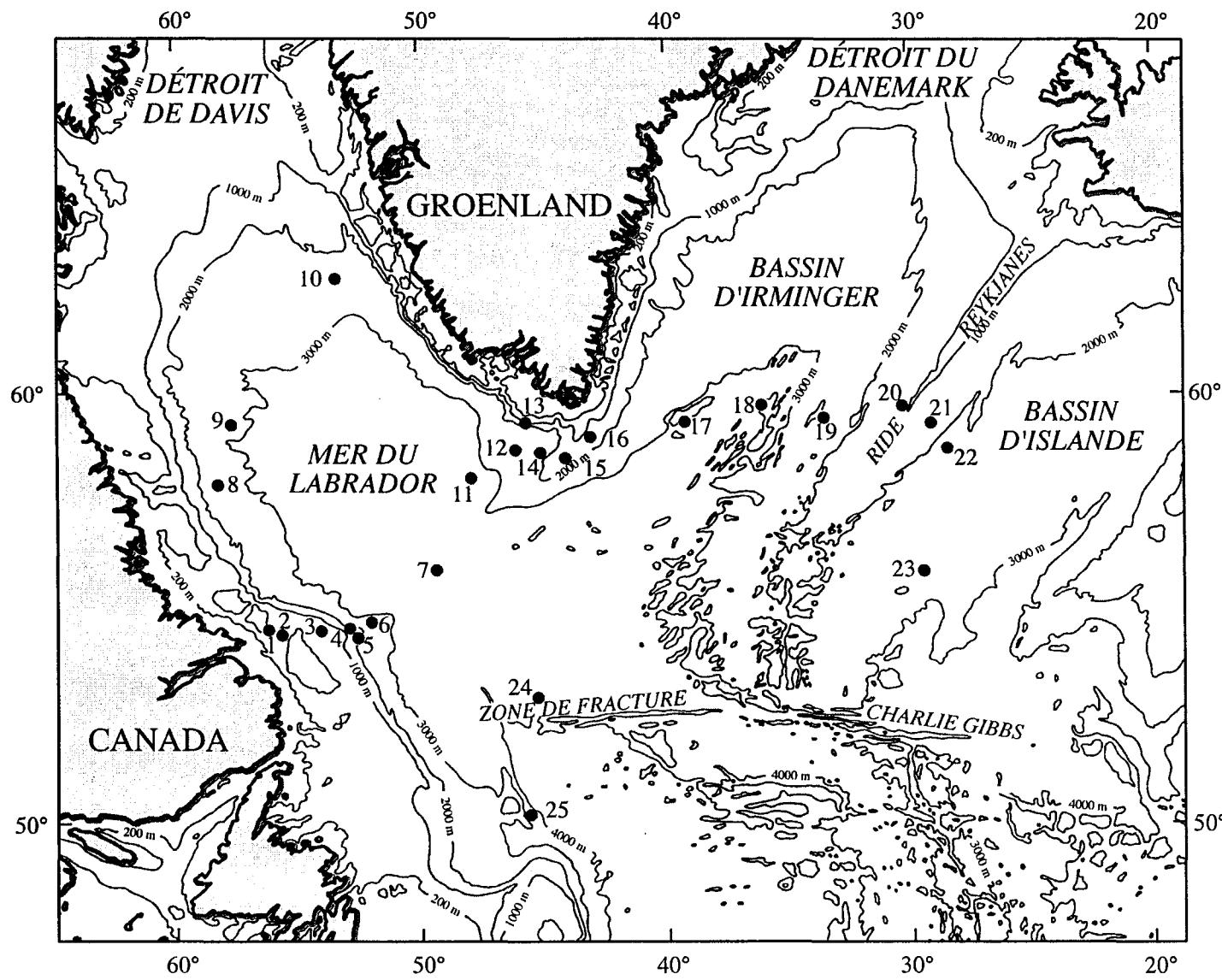


Figure i.1. Carte de localisation des stations étudiées.

## Échantillonnage et sous-échantillonnage des carottes

Les carottes-boîtes ont été soumises à un protocole de sous-échantillonnage et d'analyses assez complet (Hillaire-Marcel, Rochon et équipage scientifique, 1990 et Hillaire-Marcel, Vallières et équipage scientifique, 1991) afin, d'abord, d'extraire l'eau porale des sédiments. Cette extraction a été effectuée dans une boîte à gants et sous atmosphère d'azote. Préalablement le potentiel rédox (Eh) et le pourcentage de saturation en O<sub>2</sub> ont été déterminés. Le sédiment a ensuite été découpé selon une maille centimétrique. En règle générale, toutes les analyses ont été réalisées sur des mêmes parties aliquotes de chaque sous-échantillon. Les carottes longues, après mesure de la susceptibilité magnétique (Stoner et al., 1994), ont fait l'objet d'un sous-échantillonnage, à bord, selon une maille décimétrique. Dans le cas de la carotte 91-045-094 toutes les analyses ont été effectuées sur des parties aliquotes de chaque sous-échantillon. Dans le cas de la carotte 90-013-013, les concentrations et rapports d'activité des isotopes des familles U et Th ont été analysés sur des sous-échantillons indépendants des autres programmes analytiques. En conséquence, un décalage de 2 à 3 cm s'observe dans certains profils sédimentologiques à maille lâche (10 cm). Aux fins de corrélations des différents paramètres sédimentologiques et géochimiques nous avons dû ainsi interpoler certaines valeurs pour les comparer aux données U-Th.

Ultérieurement, certains intervalles des carottes longues ont été ré-échantillonnés avec une maille centimétrique afin d'obtenir une meilleure résolution chronologique pour étudier en particulier les événements sédimentologiques brefs (Fast Depositional Units, FDU; cf., Stoner et al., 1994; Hillaire-Marcel et al., 1994). Dans ce cas, les analyses sédimentologiques et géochimiques sont directement comparables.

## Techniques de laboratoire

Les analyses sédimentologiques et géochimiques ont été décrites dans un numéro spécial de la Revue canadienne des Sciences de la Terre consacré à la paléocéanographie de la mer du Labrador (Hillaire-Marcel et al., 1994).

A toutes fins utiles, on mentionnera ici que les teneurs en C<sub>org</sub> et C<sub>inorg</sub> ont été déterminées par double analyse avant et après traitement à l'acide chlorydrique, grâce à

un analyseur élémentaire de type Carlo-Erba<sup>mc</sup>. Les résultats représentent la moyenne de deux à trois analyses; ils sont exprimés en pourcentage pondéral (poids sec des échantillons). La reproductibilité analytique relative est de l'ordre de 3%, pour la détermination des teneurs en  $C_{inorg}$ , et de l'ordre de 5%, pour celles du  $C_{org}$  ( $\pm 1\sigma$ ).

Les analyses des teneurs en  $^{13}C$  et en  $^{18}O$  des foraminifères planctoniques *Neogloboquadrina pachiderma* lévogyre (Npl) (150-250  $\mu m$ ) ont été réalisées grâce à un système de préparation automatique (Isocarb<sup>mc</sup>) en ligne sur un spectromètre Prism (voir Hillaire-Marcel et al., 1994). Les résultats sont exprimés en unités  $\delta$  pour mille (‰) par comparaison à l'étalement PDB (Pee Dee Belemnite); la reproductibilité analytique ( $1\sigma$ ) est de l'ordre de 0,05‰.

Les âges  $^{14}C$  ont été obtenus pour des populations monospécifiques de foraminifères planctoniques (Npl), échantillonnées sous binoculaire. Les analyses ont été réalisées sur le Tandetron d'IsoTrace (Université de Toronto). Le bruit de fond maximal observé au cours du programme analytique (Wu et Hillaire-Marcel, 1994) était inférieur à 0,21% par comparaison au carbone moderne; il correspond à un âge apparent supérieur à 49 ka BP. Les âges sont calculés en utilisant la période de Libby, normalisés à  $\delta^{13}C = -25$  ‰ et corrigés de -400 ans, pour prendre en compte le vieillissement apparent des eaux de surface de l'Atlantique Nord (e.g., Bard et al., 1989). Ces âges  $^{14}C$  «conventionnels» sont exprimés, en années ou milliers d'années BP.

Les parties aliquotes destinées aux analyses micropaléontologiques ont été traitées selon trois procédés distincts. Aux fins des analyses palynologiques, 5  $cm^3$  de sédiments humides ont été tamisés entre 10 et 125  $\mu m$ , puis traités selon les méthodes conventionnelles. Les concentrations ont été évaluées sur la base de la méthode des grains marqueurs qui autorise une reproductibilité ( $1\sigma$ ) d'environ 10% (e.g., de Vernal et al., 1987). Les comptages palynologiques (supérieurs à 500 individus lorsque la concentration le permet) incluent les kystes de dinoflagellés, les réseaux organiques de foraminifères (de Vernal et al., 1992), ainsi que le pollen et les spores. Ces résultats sont présentés en détail dans Rochon et de Vernal, (1994) et de Vernal et al. (1994). Les comptages des foraminifères benthiques et planctoniques ont été réalisés dans les fractions supérieures à 63  $\mu m$  et inférieures à 149  $\mu m$ , respectivement. La nature et la distribution des assemblages benthiques ont été décrites par Bilodeau et al. (1994). Cocolithes et diatomées ont été dénombrés sur des parties aliquotes de 0,01 g de

sédiment sec. Les lames destinées aux comptages ont été préparées par décantation du sédiment total, préalablement homogénéisé et défloculé dans une cuve ultrasonique. Les concentrations ont été évaluées par comparaison de comptages aléatoires dans une dizaine de champs. La reproductibilité des comptages, pour un même échantillon est de l'ordre de 10% ( $1\sigma$ ).

Pour ce qui concerne la géochimie des actinides, deux à quatre grammes de sédiment sec ont été utilisés pour chaque analyse. La totalité du sédiment a été attaquée, mis en solution et marqué par une solution connue de  $^{232}\text{U}/^{228}\text{Th}$ . Nous avons eu recours aux techniques habituelles courantes de préconcentration, de séparation chimique sur résine échangeuse puis d'électrodépôt sur disque d'acier (voir Lally, 1980). Le dosage des isotopes  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  et  $^{230}\text{Th}$  du sédiment total a été effectué par spectrométrie alpha (EGG-Ortec<sup>mc</sup>); les résultats sont exprimés en désintégration par minute et par gramme ( $\text{dpm} \cdot \text{g}^{-1}$ ). Un minimum de 2000 coups nets a été cumulé pour chaque isotope, afin d'obtenir un écart-type inférieur à 3%. Pour une description complète de la méthode on se reportera à l'annexe 3.

## **CHAPITRE 1**

# **LES ISOTOPES DES FAMILLES U ET Th EN TANT QUE TRACEURS ISOTOPIQUES DES SÉDIMENTS TERRIGÈNES ET DES CHANGEMENTS DANS LA SÉDIMENTATION**

## 1.1 INTRODUCTION

Les premières études sédimentologiques de la mer du Labrador datent du début des années 70 (McMillan, 1973). Depuis, plusieurs s'y sont ajoutées (e.g., Chough, 1978; Filon et al., 1982; Hesss et al., 1987; Hiscott et al., 1989) et une synthèse a été établie récemment par Piper et al., (1990). Les sédiments qu'on observe dans ce bassin sont principalement issus de l'érosion des formations de l'Archéen et du Protérozoïque qui bordent le bassin, notamment celles du Groenland et de la péninsule du Labrador (voir par exemple Hoffman, 1989; fig. 1.1). On y relève également des carbonates détritiques qui résultent en grande partie de l'érosion du plancher paléozoïque de la baie et du détroit d'Hudson par les glaciers (Filon, 1985; Filon et Aksu, 1985; Miller et Kaufman, 1990; Andrews et al., 1994). Les sédiments peuvent inclure aussi des carbonates biogéniques qui, dans certains horizons, représentent jusqu'à 50% en poids de l'échantillon (Hillaire-Marcel et al., 1994).

Pour ce qui concerne la fraction argileuse, les apports proximaux se composent principalement d'illite et de chlorite, les sédiments de la partie S-O du bassin, près des côtes du Labrador, contiennent en plus un certain pourcentage de vermiculite qui n'est pas observé ailleurs (Fagel et al., 1996). Le débit des masses d'eau entraînées par le WBUC influence directement le patron de sédimentation du bassin. Ce phénomène a été mis en évidence notamment par la distribution des minéraux argileux (Fagel et al., 1996). Au-dessous de la zone d'influence maximum du WBUC, on relève ainsi la présence de 30 à 50% de smectites associées à des apports en provenance de la dorsale médio-océanique (Fagel et al., 1996). En première approximation, le rapport smectite/illite (S/I) peut servir à évaluer l'importance relative des apports détritiques de la dorsale et des continents riverains. Les rapports S/I sont

systématiquement élevés près de la ride Reykjanes (~ 5,42) et dans les bassins d'Irminger et d'Islande (~ 3,75); ils décroissent dans la partie nord-est de la mer du Labrador (~ 1,25). Enfin, si les smectites ne sont pas détectées dans la partie sud-ouest du bassin, leur signal reste perceptible dans la partie centrale avec un rapport S/I de l'ordre de 1,15 (Fagel et al., 1996). Les apports distaux peuvent représenter jusqu'à 40 ou 60 % de la fraction argileuse sous l'axe de débit maximal du WBUC (Fagel et al., 1996).

Les sédiments détritiques ont une composition isotopique (U-Th) qui est fonction de leurs roches sources. Parmi celles-ci, les carbonates régionaux ont une concentration moyenne en U et Th de 1,9 et 1,2 ppm, respectivement, pour un rapport U/Th moyen, exprimé en activité, de 4,8. Les roches granitiques du bouclier canadien ont des concentrations en U assez semblables (~ 2 ppm) mais des concentrations en Th beaucoup plus élevées (~ 10) pour un rapport U/Th moyen de 0,6 (voir tab. I-1). Entre ces deux pôles on trouve une gamme de valeurs intermédiaires associées à la croûte océanique [U] ~ 0,1 [Th] ~ 0,2 ppm pour un rapport U/Th de 1,4 (voir tableau I.1).

Le rapport d'activité  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  de ces roches, (~ 1), indique un uranium proche de l'équilibre séculaire. Un lessivage préférentiel de  $^{234}\text{U}$  lors de l'érosion et du transport des particules est toutefois susceptible de se produire et la fraction détritique pourrait présenter un rapport  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  inférieur à l'unité (e.g., Rosholt et al., 1964; Kigoshi, 1971; Fleisher et Rabbe, 1978).

La composition isotopique des sédiments dépend également de la taille des particules et de leur degré d'évolution et/ou d'altération. Les particules plus petites ont tendance à être enrichies en Th (Rosholt et al., 1966). Ainsi le rapport U/Th mesuré des sédiments reflète-t-il les sources détritiques mais aussi le degré d'évolution des sédiments (et leur taille granulométrique).

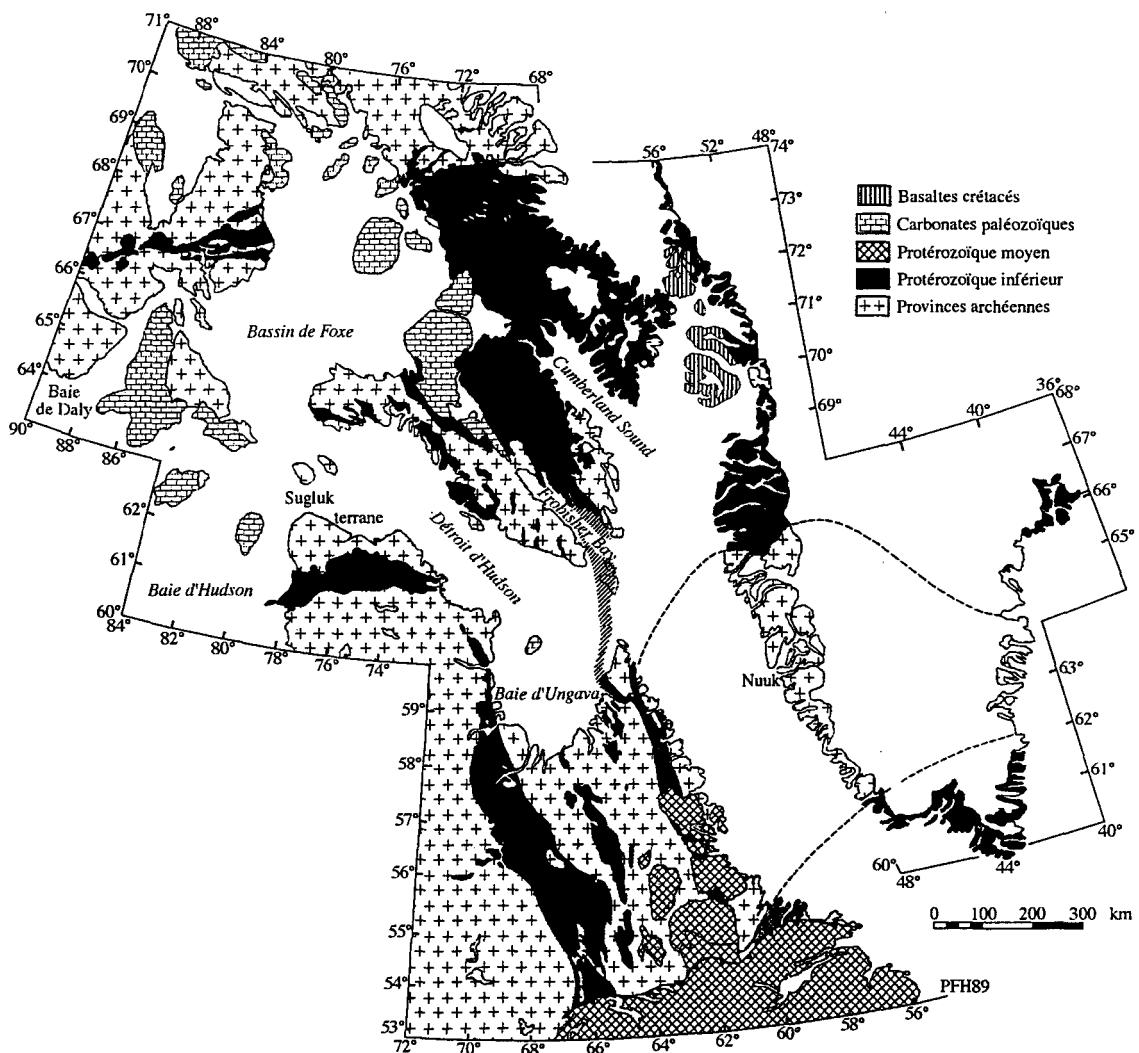


Figure: 1.1 Carte illustrant les grands ensembles géologiques autour de la mer du Labrador (d'après Hofman 1989).

Type de roche	U ppm	Th ppm	U/Th [ ]	U/Th act.	Source
Bouclier canadien	2,50	10.0	0,25	0,76	Shaw D.M. 1967
Bouclier canadien	1,50	10,8	0,14	0,42	Fahrig W.F. 1968
Croûte océanique	0,10	0,22	0,45	1,39	Jochum K.P. 1983
Carbonates	1,90	1,20	1,58	4,84	Faure G. 1986
Sable et argile océanique	0,7-4	1-30	0,13-0,7	0,41-2,14	Ivanovich 1992
Sédiment dorsale (fr. décarbonatée)	1,67	5,86	0,29	0,89	La présente étude

Tableau 1.1. Teneurs en U et Th des formations géologiques régionales.

## 1.2 DESCRIPTION SÉDIMENTOLOGIQUE

### 1.2.1 Sédimentation holocène et actuelle (interglaciaire)

La sédimentation holocène et actuelle de la mer du Labrador se caractérise par des tailles granulométriques allant des argiles aux sables grossiers et occasionnellement à des graviers et blocs apportés par le vêlage des icebergs. Les sommets de carottes sont généralement oxydés et présentent souvent une faune benthique importante. À titre d'exemple, la carotte boîte 90-013-017, prélevée au sud du Groenland, à 3379 mètres de profondeur, est composée en surface de 20 cm de silt argileux brun surmontant une zone réduite d'argile gris-bleu (Hillaire-Marcel et al., 1991). Ces sédiments présentent, au-delà de la zone réactive (quelques cm sous la surface), une concentration assez uniforme en carbone organique ( $C_{org.} \sim 0,4\%$ ), en pratique lié à la matière organique réfractaire qui a échappé à l'oxydation lors de la diagénèse précoce (Muzuka, 1995). Exprimé en équivalent  $CaCO_3$ , le carbone inorganique ( $C_{inorg.}$ ) représente environ 40% du poids sec du sédiment. À cet endroit, la vitesse de sédimentation moyenne pour l'Holocène est de 32 cm/ka (Hillaire-Marcel et al., 1994). De l'autre côté du bassin, sur le glacis labradorien, la carotte boîte 90-013-20 à 2865 m est composée de sédiments hémpélagiques fins contenant des argiles brunes (oxydées) qui passent au

gris (réduites) à 8 cm sous la surface. Par comparaison à la carotte 017, la carotte 020 présente des concentrations en  $C_{org}$  plus variables et plus élevées ~0,7% et des concentrations en  $CaCO_3$  plus faibles ~25%. La vitesse de sédimentation s'établit à ~22 cm/ka à cet endroit (Hillaire-Marcel et al., 1994).

### 1.2.2 Sédimentation pré-holocène

La sédimentation pré-holocène est fortement influencée par la proximité des grandes calottes glaciaires. La productivité océanique y est moindre et les teneurs en  $C_{inorg}$  authigène sont extrêmement faibles (Hillaire-Marcel et al., 1994). Les apports dus au vêlage par les icebergs constituent une composante importante de la sédimentation (Piper et al., 1990). Les sédiments sont composés d'un mélange de silts et d'argiles (Chough et Hesse, 1985) mais présentent des lits marquant des événements sédimentologiques brefs liés à des apports turbiditiques déclenchés par des crues glaciaires dans le détroit d'Hudson (Fillon, 1985; Fillon et Aksu, 1985; Miller et Kaufman, 1990; Andrews et al., 1994, Hillaire-Marcel et al., 1994). Ces unités sont ici nommées FDU (*fast depositional units*, Hillaire-Marcel et al., 1994, Stoner et al., 1994-1995-1996). Certains FDU correspondent aux événements de type Heinrich (*Heinrich Events*, HE; Fillon et Duplessy, 1980; Heinrich, 1988; Bond et al., 1992; Stoner et al., 1996). A l'occasion, des dépôts présentent des caractéristiques plus locales, telles certaines turbidites et contourites (Chough et Hesse, 1985; Cremer, 1989; Hiscott et al., 1989).

## 1.3 COMPOSITION ISOTOPIQUE DES SÉDIMENTS RÉCENTS

L'analyse des sédiments récents des carottes boîtes révèle des concentrations en  $CaCO_3$  importantes de l'ordre de 20 à 30% voire 50%, en poids (Hillaire-Marcel et al., 1994a). Il existe une corrélation nette ( $R = 0,91$ ) entre les concentrations en  $CaCO_3$  et l'épaisseur de la tranche d'eau (fig. 1.2). L'origine de ces carbonates est essentiellement biogénique, ceci est démontré par une relation très forte avec les indicateurs de productivité primaire, principalement les coccolithes (fig. 1.3). La pluie pelto-micritique semble donc s'accumuler principalement en profondeur.

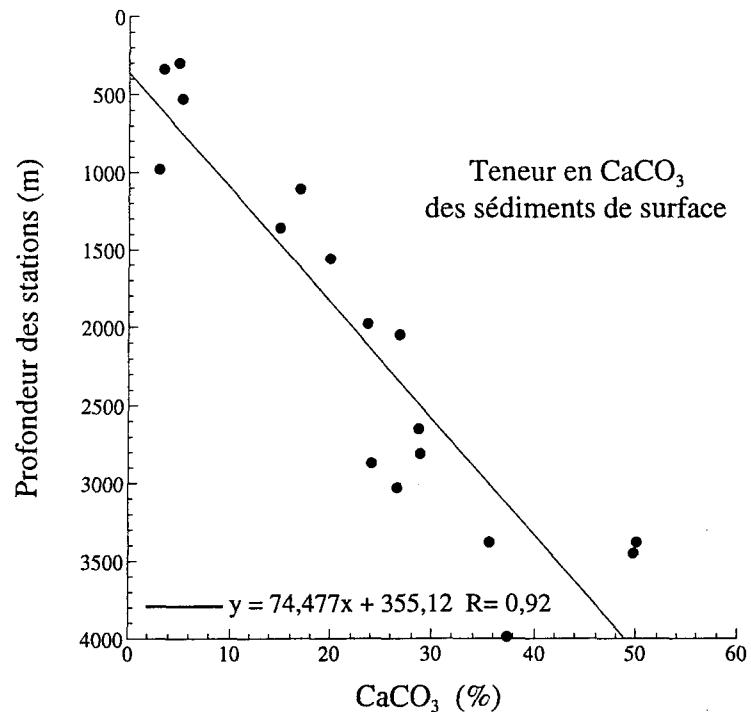


Figure 1.2. Teneur en  $\text{CaCO}_3$  des sédiments de surface en relation avec la profondeur des stations.

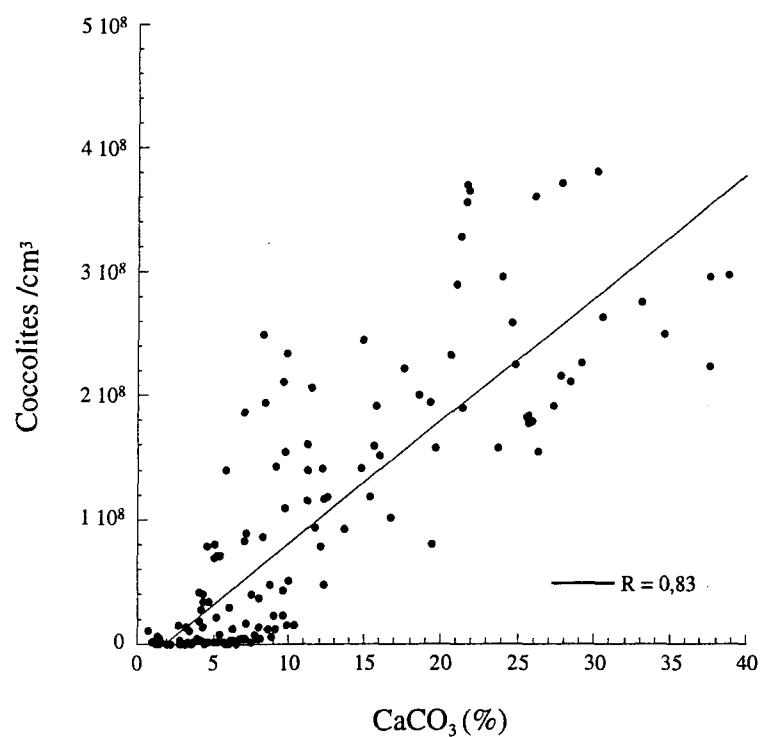


Figure 1.3. Teneur en  $\text{CaCO}_3$  des sédiments de la carotte 90-013-013 en relation avec la concentration des coccolithes ( $\text{n}/\text{cm}^3$ ).

Les apports en  $\text{CaCO}_3$  détritique représentent, dans les échantillons actuels (fig. 1.3), moins de 5% des carbonates présents dans le nord du bassin et moins de 10% dans la partie sud du bassin (Hillaire-Marcel et al., 1994a). À toutes fins utiles, les teneurs en U et Th des sédiments ont été corrigées et rapportées à la fraction décarbonatée (voir tableau en annexe).

Le thorium constitue un excellent marqueur des apports terrigènes, sa concentration dans les sédiments permet d'établir un bilan de l'érosion des masses continentales. La quasi-insolubilité du Th restreint en effet les remobilisations post-sédimentaires. On considère également sa décroissance radioactive comme négligeable pour la période de temps étudiée (période du  $^{232}\text{Th} = 1.41 \times 10^{10}$  ans). À l'échelle de l'Holocène, on observe une corrélation ( $R = 0,84$ ) entre les concentrations en Th (rapportées au sédiment décarbonaté) et la taille granulométrique moyenne des sédiments. Les concentrations en Th les plus élevées ( $\sim 6$  ppm) s'observent pour des moyennes de 8 à 9  $\mu\text{m}$ , (fig. 1.4).

Les concentrations en Th et U des sédiments de surface varient respectivement entre 2 à 10 ppm et 0,5 à 1,8 ppm. Cette variation s'explique en grande partie par leur situation géographique et la dynamique des courants marins qui affectent la sédimentation. Les carottes boîtes étudiées révèlent qu'en moyenne les 25 premiers centimètres de sédiment sont oxydés et que de l'uranium diagénétique est présentement fixé sous le front d'oxydoréduction (Gariépy et al., 1994; fig. 1.5). A cause de cette fixation diagénétique précoce d'uranium liée aux flux de  $\text{C}_{\text{org}}$  et à la vitesse de sédimentation (Hillaire-Marcel et al., 1994a), le rapport  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  des sédiments n'est pas nécessairement représentatif des sources détritiques. Ceci est également démontré par les rapports  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  parfois supérieurs à l'unité; ils rendent alors compte d'une fixation d'uranium provenant de l'eau de mer. Cet uranium se caractérise par un rapport d'activité  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ , considéré constant, de  $1,144 \pm 0,002$  (Chen et al., 1986).

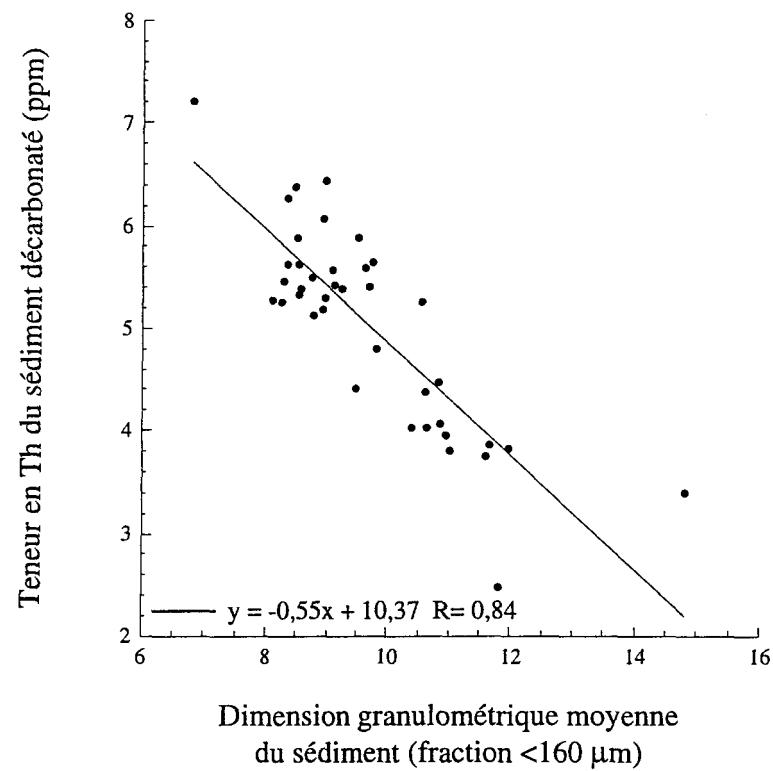


Figure 1.4. Teneur en Th des sédiments holocènes de la carotte 90-013-013 en relation avec la dimension granulométrique moyenne du sédiment dans la fraction inférieure à 160 μm.

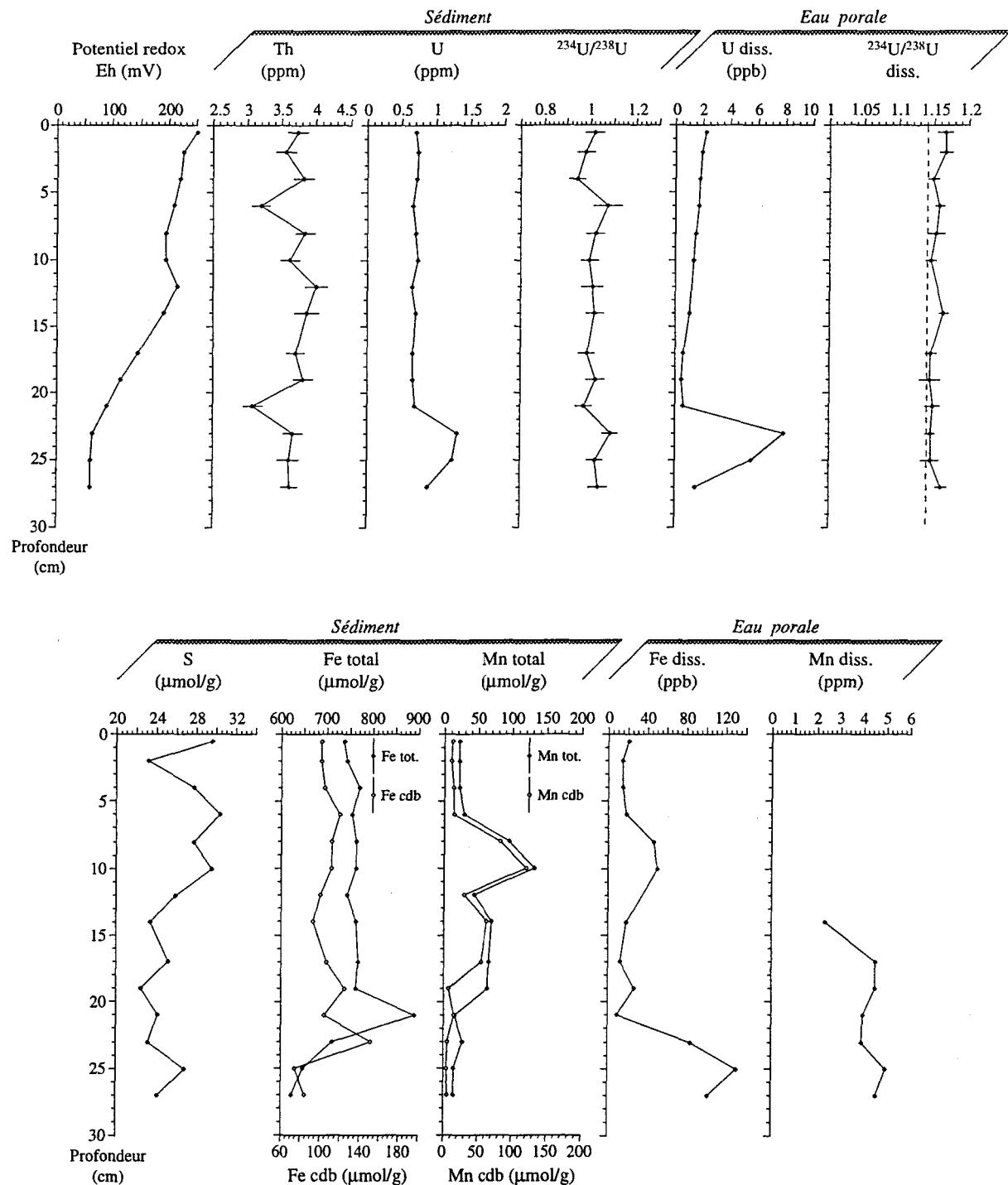


Figure 1.5. Teneurs en Th, U, S, Fe, Mn et rapport d'activité  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  des sédiments et eaux porales de la carotte 90-013-017. Les données concernant l'uranium et le rapport isotopique  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  des eaux porales pour cette station sont extraites de Gariépy et al., 1994; les données concernant S, Fe, Mn des sédiments et eaux porales sont extraits de Lucotte et al., 1994.

Rappelons que l'un des objectifs que nous nous sommes fixés consiste à identifier les sources de matériaux détritiques par leur composition en Th ou en U. En ce qui a trait à l'uranium en tant que marqueur détritique, seuls les sédiments oxydés sont utilisés (donc ceux n'ayant pas fixé d'uranium diagénétique précoce). Pour ce faire, les stations ont été regroupées par région, soit la marge labradorienne, la marge groenlandaise et la dorsale océanique ainsi qu'en fonction de leur situation par rapport à la zone de débit maximal du WBUC. Les données disponibles concernant les sédiments récents proviennent de carottes boîtes dont certaines n'ont fait l'objet que d'une analyse représentant le sommet immédiat de la carotte. Les données détaillées sont présentées dans des tableaux en annexe. On ne mentionnera ici que les teneurs moyennes en U et Th (tableau 1.2).

### 1.3.1 Ride Reykjanes

Une carotte boîte (HU-91-045-063) a été prélevée sur la ride de Reykjanes à 1319 m de profondeur. Les teneurs moyennes en U et Th du sédiment décarbonaté y sont respectivement de  $1,50 \pm 0,05$  ppm et de  $3,65 \pm 0,10$  ppm. Les rapports  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  et  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  moyens y sont respectivement de  $1,27 \pm 0,05$  et  $1,05 \pm 0,03$ . L'ensemble de la carotte boîte est oxydé ( $\text{Eh} > 135$  mv) et présente quand même un rapport  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  légèrement supérieur à 1. Ceci s'explique probablement par la présence d'uranium bioconcentré par une macrofaune benthique extrêmement riche. La surface de la carotte boîte est composée d'éponges, d'échinodermes et de gastéropodes, et le sédiment sous-jacent, d'une boue très riche en spicules d'éponges. Le rapport smectite/illite (S/I) de 5,4 indique ici l'altération de matériaux liés à la croûte océanique. Le rapport  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  mesuré ici est en accord avec les données disponibles dans la littérature concernant le rapport U/Th moyen de la croûte océanique ( $1,27 \pm 0,05$  vs 1,39; cf., Jochum, 1983). Cette station est par conséquent considérée comme représentative d'un pôle détritique associé aux sédiments de la ride médio-océanique.

### 1.3.2 Marge groenlandaise

Aux stations situées au-dessus de la zone de débit maximal du WBUC (McCartney, 1992; Hillaire-Marcel et al., 1994a; fig. i.1: 87-033-008, 90-013-006, 91-045-038, 91-045-040 et 91-045-044) on a surtout observé des sédiments de surface grossiers (sable et gravier). Ceux-ci ont été analysées pour leur contenu en U et Th tandis que la carotte boîte 90-013-006 faisait l'objet d'analyses séries entre 0 et 16 cm. Cette carotte boîte 90-013-006 couvre l'Holocène supérieur (0 à ~ 6000 ans); elle est oxydée sur l'ensemble du profil et n'a donc pas fixé d'uranium diagénétique. Les rapports  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  inférieurs à l'unité ( $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} = 0,98 \pm 0,03$ ) indiquent en effet l'absence d'uranium authigène ou diagénétique et marquent plutôt un léger lessivage préférentiel de  $^{234}\text{U}$  lors de l'érosion et du transport préalable des particules. La teneur moyenne en Th est de  $3,87 \pm 0,56$  ppm pour un rapport d'activité  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  moyen de  $0,61 \pm 0,05$ . Les smectites représentent 32,5% de la fraction argileuse; elles indiquent un apport détritique lié à la dorsale. Toutefois les argiles ne représentent ici qu'une fraction négligeable du sédiment qui est composé principalement de sable. Les rapports U/Th calculés ainsi que les concentrations en Th peuvent être considérés, en première approximation, comme représentatifs des sources proximales groenlandaises (voir tableau 1.2 page suivante)

Dans la zone d'influence majeure du WBUC (~ 2800 m), on observe à la station 90-013-011 des sédiments de surface surtout composés de sables fins, leur fraction argileuse inclut un contenu en smectites beaucoup plus important que précédemment, soit plus de 50% (Fagel et al., 1995). L'apport de matériaux issus de la dorsale ( $S/I = 2,4$ ) dilue ici le signal groenlandais proximal. La concentration en Th est de  $3,47 \pm 0,14$  ppm pour un rapport d'activité  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  moyen de  $0,83 \pm 0,02$  et un rapport  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  de  $1,01 \pm 0,01$ . Les valeurs mesurées représentent donc un mélange entre les sources groenlandaises et la dorsale, ceci dans une proportion d'environ un tiers deux tiers, sur la base d'un calcul de mélange entre les deux composantes.

Bassin	Station	Prof. (m)	Eh (mV)	CaCO <sub>3</sub> (%)	C <sub>org.</sub> (%)	U <sup>1</sup> (ppm)	Th <sup>1</sup> (ppm)	$\frac{^{234}U}{^{238}U}$	$\frac{^{238}U}{^{232}Th}$	Chl. (%)	Ill. (%)	Sme. (%)	Ver. (%)	Kao. (%)	$\frac{S}{I}$
Marge du	045-044	976	--	3.0	0.07	0.82±0.03	2.87±0.15	1.06±0.03	0.85±0.03	--	--	--	--	--	--
	013-006	1105	220	16.8	0.16	0.71±0.02	3.85±0.06	1.02±0.03	0.57±0.02	25	33	32	0	9	0.98
Groenland	045-040	1559	182	19.9	0.26	0.97±0.03	4.11±0.21	1.01±0.03	0.70±0.02	22	64	9	0	5	0.14
	045-038	2052	--	26.7	0.46	1.40±0.10	4.66±0.20	0.92±0.04	0.89±0.03	--	--	--	--	--	--
	013-011	2805	190	28.8	0.01	0.93±0.03	3.77±0.14	1.03±0.04	0.76±0.04	15	21	51	0	13	2.43
	013-017	3379	250	35.6	0.27	1.09±0.03	5.81±0.23	1.02±0.04	0.58±0.03	14	26	52	0	8	2.00
	045-008	301	-3	4.9	0.34	0.93±0.02	4.97±0.09	0.97±0.03	0.58±0.02	28	39	0	35	8	0
Marge du Labrador	045-014	340	104	3.4	0.16	0.57±0.02	1.83±0.11	1.00±0.04	0.93±0.04	33	43	0	27	10	0
	045-005	530	21	5.3	1.42	1.79±0.06	11.47±0.42	0.98±0.03	0.46±0.01	28	52	0	12	8	0
	045-016	1364	60	14.8	0.29	1.07±0.03	7.79±0.49	0.98±0.03	0.41±0.02	32	54	0	5	9	0
	045-023	1984	167	23.6	0.21	1.12±0.03	6.13±0.12	0.93±0.03	0.56±0.02	30	60	0	1	10	0
	045-018	2648	197	28.7	0.17	1.01±0.03	7.07±0.14	0.98±0.04	0.44±0.01	35	63	1	1	1	0.02
	013-020	2865	215	24.0	1.60	1.18±0.03	6.16±0.18	0.98±0.03	0.59±0.02	20	32	35	0	11	1.11
	013-027	3032	175	26.6	0.19	0.91±0.02	4.68±0.25	0.95±0.03	0.57±0.02	19	32	39	0	11	1.22
	045-093	3448	142	49.7	0.71	1.50±0.06	10.32±0.66	1.02±0.05	0.43±0.02	27	29	34	0	10	1.17
	045-068	1551	182	59.7	0.34	1.90±0.07	7.57±0.35	1.02±0.05	0.74±0.03	13	18	58	0	11	3.22
Bassin d'Islande	045-071	2237	114	43.8	1.24	1.21±0.04	3.58±0.23	0.97±0.04	1.00±0.05	19	10	67	0	5	6.70
	045-074	2926	-30	66.6	0.73	4.67±0.14	4.96±0.34	1.08±0.03	2.80±0.14	13	27	51	0	9	1.89
	045-063	1319	152	59.7	1.01	1.90±0.08	3.54±0.10	0.82±0.07	1.65±0.10	16	12	65	0	7	5.42
Bassin d'Irminger	045-060	2255	202	85.7	0.53	2.18±0.07	9.30±1.17	1.02±0.05	0.69±0.05	10	20	60	0	10.	3.00
	045-051	2949	169	35.2	0.75	1.13±0.04	4.02±0.26	1.00±0.04	0.83±0.04	22	22	46	0	10	2.09
	045-056	3025	209	7.0	1.15	1.14±0.03	5.31±0.27	0.90±0.03	0.63±0.02	14	16	62	0	9	3.97
	Gloria Drift	045-090	3378	135	50.0	0.26	1.11±0.03	8.29±0.62	0.99±0.03	0.40±0.01	21	31	35	0	13
NAMOC	045-028	3992	105	37.4	0.91	1.22±0.03	6.94±0.90	0.93±0.03	0.52±0.02	22	32	32	0	14	1.00

Tableau 1.2. Concentration et rapport d'activité des isotopes des familles U et Th et composition minéralogique des argiles de la fraction < 2 µm (Fagel et al., 1995) dans les échantillons de surface.

Au dessous de la zone d'influence maximale du WBUC, les stations 90-013-017 et 91-045-028 présentent des sédiments fins, principalement des silts argileux. L'influence des apports détritiques de la dorsale, liée à une focalisation des particules fines vers les parties plus profondes du bassin, s'y observe, par exemple dans la carotte boîte 90-013-017, où 52% des argiles sont des smectites (rapport S/I ~ 2). À cette station la proportion de matériaux fins est très importante. Par suite, les teneurs en Th et les rapports isotopiques mesurés reflètent majoritairement la source distale. Les sédiments oxydés du profil livrent un rapport  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  moyen de  $0,59 \pm 0,02$  et un rapport  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  de  $1,00 \pm 0,01$  pour une concentration en Th de  $5,75 \pm 0,13$  ppm.

### 1.3.3 Marge labradorienne

Sur la marge labradorienne, neuf carottes boîtes ont été prélevées, dont sept d'entre elles le long d'un profil "onshore/offshore" au large du goulet de Hamilton (Hamilton Inlet), les deux autres proviennent du glacis labradorien au nord-ouest de la traverse. Les résultats des analyses dont elles ont fait l'objet sont reportés sur une figure composite qui présente les concentrations U et Th et rapports isotopiques afférents en fonction de la profondeur des stations (fig. 1.6a, b, c, d et e). La zone de débit maximal du WBUC n'est pas clairement définie sur ce côté du bassin, elle se situerait à  $\sim 2800$ m (McCartney, 1992; Hillaire-Marcel et al., 1994a). Les stations qui se trouvent au dessus de cette zone (91-045-005, 008, 014, 016, 023, 018) livrent un rapport  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  de  $0,50 \pm 0,07$  et un rapport  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  de  $0,97 \pm 0,03$ . Les teneurs en U du sédiment décarbonaté varient entre 0,6 et 1,8; les teneurs en Th entre 4,7 et 11,5. Il est à noter qu'aucune de ces stations ne présente des teneurs en smectites détectables (Flagel et al., 1996), indiquant l'influence négligeable par des apports distaux liés au WBUC.

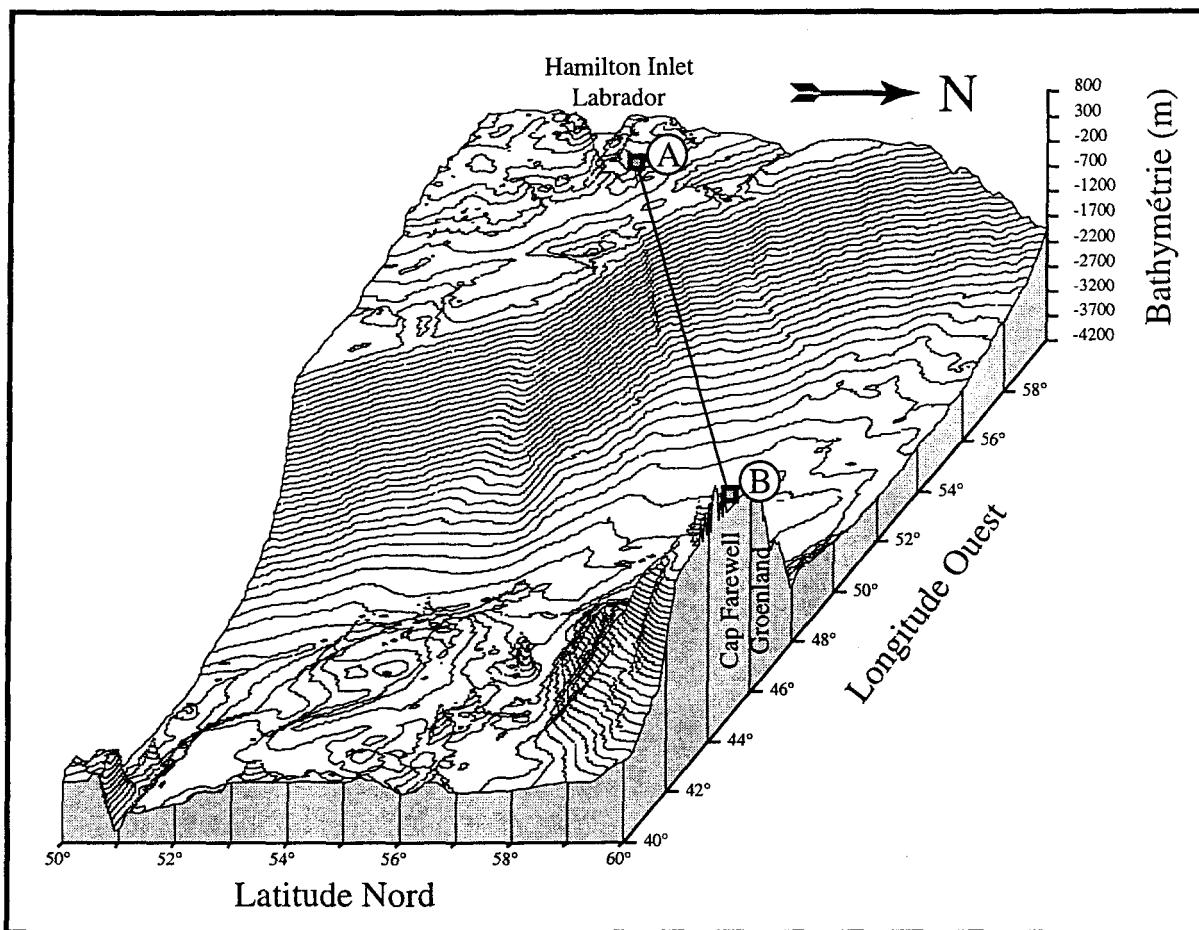


Figure 1.6a. Bloc diagramme localisant la coupe transversale ci dessous entre Hamilton Inlet au Labrador et le Cap Farewell au Groenland.

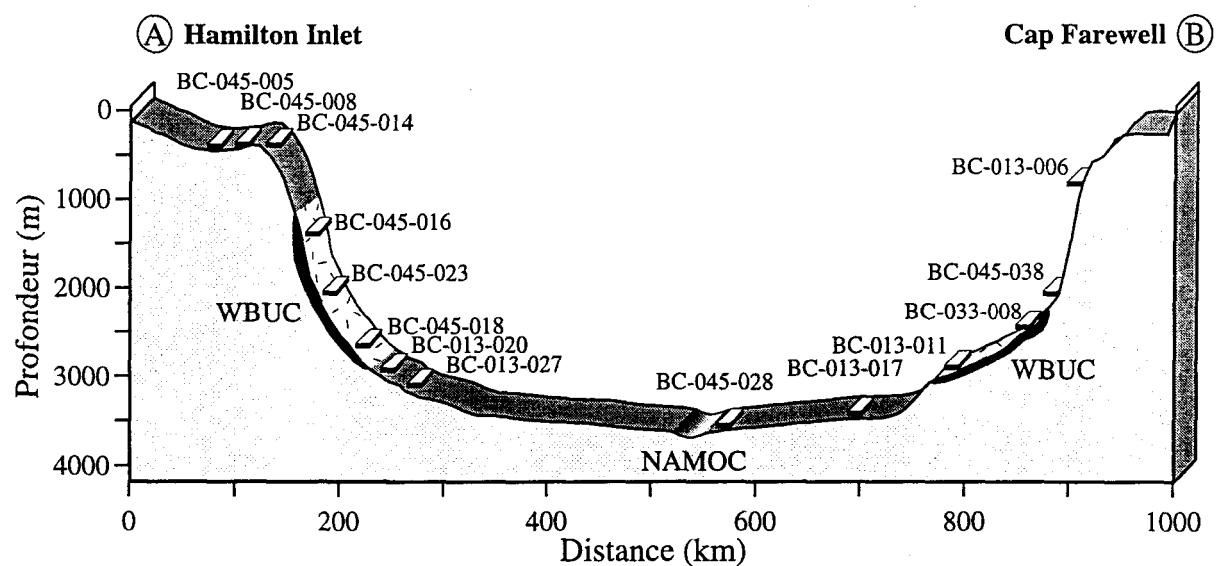


Figure 1.6b. Localisation des stations étudiées le long d'un profil transverse dans la mer du Labrador.

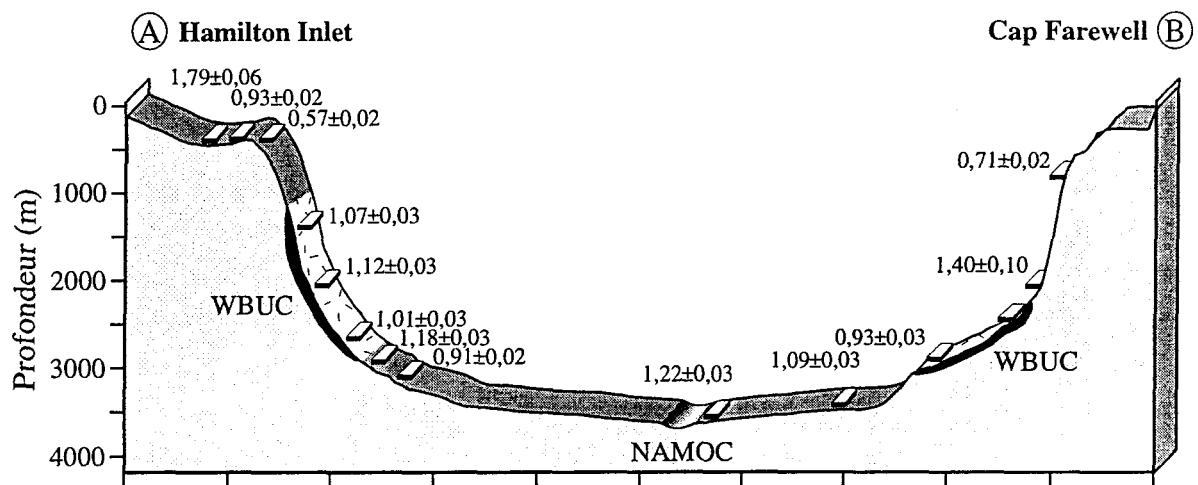


Figure 1.6c. Teneur en uranium (en ppm) des sédiments décarbonatés des stations du profil transverse.

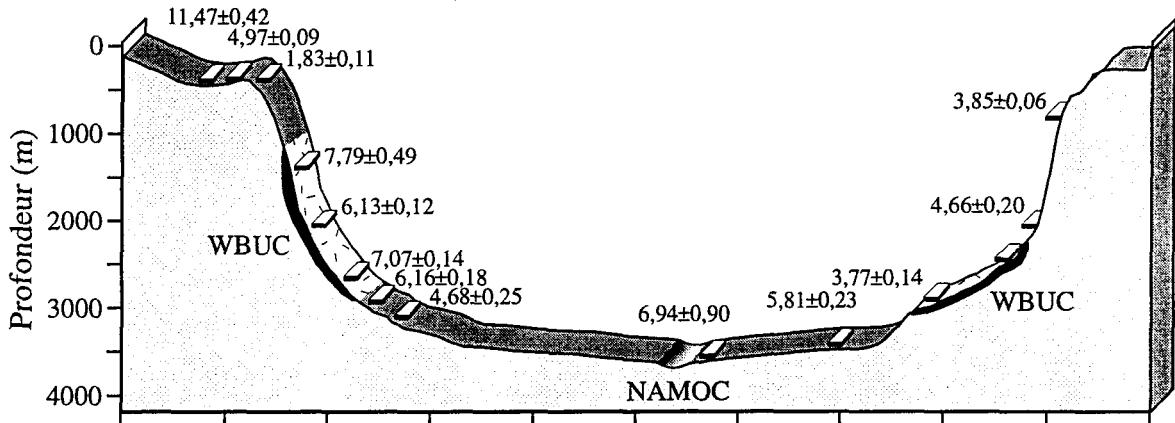


Figure 1.6d. Teneur en thorium (en ppm) des sédiments décarbonatés des stations du profil transverse.

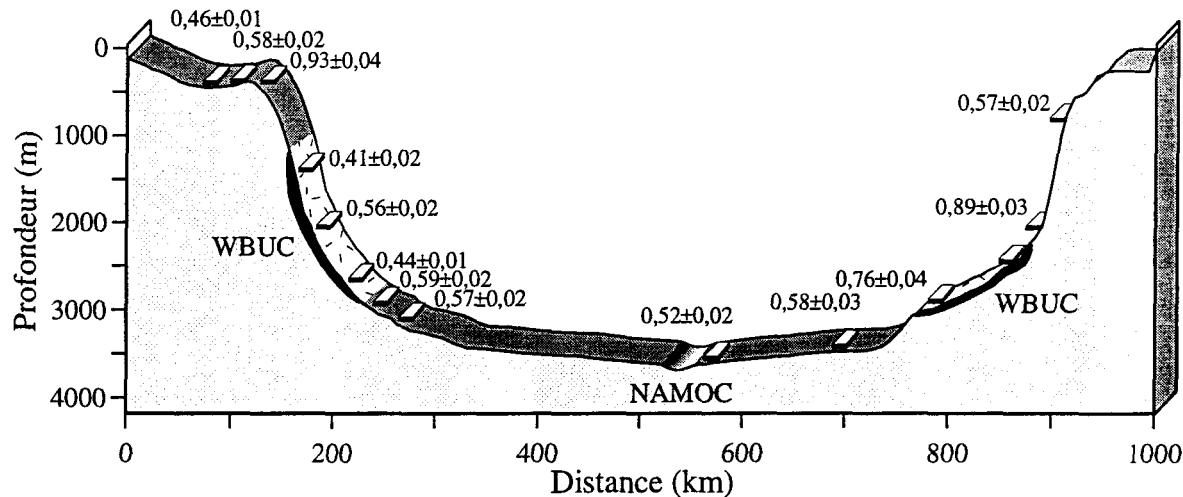


Figure 1.6e. Rapport d'activité  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  des sédiments des stations du profil transverse.

Les carottes 90-013-020 et 90-013-027, sont influencées par le WBUC mais dans une proportion moindre que sur la marge groenlandaise. Les rapports S/I y atteignent respectivement 1,11 et 1,22 (Fagel et al., 1996). Les rapports  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  et  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  des deux stations sont identiques (0,53 et 0,96 respectivement). À la station 90-013-020, on relève cependant des teneurs en U et Th plus élevées (U ~1,15 ppm et Th ~6,3 ppm) qu'à la station 90-013-027 (U ~0,85 ppm et Th ~4,6 ppm).

En première approximation, on peut attribuer au pôle détritique labradorien des rapports  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  et  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  de  $0,50 \pm 0,07$  et  $0,97 \pm 0,03$ , respectivement.

#### 1.3.4 Le Labrador central

Deux carottes boîtes proviennent de la partie sud-ouest de la mer du Labrador (91-045-090 et 91-045-093) à des profondeurs de 3378 m et 3448 m respectivement. Aux deux stations, la fraction carbonatée constitue plus de la moitié du sédiment en poids. Les teneurs en U et Th y sont comparables et sont respectivement de ~1,4 ppm et ~10,2 ppm. Les sédiments de surface présentent ainsi des rapports  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  plus faibles (0,40 et 0,43) que ceux observés plus près des marges labradoriennes; ces rapports s'expliquent en partie par des teneurs plus élevées en Th.

#### 1.3.5 Discussion sur les signatures isotopiques des sédiments de surface

On observe dans l'ensemble des stations étudiées des différences de composition isotopique qui expriment des signatures régionales (tableau 1.3, fig. 1.7). Les sédiments provenant de la ride Reykjanes montrent des concentrations en U élevées comparativement aux autres sites et, par conséquent, des signatures U/Th plus élevées. Dans la plupart des cas, ils sont légèrement appauvris en  $^{234}\text{U}$  ( $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  moyen de  $0,94 \pm 0,08$ ; voir tableau 1.3). Dans le cas présent, les rapports U/Th relativement élevés ne sont donc pas liés à des apports d'uranium authigène ou diagénétique précoce, mais aux fortes teneurs en U des minéraux issus de l'altération de la dorsale. Cette observation est en accord avec les rapports U/Th élevés rapportés en général pour la croûte océanique (1,39; Jochum, 1983), comparés par exemple, aux faibles rapports U/Th des boucliers canadien et groenlandais (entre ~ 0,4 et ~ 0,7; e.g., Shaw, 1967; Fahrig, 1968; Nathan 1976; Taylor et McLennan, 1985).

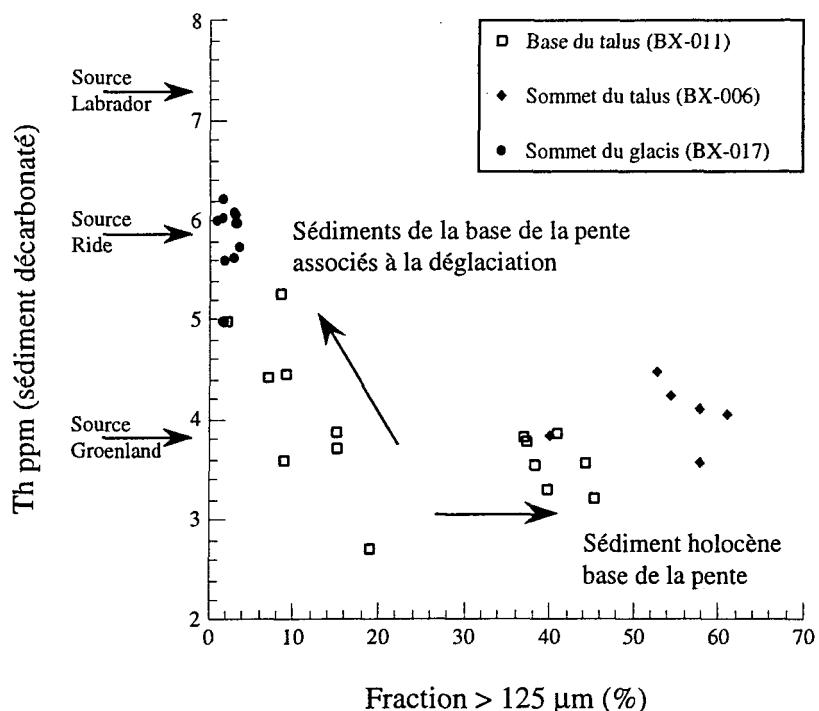


Figure 1.7a. Teneur en Th du sédiment décarbonaté en relation avec le pourcentage de la fraction supérieure à 125 µm.

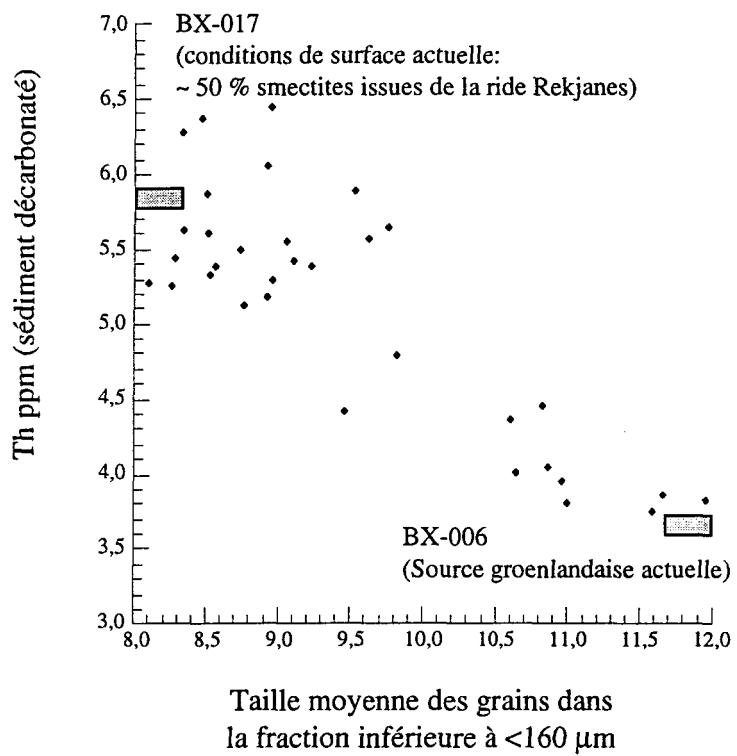


Figure 1.7b. Teneur en Th du sédiment décarbonaté en relation avec la taille moyenne des grains dans la fraction inférieure à <160 µm.

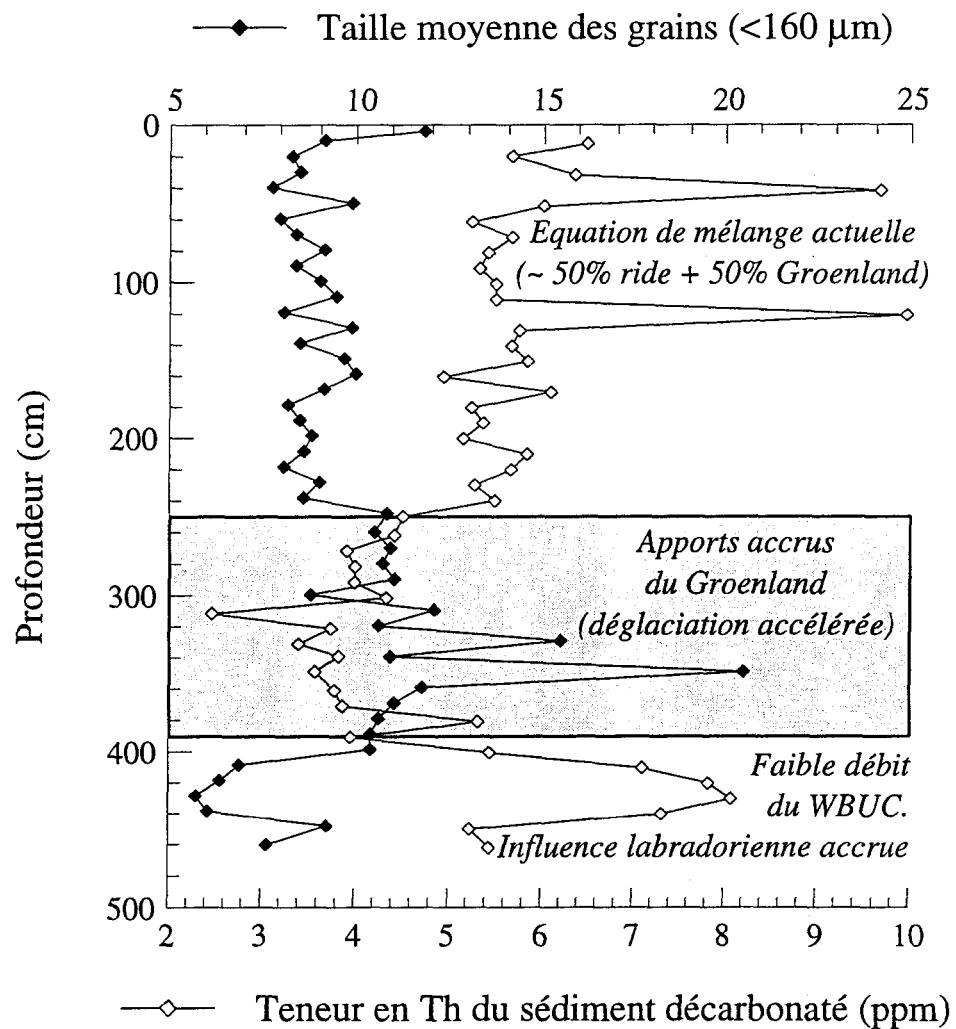


Figure 1.8. Variations des teneurs en Th du sédiment décarbonaté et variations de la taille granulométrique moyenne dans la fraction inférieure à 160 µm en fonction de la profondeur dans la carotte 90-013-013.

Les teneurs moyennes en Th présentent également une différence importante d'une localité à l'autre. Le matériel issu de la marge labradorienne est considérablement enrichi en Th relativement à sa contrepartie groenlandaise (~ 7,3 et ~ 4,6 ppm). La teneur en Th des apports détritiques proximaux actuels de la marge groenlandaise est plus faible que la valeur moyenne mesurée dans les échantillons de surface, cette moyenne inclut des sédiments qui appartiennent à des stations se trouvant sous l'influence directe du WBUC et des apports distaux. Une estimation du contenu en Th des apports proximaux groenlandais peut-être établie à partir des données de la carotte boîte 90-013-006 du sommet du talus continental (1105 m, Th sédiment décarbonaté ~ 3,9 ppm; tableau en annexe). Cependant, cette estimation peut-être biaisée par le fait que le sédiment de cette station est plus grossier qu'ailleurs. De façon générale, les argiles sont en effet enrichies en Th comparativement aux roches mères non altérées et aux autres fractions grossières (e.g., Hillaire-Marcel et al., 1990c; Ghaleb et al., 1990). Malheureusement, dans le cas présent, on n'a pu établir un lien direct entre la granulométrie du sédiment et sa teneur en Th. Ceci est illustré sur la figure 1.7 où l'on note que la fraction fine est influencée par les apports d'une source détritique spécifique et que, par conséquent, les teneurs en Th mesurées peuvent résulter aussi bien d'effets granulométriques que des apports de sources différentes (fig. 1.8). Par suite, les estimations des signatures isotopiques régionales sont à considérer avec prudence. Le rapport U/Th moyen des sédiments de la marge du Groenland ( $0,69 \pm 0,14$ ) n'est toutefois pas statistiquement différent de celui des sédiments oxydés de la marge du Labrador ou de la carotte boîte 90-013-006 ( $0,50 \pm 0,08$  et  $0,61 \pm 0,05$ ; tableau 1.3).

#### 1.4 LES SÉDIMENTS ANCIENS

Les changements considérables des conditions climatiques qu'a connus la mer du Labrador au cours des 140 derniers milliers d'années ont modifié de façon importante la sédimentation dans le bassin. Deux carottes longues, 90-013-013 et 91-045-094, prélevées respectivement sur les glacis groenlandais et labradorien, permettront d'illustrer les effets des changements climatiques et océanographiques sur la géochimie des sédiments. Les enregistrements sédimentaires de ces deux carottes couvrent l'intervalle de temps allant de l'actuel au stade isotopique 7 pour la station 90-013-013 et jusqu'au stade isotopique 5a pour la station 094 (fig. 1.9 et 1.10).

A la station 90-013-013, des changements dans les apports détritiques et dans la taille granulométrique des sédiments sont observés, notamment dans la fraction  $> 125 \mu\text{m}$  qui met en évidence le délestage de débris par les glaces flottantes (fig. 1.10). La taille moyenne des particules dans la fraction inférieure à  $160 \mu\text{m}$  (fig. 1.10) ainsi que les propriétés magnétiques du sédiment (Stoner et al., 1994) soulignent très bien les changements sédimentologiques lors des transitions glaciaires/interglaciaires.

Les concentrations en U et Th observées à la station 90-013-013 varient dans l'ensemble de la carotte respectivement de 1 à 2 ppm et de 1 à 8 ppm. Si les concentrations les plus faibles en U peuvent être associées assez facilement aux stades glaciaires ( $\sim 1 \text{ ppm}$ ), les concentrations en Th sont beaucoup plus variables (fig. 1.9).

Lors des périodes glaciaires (stades isotopiques 2, 4 et 6), il est généralement admis que le débit du WBUC était faible (Hillaire-Marcel et al., 1994). Ceci a pour effet de réduire considérablement les apports distaux liés à la ride médio-océanique. De plus, la productivité primaire lors de ces épisodes était presque inexistante (Hillaire-Marcel et al., 1994b; fig. 1.9). L'absence subséquente d'uranium diagénétique dans ces horizons nous autorise à considérer le rapport  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  mesuré comme représentatif de la signature isotopique de la source détritique silicatée. On observe ainsi dans la carotte 90-013-013, pour ces périodes, un regroupement des rapports  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  autour de  $\sim 0,48$  (fig. 1.9). Les rapports  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  associés à ces sédiments sont inférieurs à l'unité ( $\sim 0,9$ ), indiquant en première approximation, un lessivage préférentiel de  $^{234}\text{U}$  lors du transport ou à la suite d'effets diagénétiques (voir plus loin chapitre 2). Le rapport  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  est le même pour les 3 stades isotopiques, suggérant que les sources sédimentaires n'ont pas changé d'une période glaciaire à une autre.

D'après leurs rapports  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$ , ces sédiments semblent apparentés à une source labradorienne plutôt que groenlandaise. Bien que nous soyons sur le côté groenlandais du glaçis, la gyre qu'effectuent les courants marins à l'intérieur de la mer du Labrador (Clarke, 1984; McCartney, 1992; McCave et Tucholke, 1986; Hillaire-Marcel et al., 1994a; Lucotte et Hillaire-Marcel, 1994) permet la distribution de matériaux fins de part et d'autre du bassin.

En ce qui a trait aux sédiments associés aux périodes interglaciaires, l'addition d'uranium diagénétique modifie leurs rapports  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  à la hausse; ceux-ci varient

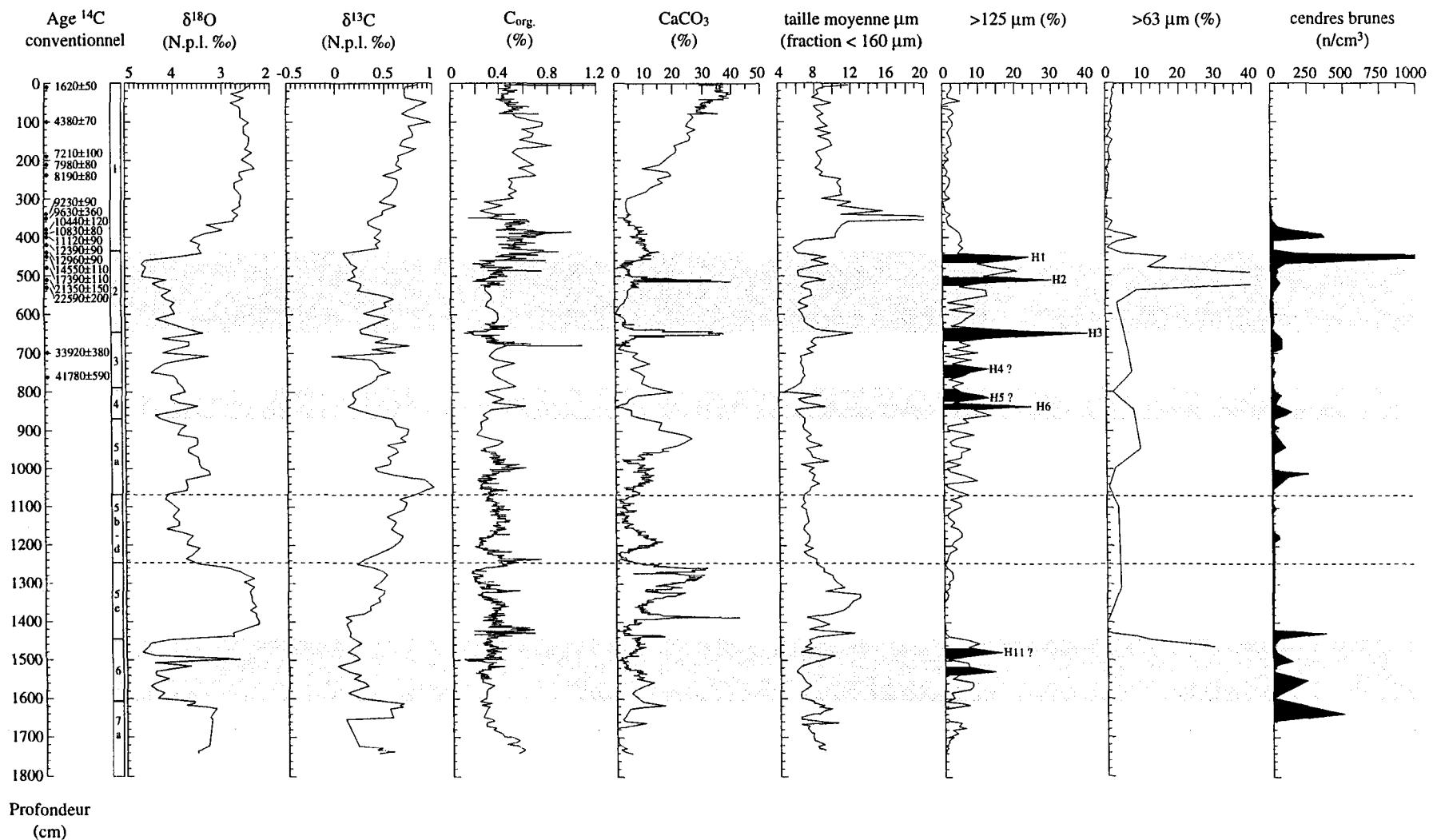


Figure 1.9a. Carotte 90-013-013: chronologie  $^{14}\text{C}$  conventionnelle, composition isotopique de *Neogloboquadrina pachyderma* lévogyre, teneur en carbone organique et en carbonates, paramètres granulométriques et dénombrement des cendres brunes. H1 à H11 réfèrent à la numérotation des événements de type Heinrich (cf. Bond et al., 1992).

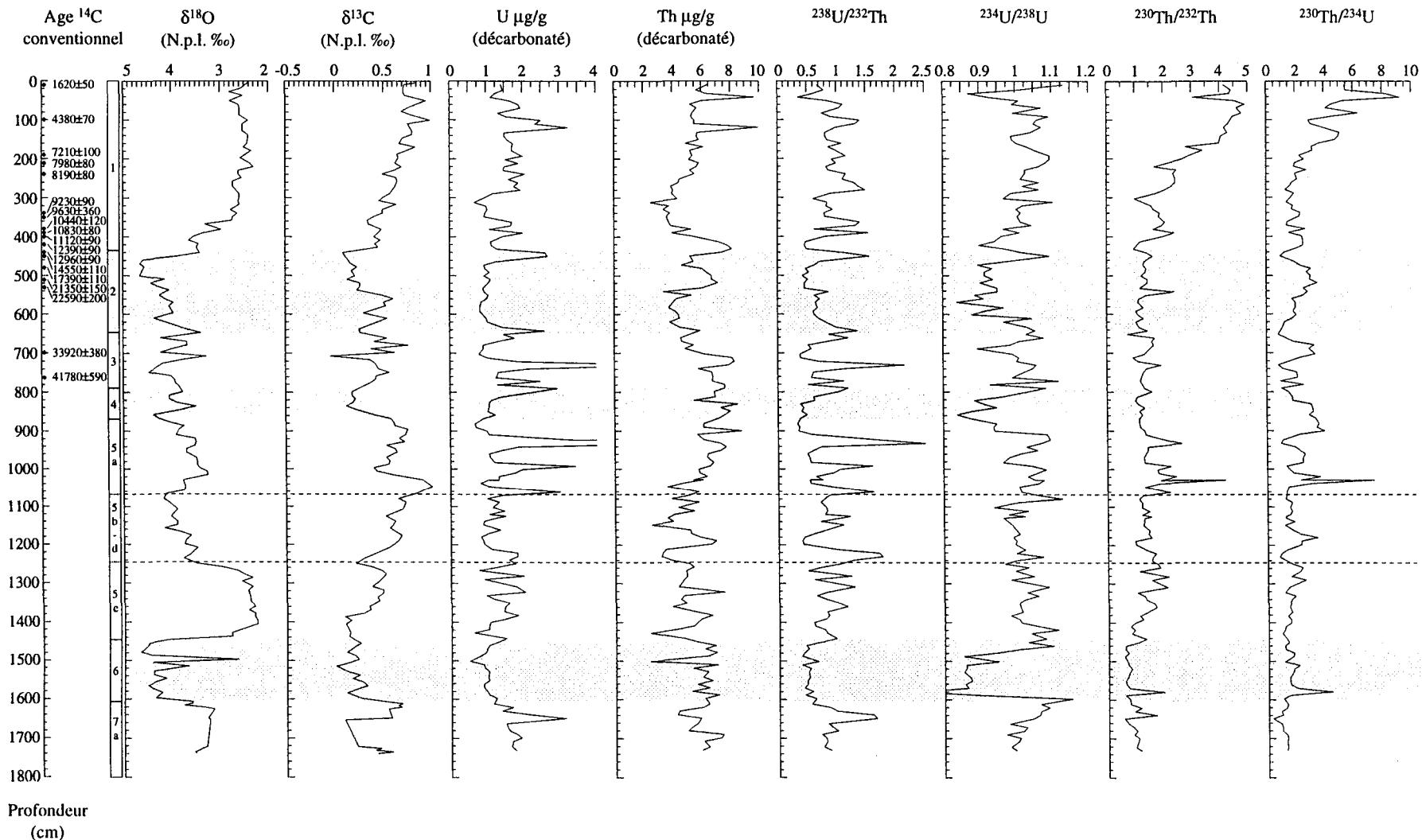


Figure 1.9b. Carotte 90-013-013: chronologie  $^{14}\text{C}$  conventionnelle, composition isotopique de *Neogloboquadrina pachyderma* lévogyre, teneur en U et Th du sédiment décarbonaté et rapports d'activité des isotopes des familles U et Th.

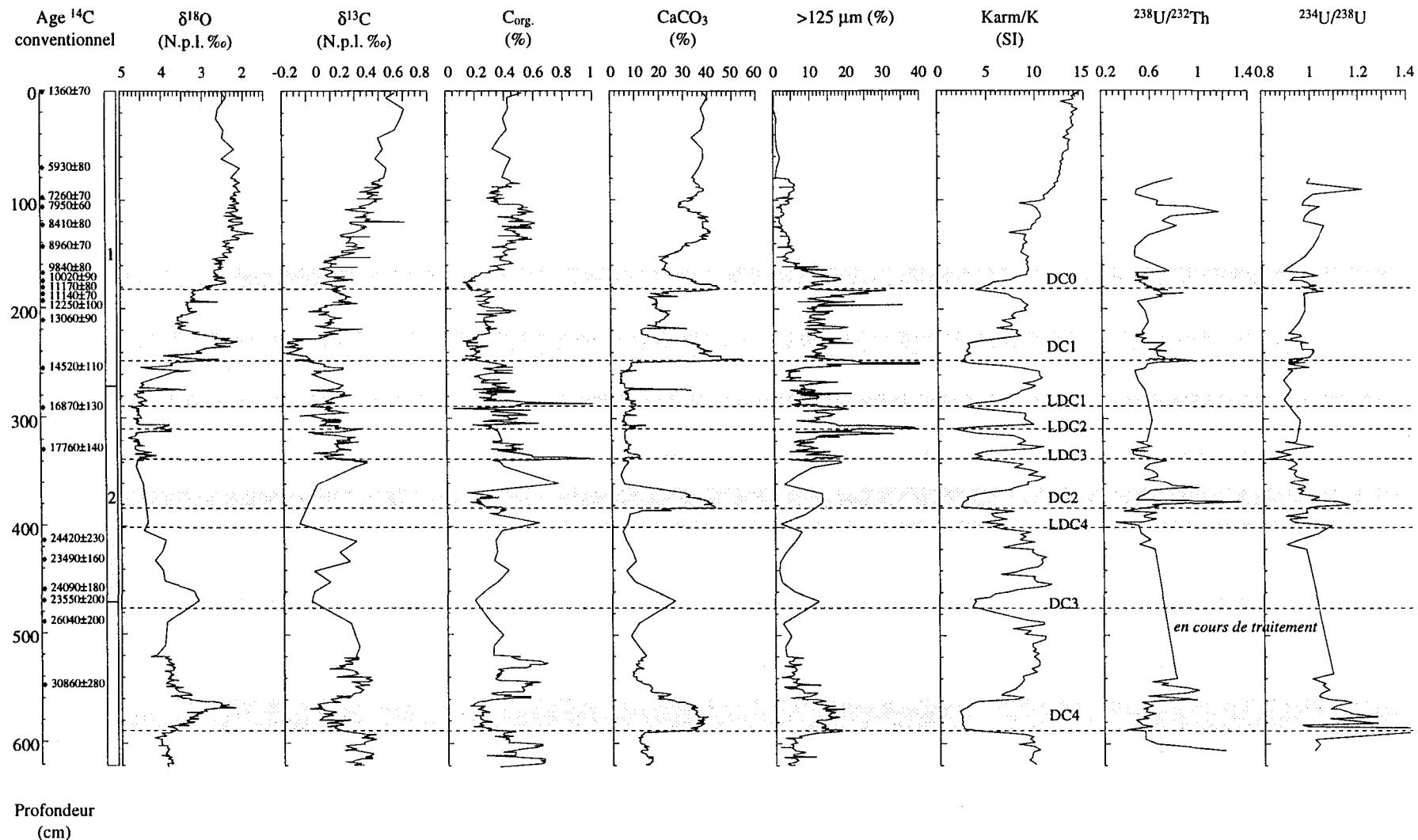


Figure 1.10. Carotte 91-045-094: chronologie  $^{14}\text{C}$  conventionnelle, composition isotopique de *Neogloboquadrina pachyderma* lévogyre, teneur en carbone organique et en carbonates, paramètres granulométriques, rapport K<sub>arm</sub>/K (Stoner et al., 1996) qui indique des assemblages de minéraux magnétiques grossiers et rapports d'activité des isotopes des familles U et Th. DC et LDC (DC: *detrital carbonate layers*; LDC: *low detrital carbonate layers*) réfèrent à la numérotation des évènements sédimentologiques brefs de Stoner et al. (1996).

entre  $\sim 0,6$  à  $\sim 1,5$ . Les sédiments qui fixent ainsi de l'uranium présentent des rapports  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  se rapprochant du pôle représentant l'eau de mer ( $1.144 \pm 0,002$ ; Chen et al., 1986). Les rapports mesurés ici varient entre  $\sim 1$  et  $\sim 1,12$ .

#### **1.4.1** Discussion sur les signatures isotopiques des sédiments anciens

Les sédiments mis en place lors du dernier maximum glaciaire (LGM - *Last Glacial Maximum*) sur le talus groenlandais (90-013-013) peuvent aussi être utilisés pour évaluer les signatures isotopiques des sources détritiques. En effet, pendant cet intervalle la productivité primaire ainsi que les flux de  $\text{C}_{\text{org}}$  étaient presque inexistant (Hillaire-Marcel et al., 1994b), ce qui eut pour effet de réduire considérablement la fixation d'uranium diagénétique. Par conséquence, le rapport U/Th mesuré dans les sédiments associés au LGM représente principalement les apports détritiques. La valeur moyenne observée du rapport U/Th ( $0,48 \pm 0,03$ ; tableau 1.3) est en accord avec la valeur moderne estimée pour la marge du Labrador. Cette valeur sera utilisée au chapitre suivant pour différencier, dans le bassin, le flux d'uranium détritique et le flux d'uranium diagénétique.

	U (ppm) <sup>1</sup>	Th (ppm) <sup>1</sup>	$\frac{^{238}U}{^{232}Th}$	$\frac{^{234}U}{^{238}U}$
<b>Sédiments de surface</b>				
Ride Rekjanes (n=4)	1,67±0,46	5,86±2,53	0,94±0,41	0,94±0,08
Marge groenlandaise (n=6)	1,02±0,24	4,57±1,40	0,69±0,14	1,02±0,05
Marge labradorienne (n=8)	1,18±0,30	7,30±2,45	0,50±0,08	0,94±0,03
<b>Sédiments quaternaires (talus groenlandais)</b>				
LGM-Glacis P-12 (n=6)	0,42±0,01	3,20±0,20	0,39±0,03	1,04±0,01
Holocène-Talus BX-6 (n=8)	0,79±0,06	3,87±0,56	0,61±0,05	0,98±0,03

Tableau 1.3. Composition isotopique moyenne du sédiment: (<sup>1</sup> vs sédiments décarbonatés).

## 1.5 ÉVÉNEMENTS SÉDIMENTOLOGIQUES BREFS

Au delà des changements de sédimentation marquant les périodes glaciaires et interglaciaires, on a relevé dans les séquences étudiées, des lits représentants des événements sédimentologiques brefs, et composés de matériaux silicatés et/ou carbonatés qui contrastent avec la sédimentation hélio-pélagique normale.

Reconnus depuis 1982 par Fillon et Harmes et abondamment illustrés depuis (cf, Heinrich, 1988; Broecker et al., 1992; Bond et al., 1992; Stoner et al., 1996), les événements de type Heinrich (Heinrich Events, HE) sont présents dans la mer du Labrador. La maille d'échantillonnage à la station 90-013-013 (10 cm) n'est pas suffisamment serrée pour en donner une bonne définition. Cependant, à la station 91-045-094, les horizons H0, H1, H2 et H4 en référence à la nomenclature de Bond et al., (1992), ont été traités à maille centimétrique (fig. 1.10).

Ces horizons se caractérisent premièrement par des concentrations en carbonates 2 à 3 fois supérieures à celles des sédiments sous-jacents (~40 % vs 10 à 20 %). Les teneurs en  $\text{CaCO}_3$  des quatre événements (H0, H1, H2 et H4) sont systématiquement élevées à la base puis décroissent vers le sommet. Le poids de la fraction  $> 125\mu\text{m}$  (principalement des sables exprimé en %) augmente également lors de ces épisodes. Les quantités de sable les plus importantes sont observées à la base et au sommet des unités et seulement sur quelques centimètres; les pics des teneurs en fractions grossières ne sont pas en phase avec ceux des carbonates détritiques et les

précèdent de quelques centimètres à la base de chaque événement. Ces horizons se différencient également par les propriétés magnétiques des sédiments, entre autres le rapport  $K_{\text{arm}}/K$  qui représente la magnétisation anhydrique rémanente du sédiment; voir Stoner et al., 1995 et 1996). On n'observe pas de relation univoque entre les rapports isotopiques et les contenus en sable ou carbonates. L'aspect chronologique de ces événements sera traité au chapitre 3.

## 1.6 CONCLUSIONS

La composition isotopique des sédiments actuels et holocènes du bassin de la mer du Labrador indique un mélange entre les sources détritiques proximales, (érosion des masses continentales voisines), les carbonates biochimiques (pluie peltomicritique) et les apports distaux (argiles de la dorsale). La proportion de chacune de ces composantes est d'abord fonction de l'emplacement géographique de la station étudiée, ceci concerne principalement les apports proximaux (bouclier canadien et Groenland). La profondeur de la station et sa position relative par rapport à la zone de débit maximal du WBUC régissent l'importance des apports distaux. Dans le cas présent, pour les stations situées au dessous du WBUC, la fraction argileuse du sédiment peut être composée jusqu'à 50 % de smectites liées à la ride océanique. Finalement, les carbonates biogéniques issus de la productivité primaire peuvent représenter jusqu'à 50% (poids sec) du sédiment.

Sur la base des signatures isotopiques, il est possible de retracer l'origine des sources détritiques et d'évaluer leur contribution relative dans les processus de sédimentation. Trois pôles détritiques principaux peuvent être identifiés, la ride médo-océanique, le Groenland et le bouclier canadien. Les rapports d'activité  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  correspondants sont présentés dans le tableau 1.3.

Pour les stations étudiées, la taille granulométrique des sédiments ne semble pas être le facteur déterminant en ce qui a trait aux concentrations des différents isotopes mesurés. Les variations observées semblent répondre principalement à des changements dans les sources sédimentaires.

Les sédiments glaciaires (stades isotopiques 2, 4 et 6), de la carotte 90-013-013 sur le glacis groenlandais, semblent ne pas avoir connu de changement de sources et présentent un rapport  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  à peu près constant de  $0,50 \pm 0,08$ . La quasi-absence de productivité primaire et donc de fixation d'uranium diagénétique, ainsi que la faiblesse du WBUC, lors des périodes glaciaires, nous autorisent à considérer ce rapport comme représentatif de la source détritique proximale groenlandaise.

## **CHAPITRE 2**

### **FLUX D'URANIUM AU COURS DES PROCESSUS DIAGÉNÉTIQUES**

## 2.1 INTRODUCTION

Les facteurs qui contrôlent les flux d'uranium dans les sédiments des marges continentales riches en matière organique ont été examinés dans plusieurs études exhaustives. Anderson et al. (1989 et p.) ont ainsi distingué et quantifié les flux d'uranium particulaire, diffusif et authigène dans les sédiments de Saanich Inlet. Shaw et al. (1994) ont également observé dans la Baie de Chesapeake deux processus distincts: le premier, une ablation dans la colonne d'eau déterminée par les flux particulaires, le second, une diffusion fixée par les conditions rédox à l'interface eau-sédiment. Des processus similaires ont également été décrits dans les milieux estuariens par Barnes et Cochran (1993), par exemple. Enfin, dans les sédiments marins profonds, où abonde la matière organique, tels les sapropels de la partie orientale de la Méditerranée, le comportement de l'uranium en fonction des conditions réductrices a été décrit en détail (e.g. Barnes et Cochran, 1988 et p.; Anderson et al, 1989).

Ce sont donc les conditions rédox de l'interface eau/sédiment qui régissent principalement le comportement de l'uranium (e.g. Yamada et Tsunogai, 1983; Calvert et Pedersen, 1993; Cochran, 1992; etc.). Le flux d'uranium peut ainsi varier considérablement, dans le temps, en relation avec les changements de vitesse de sédimentation et la quantité de carbone organique présent (e.g. Wallace et al., 1988; Thompson et al., 1990; Causse et Hillaire-Marcel, 1989; Klinkhammer et Palmer, 1991). Grâce au développement des techniques de spectrométrie de masse (Chen et al., 1986) on a pu analyser l'uranium dissous dans l'eau porale et mieux définir la relation entre les flux d'uranium et les gradients Eh (Santschi, et al., 1988; Nagao et al., 1992; Gariépy et al., 1994).

Dans la plupart des régions étudiées, particulièrement dans l'Atlantique Nord et ses bassins marginaux comme la mer du Labrador, l'uranium qui est piégé dans les sédiments est issu de trois composantes principales. La première est l'uranium associé à la sédimentation terrigène; la deuxième est l'uranium particulaire authigène (bioconcentré); la dernière est l'uranium fixé au cours de la diagénèse précoce par diffusion et précipitation sous le front rédox de  $\sim 60$  mV (Gariépy et al., 1994). Nous verrons d'ailleurs plus loin qu'une quatrième composante pourrait être définie, l'uranium "relocalisé" au cours de la diagénèse tardive. Sur cette base, un premier objectif de cette seconde partie de notre étude a consisté à déterminer le poids relatif de chacune des composantes majeures et d'examiner le flux d'uranium en relation notamment avec les conditions rédox et hydrographiques le long d'un profil "onshore/offshore" au sud du Groenland (fig. 1.6b).

L'uranium diagénétique précoce ne présente pas, à travers le temps, une relation univoque avec le flux de carbone organique benthique (e.g. Thompson et al., 1990). Les fixations d'uranium s'observent au front d'oxydoréduction marquant la réduction bactérienne des nitrates et/ou des sulfates (e.g. Cochran et al., 1986; Klinkhammer et Palmer, 1991; Barnes et Cochran, 1990; Lovley et al., 1993; Gariépy et al., 1994); selon la vitesse de sédimentation, celui-ci sera localisé à des profondeurs variables dans l'horizon riche en matière organique qui soutient l'activité bactérienne. Dans les bassins où les vitesses de sédimentation sont uniformément élevées, comme la mer du Labrador, le contenu en uranium diagénétique reste toutefois plus ou moins proportionnel au flux de  $C_{org}$ . Il peut donc être utilisé de façon satisfaisante comme indicateur indirect des paléo-flux de  $C_{org}$  et/ou des conditions paléo-rédox (Causse et Hillaire-Marcel, 1989; Hillaire-Marcel et al. 1990). Dans ce bassin, la grande majorité du  $C_{org}$  est rapidement oxydé. Sous l'horizon de surface hautement réactif (quelques centimètres), les sédiments présentent des contenus en  $C_{org}$  variant entre 0,2 et 0,5 % (vs poids sec; e.g. Muzuka, 1995). Le  $C_{org}$  ne peut donc être utilisé directement aux fins d'établissement des paléoproduktivités et/ou des paléoflux de carbone. Des indicateurs indirects sont nécessaires. Ainsi, le second objectif de cette étude a-t-il été d'évaluer le lien entre paléoproduktivité, paléoflux de  $C_{org}$ , paléo-conditions rédox et taux de fixation de l'uranium diagénétique précoce en relation avec les changements glaciaires/interglaciaires survenus dans ce bassin.

Malheureusement, l'uranium ne semble pas complètement immobile dans les sédiments marins profonds au-delà du front rédox où s'effectue la précipitation d'uranium diagénétique précoce. Dès 1971, Bonatti ainsi que d'autres chercheurs ont relevé des indices de mobilité diagénétique tardive de l'uranium, et d'autres éléments sensibles aux conditions rédox, dans les sédiments marins profonds. Plus récemment, des études exhaustives de séquences de turbidites par Colley et al. (1984, 1989, 1992) ont mis en évidence un mécanisme de "relocalisation" de l'uranium, dans les sédiments, entre les niveaux de turbidites oxydés, et les niveaux de boues pélagiques réduits. Des processus similaires, mais avec une ampleur moindre, ont peut-être affectés les sédiments des mers subarctiques où l'on observe des changements brusques dans les flux de  $C_{org}$  entre les périodes glaciaires et interglaciaires (e.g. Hillaire-Marcel et al., 1994a) se traduisant par des conditions rédox très différentes (e.g. Stoner et al., 1995). Un troisième objectif de la présente étude a aussi porté sur les remobilisations diagénétiques tardives de l'uranium et les fractionnements isotopiques subséquents. A cette fin, l'étude de certains autres éléments rédox-sensibles comme le soufre, le fer et le manganèse a été combinée à celles des isotopes de l'uranium. La carotte longue provenant du talus groenlandais (HU-90-013-013; fig. i.1) et couvrant les deux derniers cycles climatiques a été retenue (Hillaire-Marcel et al., 1994a). Dans le but de distinguer l'uranium authigène associé à la diagénèse de l'uranium lié à la fraction terrigène, le  $^{232}Th$  a été utilisé comme marqueur des sources terrigènes comme on l'a expliqué dans le chapitre précédent (e.g. Anderson et al., 1990; Lao et al., 1993; Hillaire-Marcel et al., 1994a).

## 2.2 RÉSULTATS ET DISCUSSION

Avant de parler de flux d'uranium et de remobilisation, il est nécessaire de quantifier les différentes composantes de l'uranium enfoui dans les sédiments: i.e., (i) les fractions liées aux sources détritiques respectives, (ii) au flux synsédimentaire d'uranium authigène et (iii) à la fixation diagénétique précoce.

Dans la plupart des stations, on a noté que les sédiments de surface (quelques centimètres) oxydés présentaient des concentrations en U et Th et des compositions isotopiques à peu près constantes indiquant une source terrigène assez homogène ou un mélange très efficace par les organismes benthiques (cf Wu et Hillaire-Marcel, 1994).

L'uranium contenu dans l'eau porale de cet horizon présente un fort gradient de concentration jusqu'à un minimum observé à la profondeur correspondant au front d'oxydo-réduction. La précipitation de l'uranium dans le sédiment s'effectue lors du passage de la forme ionique  $\text{VI}^+$  à la forme  $\text{IV}^+$  (Langmuir, 1978), et pour des valeurs de  $\text{Eh} \leq \sim 60 \text{ mV}$  (cf. Gariépy et al., 1994). Plusieurs auteurs (e.g. Klinkhammer et Palmer, 1991) ont déjà mentionné que la précipitation de l'uranium se produisait au-dessous de la zone de réduction des oxydes de manganèse et sensiblement au même niveau que la réduction des oxydes et hydroxydes de fer (Mucci et al., 1994) (fig. 1.5). Cependant, Lovley et al., (1993) ont clairement démontré une corrélation étroite entre les cycles de sulfure de fer et d'uranium microbien dans les sédiments anaérobies. Ceci nous permet de croire qu'il existe une relation entre le soufre diagénétique et l'uranium diagénétique (voir aussi, Bonatti et al., 1971). Dans les carottes boîtes étudiées, le lien entre les sulfures (i.e., avec le front de réduction des sulfates) et l'uranium diagénétique précoce n'est pas clair (e.g. fig. 1.5). Cette relation uranium-soufre s'observera à l'échelle des grandes fluctuations sédimentologiques enregistrées dans la carotte longue 90-013-013, (voir fig. 2.4).

Une première estimation du flux actuel d'uranium associé à la diagénèse précoce a pu être observée à partir des gradients d'uranium observé dans l'eau interstitielle. Elle varierait selon le lieu entre 2,2 et 3,5  $\mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{ka}$  (Gariépy et al., 1994). Pour être en mesure d'évaluer plus précisément, à partir de l'uranium des sédiments, le flux d'uranium diagénétique actuel ainsi que ses variations passées, il est nécessaire de faire la part entre ses différentes composantes: l'uranium lié aux apports terrigènes identifié pour la suite de la présente étude comme la "composante détritique", l'uranium lié au flux de particules biogéniques (carbonates biogéniques, carbone organique particulaire -COP-, ...) de la colonne d'eau, appelé ici "composante authigène" et à la "composante diagénétique précoce" mentionnée plus haut. La composante authigène semble négligeable dans le bassin de la Mer du Labrador. Peu d'information est toutefois disponible dans la littérature au sujet du contenu en U du carbone organique particulaire (COP) près des marges orientales du Canada. Des données non publiées sur le contenu en U de zooplancton provenant du Détroit de Belle Iles (GEOTOP, données inédites) livrent des concentrations de l'ordre de 3 ppm, c'est-à-dire environ 8  $\mu\text{g}/\text{g}$  de  $\text{C}_{\text{org}}$ . Si on suppose des valeurs similaires pour le COP de la mer du Labrador, l'uranium authigène lié au  $\text{C}_{\text{org}}$  équivaudrait à 0,5 % en poids sec du

sédiment de surface (voir tableau 1.2), ce qui représenterait à peu près 5 % de l'uranium présent dans cet horizon. L'uranium lié au flux de  $C_{org}$  est ainsi peu important comme le démontre l'absence de corrélation entre ces deux paramètres dans les stations de l'étude (fig. 2.1a). Les mêmes échantillons indiquent également une corrélation négative entre les concentrations en U et les concentrations en carbonates (essentiellement les carbonates biogéniques de la "pluie" peltomicritique; cf. Hillaire-Marcel et al., 1994b; fig. 2.1b). Ce qui précède traduit donc la dilution de l'uranium détritique par les carbonates biogéniques qui ne semblent renfermer que très peu d'uranium. Finalement, la figure 2.1c montre que la plus grande partie du sédiment de surface oxydé contient un uranium dont les isotopes  $^{234}U$  et  $^{238}U$ , sont en équilibre séculaire, sinon un uranium avec un léger défaut en  $^{234}U$ .

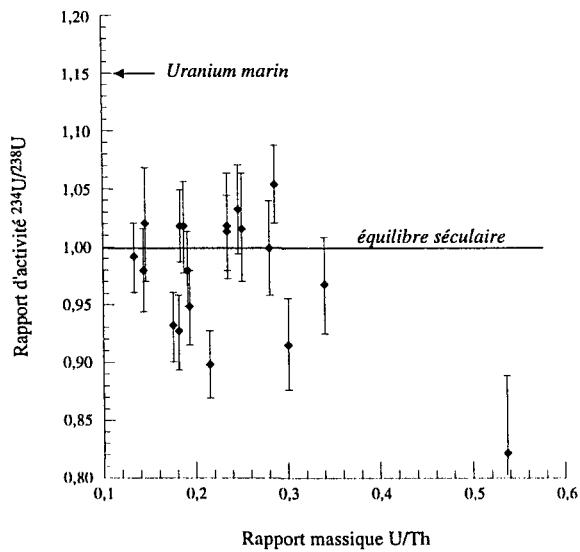
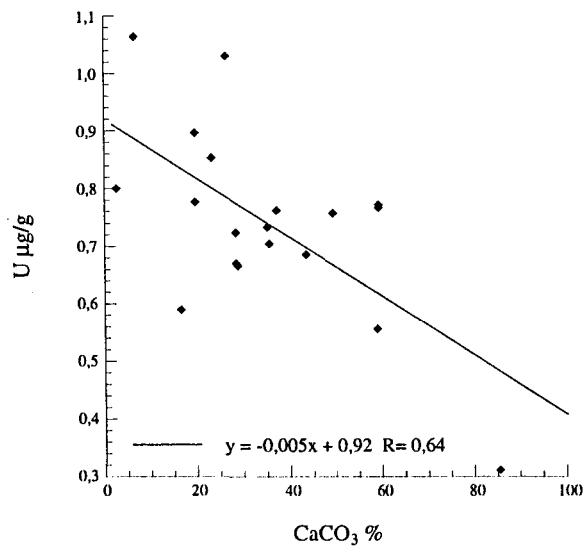
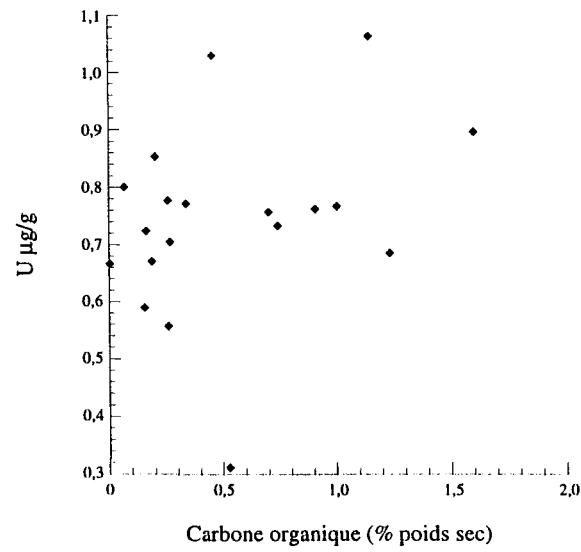


Figure 2.1a, b et c: Teneur en uranium des sédiments de surface vs (a) le pourcentage de carbone organique, (b) le pourcentage de carbonate de calcium. (c) Rapport d'activité <sup>234</sup>U/<sup>238</sup>U en fonction du rapport de masse U/Th des sédiments de surface.

Cette observation est également en faveur de l'hypothèse d'une incorporation minimale d'uranium marin actuel (caractérisé par un  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  de  $1,144 \pm 0,02$ ; cf. Chen et al., 1986) dans l'horizon oxydé de surface des sédiments. Pour cette raison, deux composantes majeures seulement seront retenues pour les besoins de la présente étude, soient la composante détritique et la composante diagénétique.

L'estimation de l'uranium associé à la diagénèse précoce peut-être obtenue en utilisant le rapport U/Th de la phase détritique ( $0,48 \pm 0,03$ ), en admettant que le  $^{232}\text{Th}$  est strictement lié aux particules terrigènes, et en supposant que l'uranium lié à ces particules est proportionnel au  $^{232}\text{Th}$  (Lao et al., 1990; Anderson et al., 1993; Hillaire-Marcel et al., 1994b). Cette approche implique que les compositions isotopiques des sources détritiques sont uniformes dans l'espace et dans le temps. Tel que le démontrent les résultats du chapitre précédent (Th/U des sédiments de surface des carottes boîte; (table 1.3 et fig. 1.7a et b), cette condition n'est pas totalement remplie ici.

Une approche différente basée sur les rapports  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  permet également d'évaluer les teneurs en uranium diagénétique. Les sédiments associés au LGM dans la carotte 90-013-013 sont dépourvus d'uranium diagénétique et livrent ainsi un rapport  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  de  $0,92 \pm 0,02$  pour la composante détritique de l'uranium. Celle-ci se compare assez bien aux valeurs moyennes actuelles des sédiments de surface oxydés ( $0,94 \pm 0,03$ ), il en est de même pour les rapports U/Th ( $0,48 \pm 0,03$ ). Une équation de mélange peut-être dérivée en utilisant pour un pôle détritique la valeur de  $0,92 \pm 0,02$  et pour un pôle marin la valeur de  $1,144 \pm 0,002$  (Chen et al., 1986). Les deux approches sont présentées à la figure 2.2a et b et corrélées pour les sédiments post-glaciaires provenant de la pente et du talus groenlandais. Dans les deux cas, la corrélation est relativement bonne. On verra plus loin, hélas, que l'approche basée sur les rapports  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  est également sujette à caution lorsqu'on l'applique aux sédiments plus anciens, à la suite de la mobilité diagénétique tardive de l'uranium.

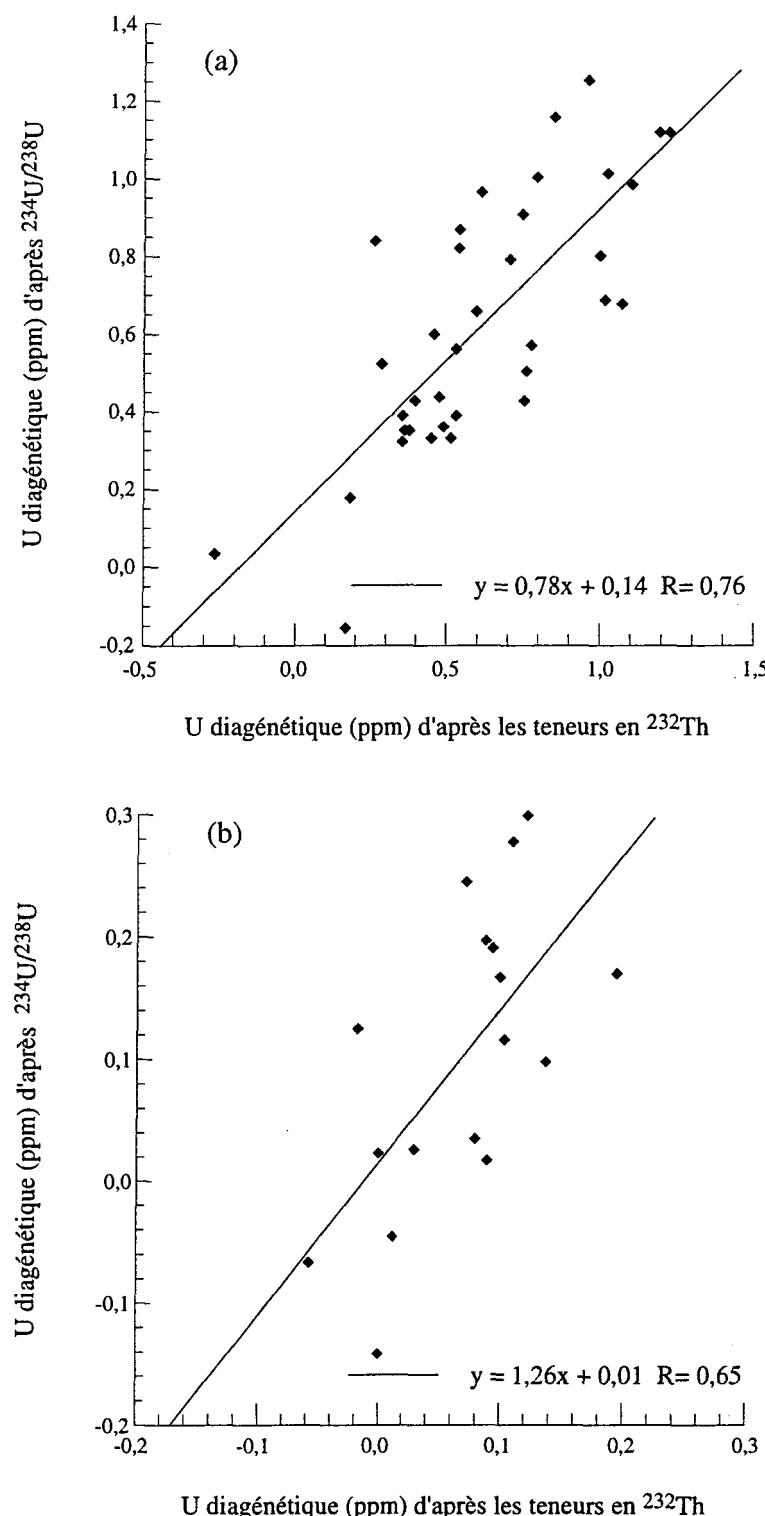


Figure 2.2a et b. Comparaison des estimations des concentrations en uranium diagenétique (a) pour la carotte longue 90-013-013 et (b) pour la carotte boîte 90-013-017, basées respectivement sur les déséquilibres  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  et les concentrations en  $^{232}\text{Th}$  marquant les apports détritiques.

### 2.2.1 Flux d'uranium diagénétique au cours de l'Holocène

Dans l'axe de vitesse maximale du WBUC, les flux d'uranium diagénétique associé aux sédiments holocènes sont de l'ordre de 4,6 nmole/cm<sup>2</sup>/ka. Cette estimation est basée sur le cumul de l'uranium mesuré dans la carotte boîte 011 et de la carotte 012 sur 80 cm de sédiments holocènes. Un âge <sup>14</sup>C d'environ 10 000 ans est en effet attribué à l'échantillon situé à 80 cm de profondeur (Hillaire-Marcel et al., 1994a). La même approche est utilisée pour les sédiments se trouvant au-dessous de la zone d'influence directe du WBUC (carotte boîte 017 et carotte 013). La carotte boîte 017 livre un flux d'uranium de l'ordre de 13 nmole/cm<sup>2</sup>/ka alors que la carotte longue 013 livre un flux holocène moyen beaucoup plus élevé (de l'ordre de 63 nmole/cm<sup>2</sup>/ka).

### 2.2.2 Flux d'uranium et paléoproduction

La carotte longue 90-013, sur laquelle nous nous appuierons pour cette partie de la discussion, couvre l'intervalle allant du stade isotopique 7 à l'actuel. Les concentrations et les rapports des isotopes de l'uranium et du thorium ont été mesurés sur l'ensemble de la carotte avec une maille d'échantillonnage décimétrique. L'expression sous forme de flux d'éléments (i.e. U et Th) ainsi que d'indicateurs de productivité est restreinte à l'intervalle 0 à 40 000 ans pour lequel on dispose d'une chronologie <sup>14</sup>C fiable (Hillaire-Marcel et al. 1994a). La transcription sous forme de flux s'appuie sur une vingtaine d'âges <sup>14</sup>C ainsi que sur le repérage des marqueurs stratigraphiques (événements de type Heinrich, transitions isotopiques; cf. Hillaire-Marcel et al. 1994a; voir fig. 2.3).

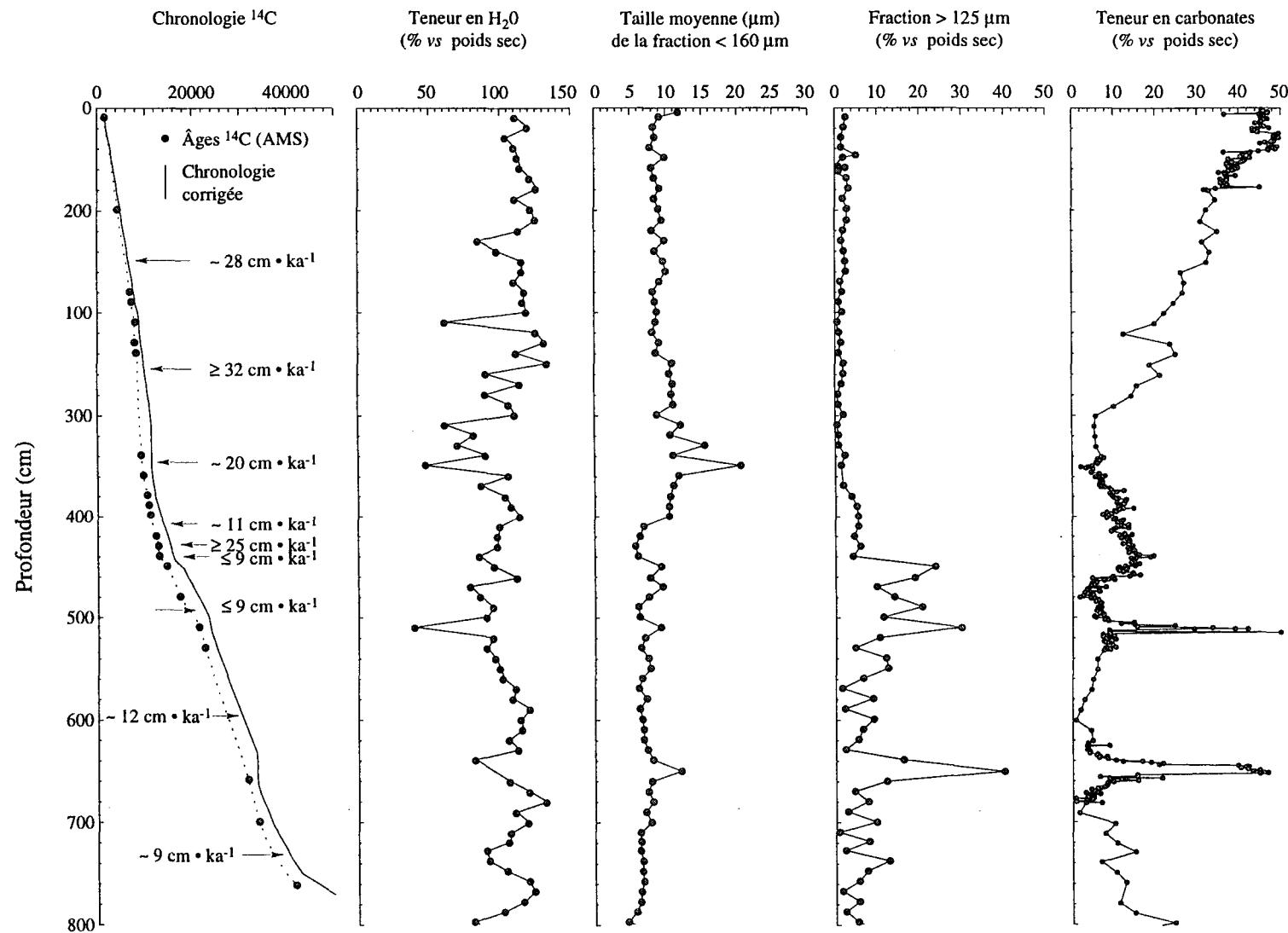


Figure 2.3. Éléments d'une chronologie et variations sédimentologiques enregistrées dans la carotte 90-013-013.

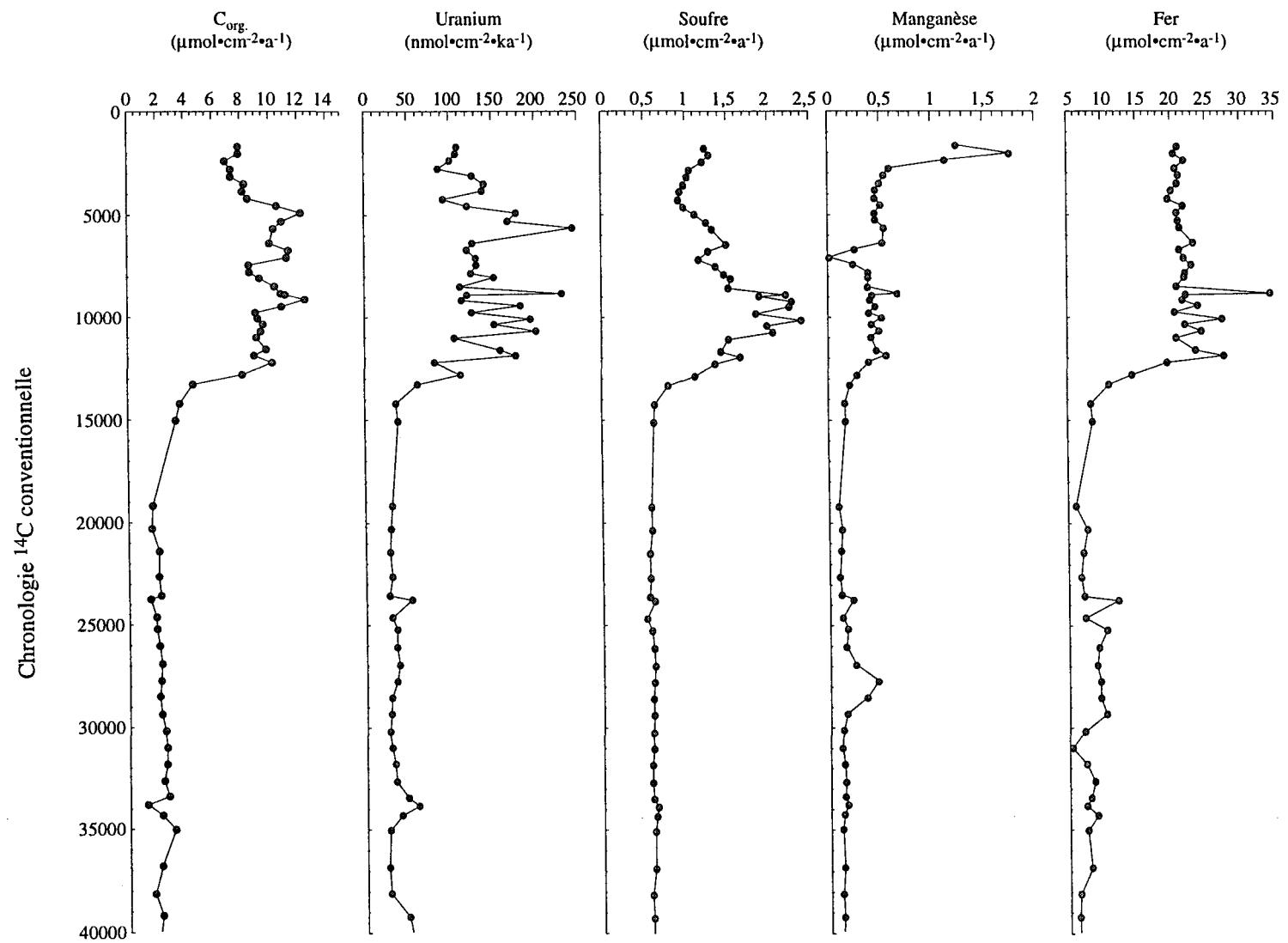


Figure 2.4. Flux d'U, de S, de Mn et de Fe total enregistrés dans la carotte 90-013-013.

Les flux des indicateurs géochimiques rédox-sensibles, tels l'uranium, le soufre, le manganèse et le fer sont illustrés à la figure 2.4, en comparaison au flux de  $C_{org.}$ . On relève à l'Holocène des flux géochimiques, liés à de forts taux d'enfouissement du  $C_{org.}$ , de un à deux ordres de grandeurs supérieurs aux flux antérieurs. Il n'est cependant pas possible d'établir des relations quantitatives directes entre les taux d'enfouissement de ces différents éléments puisque ceux-ci dépendent de réactions diagénétiques précoces graduelles (e.g. Gariépy et al. 1994). On note toutefois que les flux maximums sont observés à l'Holocène inférieur. L'âge précis de l'épisode de flux maximal est difficile à établir, puisque la fixation de ces éléments s'effectue séquentiellement sous la surface des sédiments, selon le gradient rédox et la biodisponibilité du  $C_{org.}$ .

### 2.2.3 Mobilité post sédimentaire

La carotte longue 90-013-013 analysée sur une maille décimétrique livre des rapports  $^{238}U/^{232}Th$  relativement constants ( $\sim 0,48$ ) pour les stades glaciaires (stades isotopiques 2, 4 et 6) et plus faibles que pour les périodes interglaciaires et interstadiaires. Ce rapport est considéré comme représentatif de la phase détritique, ceci en l'absence d'uranium diagénétique au cours des stades 2, 4 et 6 qui présentent des paléoflux de  $C_{org.}$  quasi-nuls. Dans ces unités, le rapport  $^{234}U/^{238}U$  observé est très inférieur à l'équilibre séculaire ( $<< 1$ ). On peut expliquer partiellement ces déséquilibres par un lessivage préférentiel de  $^{234}U$  lors des processus d'érosion et de transport des particules. Cependant, les rapports  $^{234}U/^{238}U$  observés ne sont pas constants et montrent une diminution au cours du temps. On observe ainsi, un rapport  $^{234}U/^{238}U$  moyen de  $0,92 \pm 0,02$  pour le stade 2, de  $0,89 \pm 0,03$  pour le stade 4 et de  $0,86 \pm 0,03$  pour le stade 6 (voir fig. 2.5 et 2.6). Avant de proposer une explication, il est nécessaire de mentionner que les mesures du potentiel rédox n'ont été effectuées que sur la carotte boîte. Par conséquent, nous ne disposons pas d'une information précise sur les conditions oxydo-réductrices de ces unités sédimentaires. Les eaux porales n'ont pas fait l'objet de prélèvement sur cette carotte longue. Le défaut en  $^{234}U$  observé augmentant avec l'âge du sédiment (fig 2.6) laisse toutefois supposer un mécanisme de remobilisation continue à travers le temps.

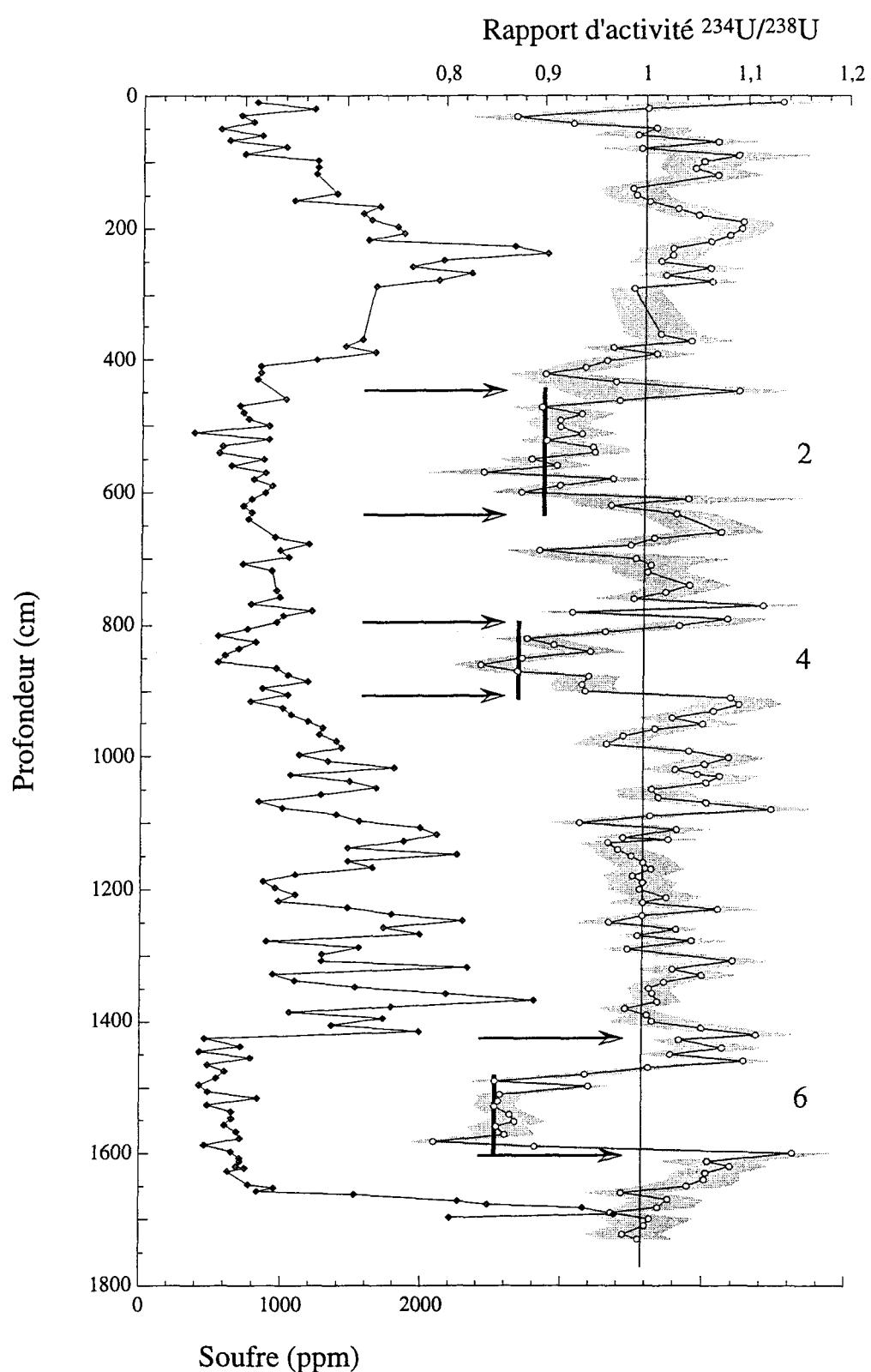


Figure 2.5. Variations du rapport d'activité  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  et de la teneur en soufre de la carotte 90-013-013. Les flèches indiquent les zones de relocalisation diagénétique tardive d'uranium.

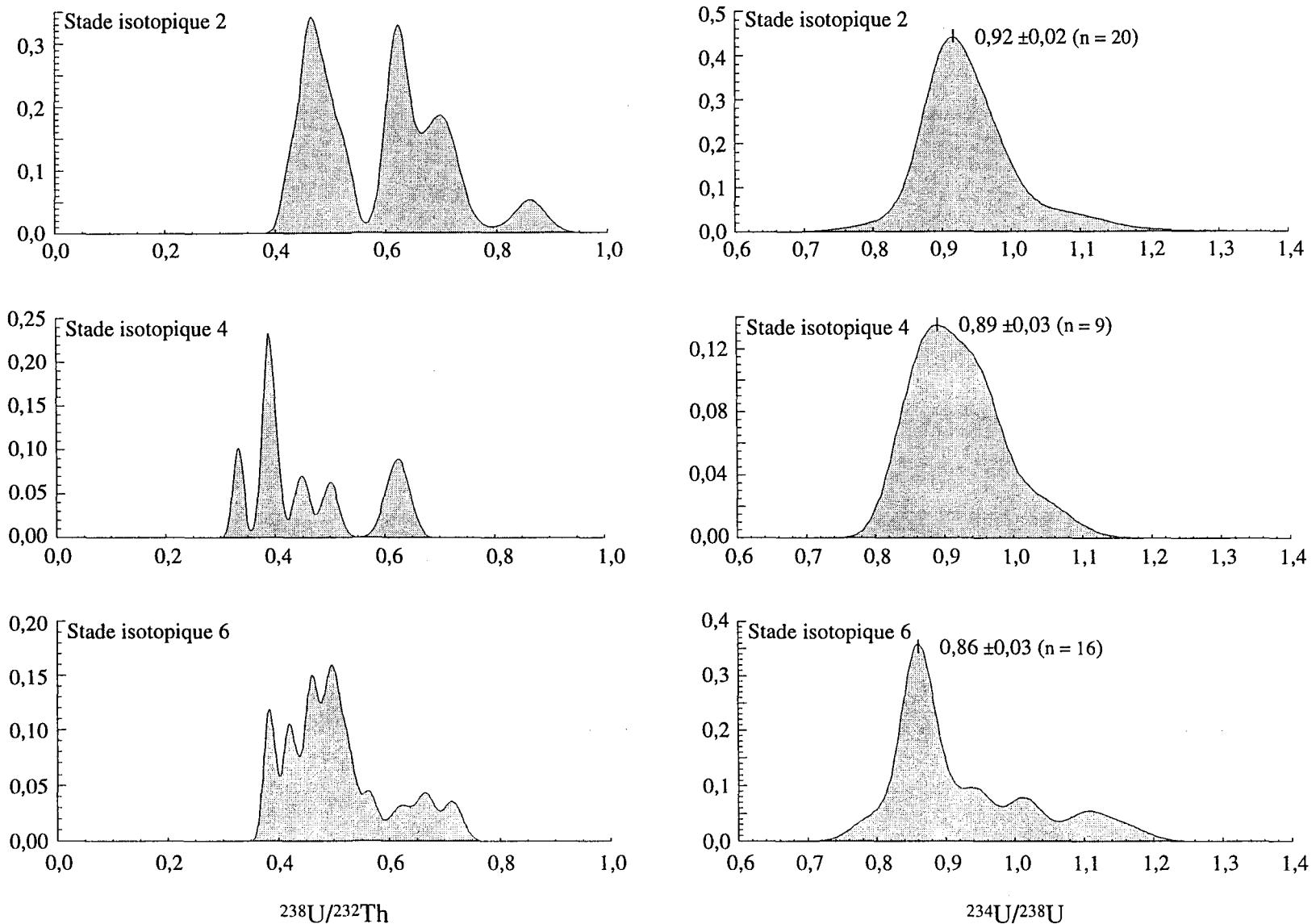


Figure 2.6. Histogrammes de fréquence des rapports  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  et  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  pour les stades isotopiques 2, 4 et 6 dans la carotte 90-013-013.

Cette mobilité post sédimentaire pourrait s'expliquer par une redistribution de l'uranium contenu dans les sédiments glaciaires oxydés vers les sédiments interglaciaires riches en matière organique et réduits. On observe dans les sédiments, en bordure immédiate des horizons attribués aux stades isotopiques 2, 4 et 6, des pics dans les rapports  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ . Ceux-ci sont systématiquement élevés (supérieur à 1,1) par comparaison aux rapports moyens des sédiments interglaciaires et plus particulièrement aux sédiments glaciaires ( $^{234}\text{U}/^{238}\text{U} \leq 0,9$ ; voir fig. 2.5 et 2.6). On note également, à la figure 2.5, un découplage entre le profil  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  et le profil de soufre marquant ainsi les zones de relocalisation d'uranium.

Si l'on retient l'hypothèse d'une remobilisation continue d'uranium à travers le temps, les implications pourraient être importantes en ce qui a trait à l'évaluation des signatures isotopiques des sédiments, les changements de conditions rédox passés et l'estimation des paléoflux de  $\text{C}_{\text{org}}$  sur cette base.

## 2.3 CONCLUSIONS

Des trois composantes qui constituent le flux total d'uranium sédimentaire, deux seulement paraissent importantes, soit la composante détritique, liée à l'érosion des masses continentales environnantes, et la composante diagénétique qui répond principalement aux conditions oxydo-réductrices lors de la mise en place du sédiment.

Les sédiments actuels sous influence du sous-courant côtier (WBUC) présentent des flux d'uranium diagénétique presque trois fois plus faibles que celui marquant les sédiments qui se trouvent plus bas sur le glacis (4,6 vs 13 nmole/cm<sup>2</sup>/ka). Si l'on considère le flux moyen de l'Holocène dans la carotte 90-013-013 (63 nmole/cm<sup>2</sup>/ka), l'écart entre les sédiments sous influence du courant et les sédiments plus profonds devient alors de près de 13 fois.

Au cours de l'intervalle 0 - 40 000 ans, le flux des indicateurs rédox-sensibles, dont l'uranium, le soufre, le manganèse et le fer, répondent principalement aux paléoflux de C<sub>org</sub>.

On observe des indices qui tendent à démontrer une mobilité post-sédimentaire de l'uranium aux interfaces entre les sédiments glaciaires (oxydés) et interglaciaires (réduits). Ces indices incluent les rapports <sup>234</sup>U/<sup>238</sup>U des sédiments glaciaires diminuant progressivement avec le temps et un découplage subséquent des profils d'uranium diagénétique précoce et de soufre.

## **CHAPITRE 3**

### **FLUX DE $^{230}\text{Th}$ ET FLUX BIO-SÉDIMENTAIRES**

### 3.1 APERÇU DE LA GÉOCHIMIE DU $^{230}\text{Th}$ DANS L'OCÉAN ET TRAVAUX ANTÉRIEURS

L'isotope naturel  $^{230}\text{Th}$  est produit de façon constante par la désintégration de  $^{234}\text{U}$  qui est présent sous forme dissoute dans l'eau de mer, et en concentration constante (Ku, 1976). Le  $^{230}\text{Th}$  très peu soluble est rapidement adsorbé par le flux particulaire et soustrait à la colonne d'eau. Il en résulte sur les fonds océaniques, un excès de  $^{230}\text{Th}$ , ou  $^{230}\text{Th}_{\text{ex.}}$ . Dans les sédiments, celui-ci n'étant plus alimenté par son ascendant, l'excès va décroître au cours du temps en fonction de la période radioactive du  $^{230}\text{Th}$  (75 200 ans). Sur ces bases, Piggot et Urry (1939, 1942) utilisèrent l'excès de  $^{230}\text{Th}$  comme méthode de datation des sédiments. Le flux de  $^{230}\text{Th}$  ne devrait en effet dépendre que de la hauteur de la colonne d'eau au-dessus du point considéré. Il s'établit en principe à  $2,63 \text{ dpm} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot 1000 \text{ m}^{-1} \cdot \text{ka}^{-1}$  (Cochran, 1982). Ainsi, sur la base d'une équation de désintégration simple, il est possible de calculer l'âge d'un échantillon en profondeur dans une carotte et d'obtenir une vitesse de sédimentation. Cette hypothèse, qui repose sur un apport constant de  $^{230}\text{Th}$  à travers le temps, semble fonctionner dans les cas où les vitesses de sédimentation sont lentes. Dans les années qui suivirent, plusieurs auteurs firent mention dans leurs travaux que des profils d'excès de  $^{230}\text{Th}$ , provenant de différents endroits dans le monde, présentaient des teneurs en  $^{230}\text{Th}$  supérieures à ce que la colonne d'eau immédiatement sus-jacente avait pu produire. Cette observation amena à considérer l'existence d'un transport latéral important de  $^{230}\text{Th}$ .

Plus récemment, les excès de  $^{230}\text{Th}$  ont été utilisés en tant que traceurs de processus géochimiques dans des situations où les vitesses de sédimentation n'étaient

pas constantes. On a apporté des corrections aux calculs des excès de  $^{230}\text{Th}$  en soustrayant la fraction transportée par les apports terrigènes, soit en reportant l'activité du  $^{230}\text{Th}$  à celle du  $^{232}\text{Th}$ , pour autant que celui-ci marque exclusivement la fraction détritique (Picciotto et Wilgain, 1954), soit en soustrayant l'activité de  $^{234}\text{U}$  dans le cas où les fractions terrigènes incluent des carbonates remaniés (Ku, 1965). On suppose dans les deux cas que le  $^{230}\text{Th}$  des apports détritiques est en équilibre avec son ascendant  $^{234}\text{U}$ .

Près des marges continentales, les excès de  $^{230}\text{Th}$  mesurés dans les sédiments ne sont pas toujours proportionnels à ce que la colonne d'eau directement sus-jacente peut produire. Des études ont démontré, par le biais de trappes à sédiments déployées dans la colonne d'eau et de carottes boîtes, que les sédiments pouvaient recevoir de 3 à 6 fois plus de  $^{230}\text{Th}$  (Spencer et al., 1981; Anderson et al., 1983b; Lao et al., 1992). Cet apport supplémentaire de  $^{230}\text{Th}$  est associé principalement aux particules qui sont transportées dans la couche néphéloïde. En effet, ces particules adsorbent une quantité de  $^{230}\text{Th}$  proportionnelle au parcours qu'elles effectuent (vertical et horizontal) avant de se sédimentier. Dans plusieurs études, les flux de  $^{230}\text{Th}$  ont été associés aux périodes de forte productivité (DeMaster, 1981; Mangini et Diester-Haass, 1983; Scholten et al., 1990, Hillaire-Marcel et al., 1994). Loin des marges continentales, l'étude de trappes à sédiments déployées sur des périodes plus longues, indiquent que la moyenne annuelle de  $^{230}\text{Th}$  reçue par le sédiment est presque égale à la quantité produite par la colonne d'eau (François et al., 1990). Sur ces bases, le flux de  $^{230}\text{Th}$  produit dans la colonne d'eau devrait être proportionnel aux autres composantes sédimentaires (Bacon et Rosholt, 1982; Bacon, 1984; Suman et Bacon, 1989; François et al., 1990; François et Bacon, 1991; Clegg et al., 1991; François et Bacon, 1993).

Les deux approches présentées ci-dessus sont en partie inconciliables. Elles reposent sur des relations distinctes entre le flux de  $^{230}\text{Th}$  et les flux de particules. Pour certains, l'ablation de  $^{230}\text{Th}$  se fait différemment en fonction de la nature et de la taille des particules. Par ailleurs, plusieurs études ont démontré une forte relation entre les indicateurs de productivité primaire et les excès de  $^{230}\text{Th}$ , amenant le concept de flux latéraux des zones de production vers les plaines abyssales (Fisher et al., 1987; Nozaki, 1991; Hillaire-Marcel et al., 1994).

Le modèle proposé en 1984 par Bacon et al., utilise principalement deux équations, la première définit un facteur de "focalisation" (concentration dans les parties plus profondes du bassin) appelé  $\Psi$ , qui reporte le flux de  $^{230}\text{Th}$  mesuré au flux de  $^{230}\text{Th}$  produit par la colonne d'eau. La deuxième équation donne le facteur  $F_i$  où  $F$  représente le flux terrigène de l'élément  $i$  (e.g. silice, opale, carbonate) normalisé au flux de  $^{230}\text{Th}$ .

$$\Psi = \frac{\int_{r_2}^{r_1} [^{230}\text{Th}]_0 \rho_b dr}{\beta z(t_1 - t_2)}$$

$$F_i = \frac{\beta \cdot z \cdot f_i}{[^{230}\text{Th}]_0}$$

Ici,  $[^{230}\text{Th}]_0$  représente l'excès initial de  $^{230}\text{Th}$  (i.e. corrigé pour la décroissance radioactive au cours du temps),  $\beta$  représente la constante de production de  $^{230}\text{Th}$  produit par la colonne d'eau ( $2,63 \text{ dpm} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot 1000 \text{ m}^{-1} \cdot \text{ka}^{-1}$ ),  $z$  la hauteur de la colonne d'eau,  $\rho_b$  la densité du sédiment sec,  $f_i$  le pourcentage dans le sédiment de l'élément que l'on veut traduire sous forme de flux (e.g. silice, opale, carbonate),  $r_1$  et  $r_2$  la profondeur et  $t_1$  et  $t_2$  leur âge respectif. L'indice  $\Psi$  est supérieur à 1 lorsqu'il y a plus de  $^{230}\text{Th}$  dans les sédiments que ce que la colonne d'eau sus-jacente peut produire, donc lorsqu'il y a transport latéral de  $^{230}\text{Th}$  (courants marins profonds, courants de contour, turbidite etc.). Le facteur  $F_i$  représente le calcul du flux d'un élément terrigène qui a été corrigé sur la base des excès de  $^{230}\text{Th}$  mesurés dans les sédiments.

### 3.2 SÉDIMENTATION ACTUELLE ET RÉCENTE DE LA MER DU LABRADOR

Pour calculer l'excès initial de  $^{230}\text{Th}$  dans les sommets de carottes boîtes et les sédiments holocènes, on a utilisé l'équation suivante (voir Anderson et al., 1990):

$$E(^{230}\text{Th})_0 = e^{\lambda t} \{ ^{230}\text{Th}_m - (R_d \cdot ^{232}\text{Th}_m) - [1,14(^{238}\text{U}_m - (R_d \cdot ^{232}\text{Th}_m))(1 - e^{-\lambda t})] \}$$

où:  $E(^{230}\text{Th})_0$  = représente l'excès initial de  $^{230}\text{Th}$ , et  $\lambda$ , la constante de désintégration du  $^{230}\text{Th}$ ; l'indice  $m$  indique les activités mesurées;  $R_d$  représente le rapport d'activité  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  moyen des fractions détritiques sédimentées; la constante 1,14 représente le rapport d'activité de l'uranium de l'eau de mer fixé au cours de la diagénèse; enfin  $t$  représente l'âge du sédiment analysé.

Cette équation permet de prendre en compte le  $^{230}\text{Th}$  qui arrive avec la fraction détritique en utilisant un rapport  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  caractéristique de ces apports. Cette approche est utilisée pour les périodes interglaciaires où l'uranium diagénétique est présent en quantité importante dans les sédiments. Elle permet également de prendre en compte le  $^{230}\text{Th}$  produit au cours du temps  $t$  par l'uranium diagénétique.

Dans quatorze stations où une chronologie  $^{14}\text{C}$  ou isotopique ( $^{18}\text{O}$ ) était disponible, il a été possible de traduire les excès de  $^{230}\text{Th}$  en flux (dpm/cm $^2$ /ka). Dix des quatorze stations peuvent être reportées sur un profil transversal dans la mer du Labrador entre Okak Bank (Labrador) et Cap Farewell (Groenland). La figure 3.1 illustre le flux de  $^{230}\text{Th}$  produit par la colonne d'eau au-dessus de chaque station analysée (*FV* flux vertical) et le flux de  $^{230}\text{Th}$  excédentaire, ou latéral, observé dans les sédiments sous-jacents, soit le flux total de  $^{230}\text{Th}$  auquel on a soustrait le flux vertical de  $^{230}\text{Th}$ . La résultante est appelée ici flux "latéral" (*FL*).

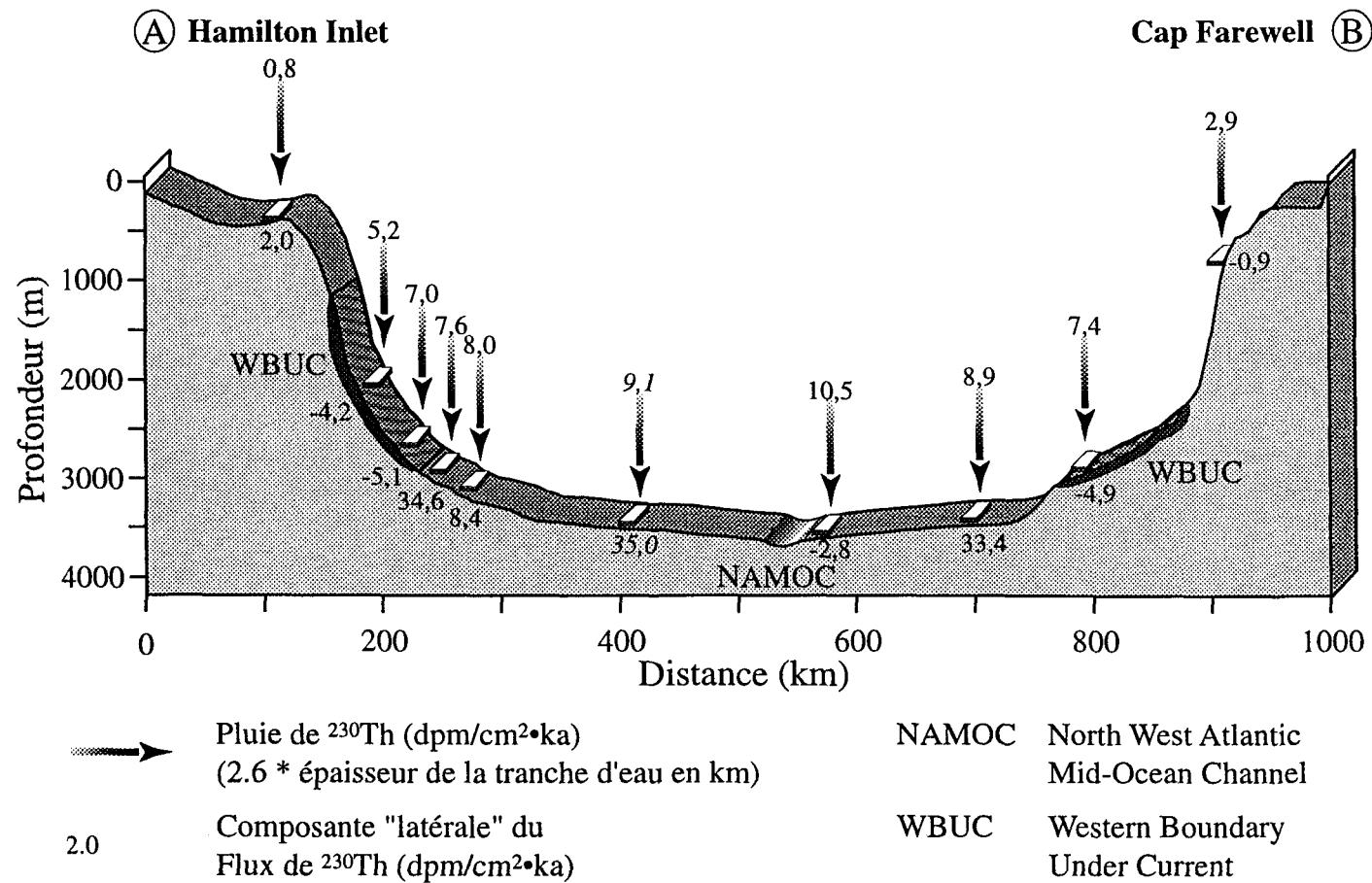


Figure 3.1. Coupe schématique entre le Groenland et le Labrador illustrant les flux de  $^{230}\text{Th}$  observés. Les flèches verticales représentent la production de  $^{230}\text{Th}$  par la colonne d'eau alors que les nombres associés aux stations représentent le flux latéral de  $^{230}\text{Th}$ . La valeur en italique représente la station 91-045-094 (Orphan Knoll) qui a été projetée sur cette coupe.

---

Numéro de la carotte	Flux $^{230}\text{Th}_m$ dpm•cm $^{-2}$ •ka $^{-1}$	<i>FV</i> dpm•cm $^{-2}$ •ka $^{-1}$	<i>FL</i> dpm•cm $^{-2}$ •ka $^{-1}$
HU-087-033-008	4,80	6,38	-1,58
HU-090-013-006	2,05	2,91	-0,85
HU-090-013-011	2,46	7,38	-4,92
HU-090-013-013	67,81	8,89	58,93
HU-090-013-017	43,99	8,89	35,63
HU-090-013-020	42,17	7,54	34,63
HU-090-013-027	16,33	7,97	8,35
HU-091-045-008	2,81	0,79	2,02
HU-091-045-018	1,89	6,96	-5,08
HU-091-045-023	1,03	5,22	-4,19
HU-091-045-028	7,70	10,50	-2,80
HU-091-045-051	6,24	7,76	-1,51
HU-091-045-071	38,54	5,88	32,66
HU-091-045-093	44,03	9,07	34,97

---

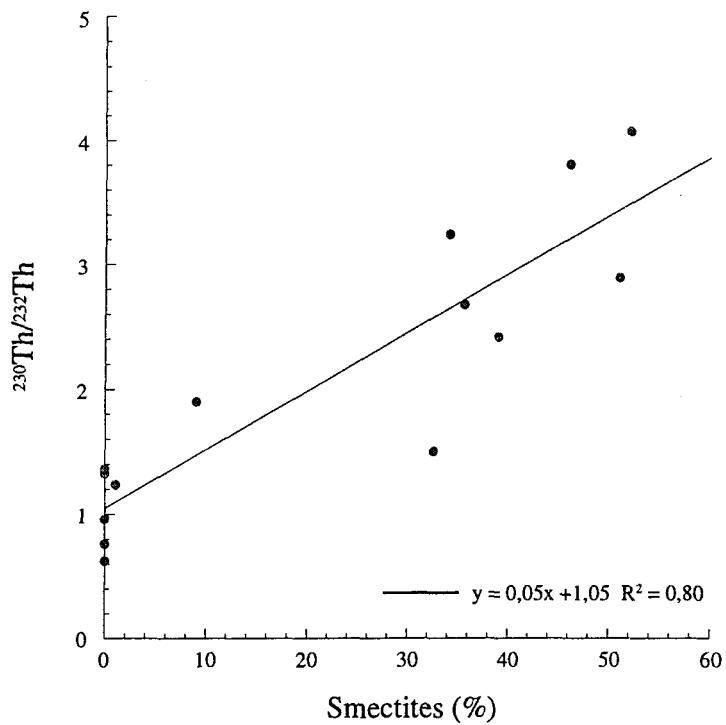
Tableau 3.1. Flux de  $^{230}\text{Th}$  mesuré, flux vertical (*FV*) et flux latéral (*FL*) dans les échantillons de surface.

On remarque d'abord que les stations se trouvant sous les zones d'influence du WBUC présentent toutes, à l'exception de la station 091-045-028 qui se trouve sur le flanc nord du NAMOC, des flux latéraux importants. Une station est clairement identifiée comme étant à l'intérieur de la zone de débit maximal du WBUC: la carotte boîte 090-013-011; elle présente une vitesse de sédimentation relativement faible (2,3 cm • ka $^{-1}$ ) et peu de sédiments holocènes. Elle est aussi caractérisée par un excès de  $^{230}\text{Th}$  inférieur à la production de la colonne d'eau sus-jacente. Une partie du  $^{230}\text{Th}$  est donc exportée latéralement. En contrepartie, sur le glacis, on observe un flux latéral de  $^{230}\text{Th}$  croissant de ~0 à ~70 dpm • cm $^{-2}$  • ka $^{-1}$ , au cours de la même période. Pour ce qui concerne les autres stations du talus, la plupart d'entre elles présentent des vitesses

de sédimentation faibles et des flux latéraux de  $^{230}\text{Th}$  négatifs ( de -0,85 à -5,08 dpm •  $\text{cm}^{-2} \cdot \text{ka}^{-1}$ ). Une seule station se trouve sur le plateau (091-045-008); elle indique un flux latéral positif de  $^{230}\text{Th}$  (2,02 dpm •  $\text{cm}^{-2} \cdot \text{ka}^{-1}$ ).

Dans le bassin de la mer du Labrador, l'équilibre entre la production de  $^{230}\text{Th}$  par la colonne d'eau et l'excès mesuré dans les sédiments n'est pas observé. Les zones exportatrices (flux latéraux négatifs) de  $^{230}\text{Th}$  ont au maximum un flux de ~5 dpm •  $\text{cm}^{-2} \cdot \text{ka}^{-1}$  alors que les parties plus profondes du bassin reçoivent actuellement un flux de ~35 dpm •  $\text{cm}^{-2} \cdot \text{ka}^{-1}$ . Au moins deux hypothèses peuvent être avancées pour équilibrer le budget du  $^{230}\text{Th}$ . La première serait un artefact d'échantillonnage: les stations ont été retenues parce qu'elles représentaient des zones d'accumulation sédimentaire. Les endroits où la couverture sédimentaire était réduite ainsi que les endroits marqués par une sédimentation grossière, tels les chenaux et ramifications du NAMOC, ont en effet été évités. Néanmoins, il faudrait que la superficie des zones exportatrices soit environ sept fois supérieures à la superficie des zones qui reçoivent le flux latéral de  $^{230}\text{Th}$  pour rendre compte du déséquilibre observé. On peut estimer, qu'au mieux, les zones exportatrices représentent la moitié de la superficie des zones qui reçoivent le flux latéral de  $^{230}\text{Th}$ , donc environ 30% du flux reçu sur le glacis. Dans ce cas, la production totale de  $^{230}\text{Th}$  par la masse d'eau de la mer du Labrador n'est pas suffisante pour rendre compte des excès mesurés dans les parties profondes de ce bassin. La deuxième hypothèse tient compte d'un apport latéral de  $^{230}\text{Th}$  de moyenne à longue distance. La fraction argileuse des sédiments inclut jusqu'à 50 % de smectites (Fagel et al., 1996) qui sont associées à la ride médio-océanique. Il est donc probable que de telles particules fines qui décantent dans le bassin de la mer du Labrador arrivent avec un excès de  $^{230}\text{Th}$  non négligeable. La présente étude ne permet pas d'identifier précisément les liens entre le type de particule, la dimension granulométrique et le  $^{230}\text{Th}$  adsorbé. Cependant, il semble exister une corrélation entre le pourcentage de smectites dans la fraction argileuse et le rapport  $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$  du sédiment total (fig.3.2).

Il en résulte que les modèles actuels qui utilisent le flux de  $^{230}\text{Th}$  pour estimer les flux d'autres composantes sédimentaires ne rencontrent pas leur premier prérequis (postulat), qui veut que les excès de  $^{230}\text{Th}$  mesurés dans les sédiments soient limités strictement à ce que la colonne d'eau sus-jacente peut produire.



### 3.3 SÉDIMENTS PLÉISTOCÈNES

La carotte 90-013-013, située au sommet du glacis groenlandais, couvre le dernier cycle climatique et permet de reconstituer les variations climatiques et sédimentologiques de ce bassin. Rappelons-le, cette carotte à fait l'objet d'une vingtaine de datations  $^{14}\text{C}$ , elle présente donc, un bon contrôle chronostratigraphique sur l'intervalle 0 - 40 000 ans. Les excès de  $^{230}\text{Th}$  de cet intervalle ont été calculés selon deux méthodes. L'équation de Anderson et al., (1990), déjà utilisée pour les sédiments de surface, a été utilisée pour les périodes climatiques de forte production primaire qui présentent des flux d'uranium diagénétique important, tels les stades isotopiques 1 et 3. Pour ce qui concerne le stade isotopique 2, cette équation, qui nécessite d'évaluer le rapport  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  de la fraction détritique, ne peut être utilisée. En effet, les sédiments glaciaires incluent des apports détritiques ayant des compositions isotopiques différentes. Par exemple, les carbonates des sédiments associés aux événements sédimentaires brefs (ex. HE) présentent des rapports  $^{238}\text{U}/^{232}\text{Th}$  beaucoup plus élevés que les sédiments issus de l'érosion des formations précambriennes du bouclier canadien (4.84 et 0,42 respectivement; voir tableau 1.1). La productivité primaire et l'apport d'uranium diagénétique étant presque inexistant au cours de cet intervalle, nous avons pris en compte la fraction de  $^{230}\text{Th}$  non soutenue par l'isotope ascendant  $^{234}\text{U}$ . Nous supposons dans ce cas que l'uranium des sédiments est strictement lié aux fractions détritiques et que le rapport d'activité  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  de celles-ci est proche de l'équilibre séculaire (~1). Les excès ont été traduits sous forme de flux sur la figure 3.3 où l'on présente les relations entre ceux-ci et la vitesse de sédimentation, le flux de  $\text{CaCO}_3$ , le flux de  $\text{C}_{\text{org}}$  et quelques indices granulométriques. On note d'abord que les flux latéraux de  $^{230}\text{Th}$  les plus importants s'observent au cours de l'Holocène et que ceux-ci sont très fortement corrélés,  $R = 0,93$ , aux flux de carbonates biogéniques (fig. 3.4). En effet, à l'exception des événements marqués par des contenus en carbonates détritiques élevés (*detrital carbonate layer*, DC; cf. Stoner et al., 1996). L'essentiel de la fraction carbonatée est issue de la productivité primaire, principalement les coccolithophorides (fig. 3.5). La pluie peltométrique semble donc jouer un rôle extrêmement important dans l'entraînement et la sédimentation du  $^{230}\text{Th}$ . Il en résulte que le  $^{230}\text{Th}$  peut constituer un indicateur indirect de paléoproduction

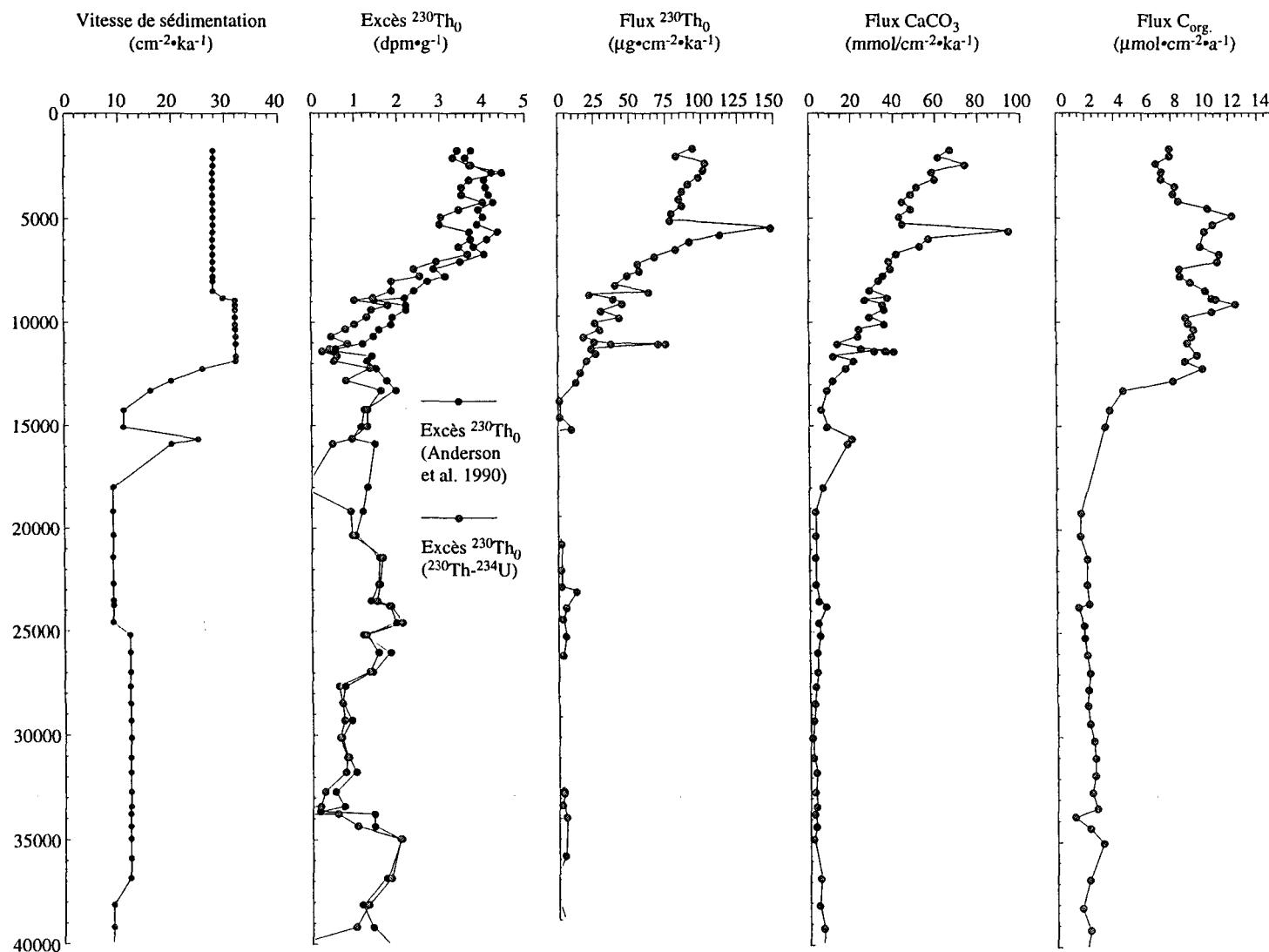


Figure 3.3. Vitesse de sédimentation, excès de  $^{230}\text{Th}$ , flux de  $^{230}\text{Th}$ , flux de  $\text{CaCO}_3$  et flux de  $\text{C}_{\text{org.}}$  pour l'intervalle 0 à 40 ka de la carotte 90-013-013 (glacis groenlandais).

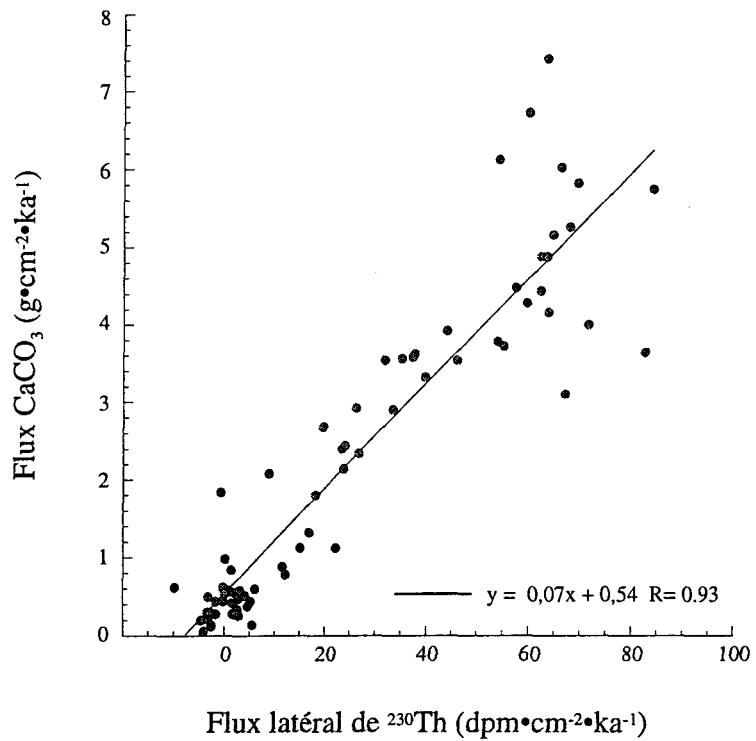


Figure 3.4. Flux latéral de  $^{230}\text{Th}$  en relation avec le flux de  $\text{CaCO}_3$  dans la carotte 90-013-013 (glacis groenlandais).

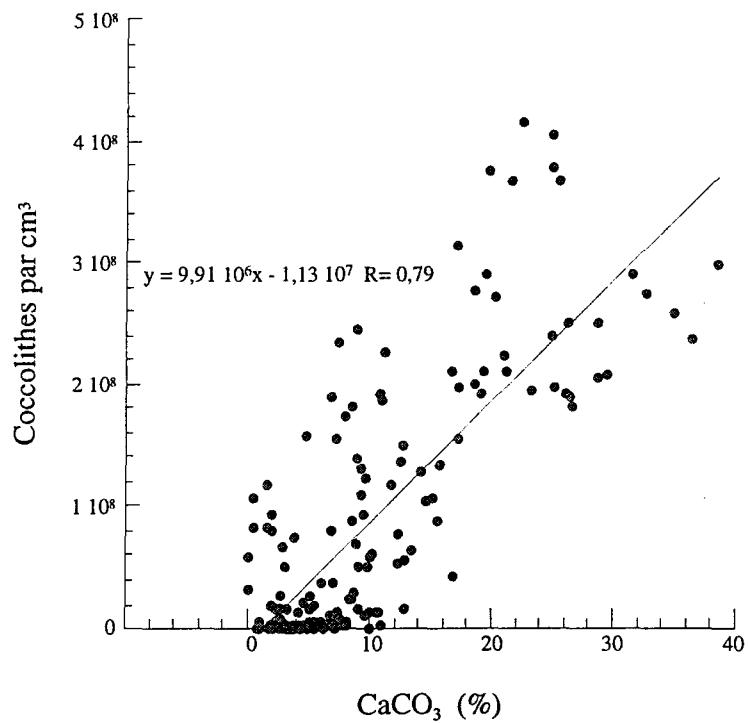


Figure 3.5. Pourcentage de carbonate de calcium (%) du sédiment en relation avec les concentrations en coccolithes observées par cm<sup>3</sup> à la station 90-013-013 (d'après Hillaire-Marcel et al., 1994d).

dans les sédiments où il y a dissolution des carbonates et que, par conséquent, les indicateurs carbonatés de productivité ne sont pas utilisables.

Sur la figure 3.6, on présente le facteur de "focalisation"  $\Psi$  (*focussing factor* de Bacon et Rosholt, 1982; flux de  $^{230}\text{Th}$  mesuré / flux produit par la colonne d'eau), le flux terrigène total et le flux de  $\text{CaCO}_3$ , tous deux normalisés sur la base de l'excès de  $^{230}\text{Th}$ . On observe d'abord que le facteur  $\Psi$  est à peu près égal à 1 ou supérieur à 1, ce qui indique des flux latéraux importants, notamment à l'Holocène. Le taux d'accumulation donné par  $f_i$  indique un taux d'environ  $2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{ka}^{-1}$  pour l'Holocène et de  $\sim 10 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{ka}^{-1}$  pour les stades isotopiques 2 et 3 montrant une tendance inverse à ce qui a été calculé précédemment. De même, le flux normalisé de  $\text{CaCO}_3$  ne présente que très peu de variations tout au long du profil avec une valeur moyenne de  $0,8 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{ka}^{-1}$  comparativement à la méthode plus traditionnelle qui indique des flux de  $\text{CaCO}_3$  croissants pendant l'Holocène avec des valeurs de près d'un ordre de grandeur plus élevé (fig. 3.6). Finalement, le flux normalisé de  $\text{C}_{\text{org.}}$  est celui qui est le moins cohérent puisqu'il indique des flux plus importants pour le stade isotopique 2 que pour l'Holocène. De plus, à partir de la déglaciation, le flux de  $\text{C}_{\text{org.}}$  ne ferait que décroître pour atteindre sa valeur minimale à l'actuelle (fig. 3.6). On est donc conduit à rejeter cette approche.

Il a déjà été mentionné plus haut, qu'un des postulats sur lequel repose ce modèle soit difficilement vérifiable, à savoir que les excès de  $^{230}\text{Th}$  mesurés dans les sédiments sont limités strictement à ce que la colonne d'eau peut produire. Les flux de  $\text{C}_{\text{org.}}$  qui résultent de la normalisation au  $^{230}\text{Th}$  issue de ce modèle sont incohérents avec les mesures plus directes de ceux-ci obtenues sur la seule base des taux d'accumulation.

### 3.4 ÉLÉMENTS DE CHRONOLOGIE BASÉE SUR L'EXCÈS DE $^{230}\text{Th}$

Pendant les stades isotopiques 2, 4 et 6, la productivité primaire était presque inexistante (Hillaire-Marcel et al., 1994d), ceci a eu pour effet de minimiser les flux d'uranium diagénétique dans les sédiments. Il est généralement admis que le WBUC pendant ces épisodes était faible (Hillaire-Marcel et al., 1994d), réduisant considérablement les apports détritiques distaux. Dans ce cas, les excès de  $^{230}\text{Th}$  (obtenus en soustrayant l'activité de  $^{234}\text{U}$ ) mesurés dans les sédiments de la carotte 90-

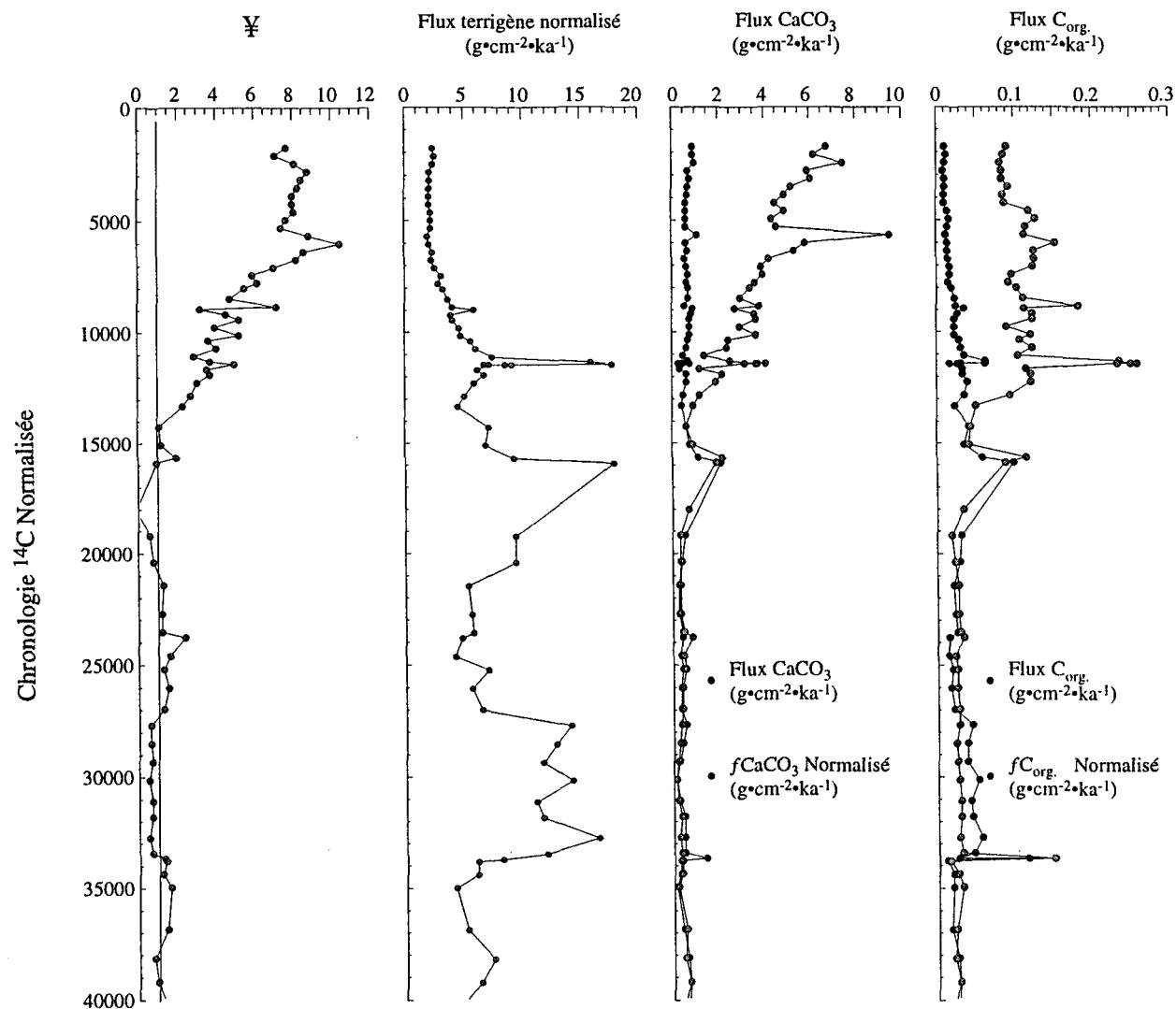


Figure 3.6. Modèle de Bacon et Rosholt (1982) appliqué à la carotte 90-013-013 du glacis groenlandais. Facteur ¥, flux terrigène normalisé au flux de  $^{230}\text{Th}$ , flux de  $\text{CaCO}_3$  et flux de  $\text{C}_{\text{org.}}$  non normalisé et normalisé aux flux de  $^{230}\text{Th}$  pour l'intervalle 0 à 40 ka.

013-013, peuvent être utilisés pour calculer des vitesses de sédimentation. Le cumul des excès de  $^{230}\text{Th}$  mesuré dans les sédiments (fig. 3.7a), et reporté à la production de la colonne d'eau ( $2,63 \text{ dpm} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot 1000^{-1}$  mètres d'eau; Cochran, 1982), livre pour le stade isotopique 2 (*s.l.* compris ici comme l'intervalle couvrant l'épisode H3-H1, i.e.,  $\sim 14 - 29$  ka), une vitesse de sédimentation de  $\sim 9 \text{ cm} \cdot \text{ka}^{-1}$ . Celle-ci est proche de celle obtenue sur la base de la chronostratigraphie  $^{14}\text{C}$ . Sur cette base, le stade isotopique 2 (*s.l.*) aurait eu une durée de  $\sim 19$  ka comparés au 15 ka de la chronologie  $^{14}\text{C}$ . En ce qui a trait au stade isotopique 4, l'enregistrement sédimentaire de cet épisode n'est pas très important, la résolution d'échantillonnage n'autorise que des calculs de durée très approximatifs. La même approche a toutefois pu être utilisée pour le stade isotopique 6 (en fait, pour l'intervalle 6.0 - 6.4.1, dans la stratigraphie de Martinson et al, 1987; fig. 3.7b). Elle livre une vitesse de sédimentation de  $\sim 5 \text{ cm} \cdot \text{ka}^{-1}$ , soit une durée de  $\sim 26$  ka. Ici encore, la durée obtenue à partir des excès de  $^{230}\text{Th}$  pour cet épisode diffère peu de la durée de l'intervalle défini dans la chronologie de SPECMAP (130-161 ka; Martinson et al, 1987).

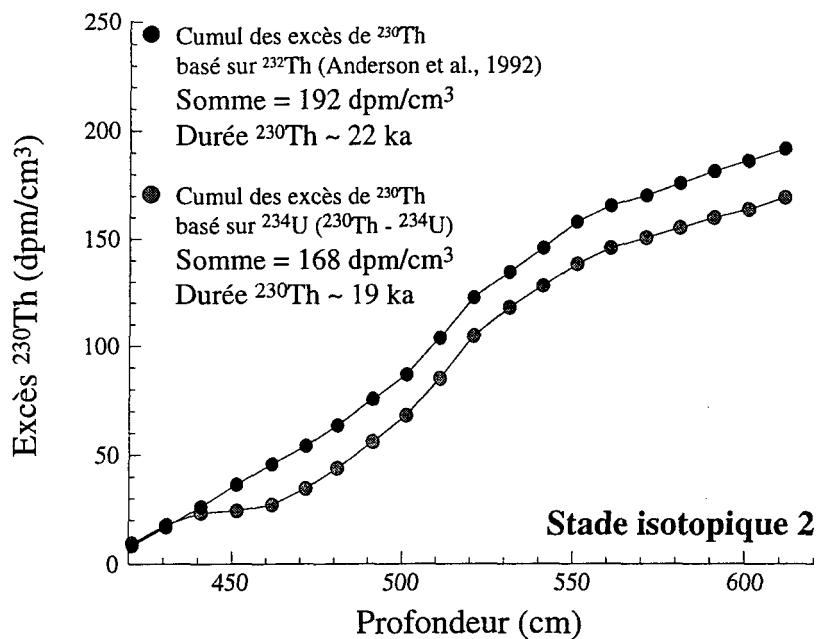


Figure 3.7a. Cumul des excès de  $^{230}\text{Th}$  pour les sédiments du stade isotopique 2 de la carotte 90-013-013. Les deux approches pour calculer les excès sont illustrées, soit à partir de  $^{232}\text{Th}$  ou de  $^{234}\text{U}$ . La durée de l'épisode est calculée sur la base de  $^{230}\text{Th}$  en excès accumulé.

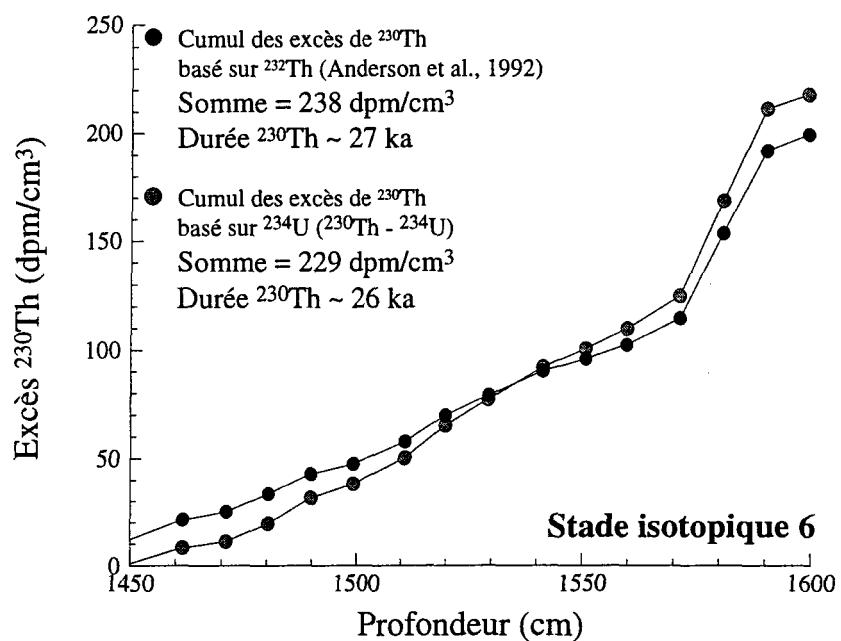


Figure 3.7b. Cumul des excès de  $^{230}\text{Th}$  pour les sédiments du stade isotopique 6 de la carotte 90-013-013. Les deux approches pour calculer les excès sont illustrées, soit à partir de  $^{232}\text{Th}$  ou de  $^{234}\text{U}$ . La durée de l'épisode est calculée sur la base de  $^{230}\text{Th}$  en excès accumulé.

### 3.5 CONCLUSIONS

Les excès de  $^{230}\text{Th}$  mesurés dans les sédiments de la mer du Labrador excèdent la production de la colonne d'eau par un facteur sept pour la période holocène. Pendant le dernier maximum glaciaire, les excès rendent toutefois assez exactement compte de la production par la colonne d'eau. Les excès traduits sous forme de flux latéraux, présentent une très forte corrélation ( $R = 0,97$ ) avec les flux de carbonates biogéniques qui sont principalement composés de coccolithes. Il semble donc qu'en première approximation, dans les bassins sub-arctiques, les flux de  $^{230}\text{Th}$  normalisés aux flux de  $^{232}\text{Th}$ , marquant les apports détritiques, puissent être un indicateur des changements de productivité primaire à travers le temps.

L'utilisation des excès de  $^{230}\text{Th}$  pour normaliser les flux sédimentaires semble donc inappropriée dans ces bassins qui connaissent une forte productivité primaire et de forts courants de contour.

Finalement, les excès de  $^{230}\text{Th}$  indiquent une durée pour le stade isotopique 2 et 6 en accord avec les estimations basées sur la chronologie  $^{14}\text{C}$  et l'échelle de temps SPECMAP. Dans le cas présent, l'utilisation des excès de  $^{230}\text{Th}$  pour évaluer la durée des épisodes glaciaires n'est pas en soit une méthode absolue.

## **CONCLUSIONS GÉNÉRALES**

L'étude des déséquilibres uranium/thorium des sédiments holocène et pré-holocène de la mer du Labrador mène à plusieurs conclusions très générales.

En ce qui a trait aux isotopes de l'uranium, l'étude de sédiments provenant de carottes boîtes a permis de démontrer que des trois composantes principales qui constituent le flux d'uranium (détritique, authigène et diagénétique précoce), deux seulement jouent un rôle important dans la mer du Labrador, soit l'uranium associé à la fraction détritique terrigène et l'uranium diagénétique précoce. Différentes approches nous ont permis de quantifier l'uranium diagénétique dans les sédiments des stations étudiées, entre autres, l'utilisation de  $^{232}\text{Th}$  comme marqueur terrigène et l'utilisation du rapport  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ . Il a été possible de calculer, pour les sédiments holocènes, directement sous l'influence du sous courant côtier (WBUC), un flux moyen de  $4,6 \text{ nmole} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{ka}^{-1}$ . Les sédiments qui sont sous l'axe de débit maximal du WBUC présentent des flux plus élevés de l'ordre de  $13 \text{ nmole} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{ka}^{-1}$ .

Les sédiments glaciaires des stades isotopiques 2, 4 et 6, de la carotte 90-013-013 sur le glacis groenlandais, indiquent une mobilité post-sédimentaire de l'uranium. Celle-ci s'observe aux contacts entre les unités glaciaires (oxydées) et interglaciaires (réduites) entre autres, par les rapports  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  qui passent respectivement de valeurs faibles ( $\leq 0,9$ ) à des valeurs élevées ( $\geq 1,1$ ). De plus, ce processus semble être continu à travers le temps tel que démontré par la diminution des rapports  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  avec l'âge des sédiments (stade isotopique 2,  $0,92 \pm 0,02$ ; stade isotopique 4,  $0,89 \pm 0,03$ ; stade isotopique 6,  $0,86 \pm 0,03$ ). Pour une étude plus poussée de cette mobilité post-sédimentaire, il sera nécessaire de connaître les conditions rédox des sédiments ainsi que d'avoir de l'information sur les eaux porales.

Pour ce qui concerne les isotopes du thorium, trois sources détritiques ont pu être identifiées dans les sédiments de la mer du Labrador, une composante proximale groenlandaise, une composante proximale labradorienne et une composante distale liée à la ride médio-océanique. Les apports distaux sont très étroitement liés au sous courant côtier (WBUC) qui véhicule des argiles en provenance du bassin d'Irminger. On note que dans les sédiments de la mer du Labrador 50% de la fraction argileuse est composée de smectites issues de la ride médio-océanique (Fagel et al., 1996). Ainsi, la

composition isotopique du sédiment représente un mélange entre trois pôles ayant des signatures isotopiques différentes. La proportion de chaque composante est donc étroitement liée aux changements climatiques majeurs (glaciaire/interglaciaire) et à la présence ou l'absence de courants marins forts. La position géographique de la station étudiée par rapport à l'axe de débit maximal du WBUC est également déterminante: les stations situées au dessus de cet axe reçoivent moins de matériaux distaux que les stations qui sont au dessous.

Les excès de  $^{230}\text{Th}$ , mesurés dans les sédiments holocènes de la mer du Labrador, excèdent la production totale de la colonne d'eau par un facteur sept. Ces excès traduits sous forme de flux sont très fortement corrélés ( $R = 0,97$ ) avec les flux de carbonates biogéniques, principalement des coccolithes. Il devrait donc être possible d'utiliser les excès de  $^{230}\text{Th}$  comme indicateur des changements de productivité, au cours du temps, lorsque les indicateurs carbonatés de productivité ne sont pas fiables dans les sédiments en raison de la dissolution des carbonates. Pour dresser un bilan du  $^{230}\text{Th}$  dans la bassin de la mer du Labrador, il est nécessaire de considérer des flux latéraux importants associés à un transport de moyenne et longue distance (e.g. bassin d'Irminger, détroit du Danemark, bassin d'Islande). Des études sur les particules et la matière organique en suspension de la colonne d'eau seront nécessaires pour identifier les particules qui transportent et sédimentent le  $^{230}\text{Th}$  dans le bassin.

L'étude des flux d'uranium et de thorium dans les sédiments de la mer du Labrador a permis d'éclairer la situation océanographique particulière de ce bassin: en particulier les mécanismes responsables de l'enfouissement de l'uranium, le rôle du bassin comme piège à sédiments, l'importance des courants marins profonds en ce qui a trait au transport des particules et donc, à la composition géochimique même des sédiments.

## RÉFÉRENCES

- Aagaard, K., Swift, J.H. et Carmack, E.C. 1985. Thermohaline circulation in the Arctic Mediterranean seas. *Journal of Geophysical Research*, **90**: 4833-4846.
- Anderson, R.F., Bacon, M.P. et Brewer, P.G. 1983a. Removal of  $^{230}\text{Th}$  and  $^{231}\text{Pa}$  from the open ocean. *Earth and Planetary Science Letters*, **62**: 7-23.
- Anderson, R.F., Bacon, M.P. et Brewer, P.G. 1983b. Removal of  $^{230}\text{Th}$  and  $^{231}\text{Pa}$  at ocean margins. *Earth and Planetary Science Letters*, **66**: 73-90.
- Anderson, R.F. 1987. Redox behavior of uranium in anoxic marine basin. *Uranium*, **3**: 145-164.
- Anderson, R.F., LeHuray, A.P., Fleisher, M.Q. et Murray, J.W. 1989a. Uranium deposition in Saanich Inlet sediments, Vancouver Island. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **53**: 2205-2213.
- Anderson, R.F., Fleisher, M.Q. et LeHurray, A.P. 1989b. Concentration, oxidation state, and particulate flux of uranium in the Black Sea. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **53**: 2215-2224.
- Anderson, R.F., Lao, Y., Broecker, W.S., Trumbore, S.E., Hoffmann, H.J. et Wolfi, W. 1990. Boundary scavenging in the Pacific Ocean: a comparison of  $^{10}\text{Be}$  and  $^{231}\text{Pa}$ . *Earth and Planetary Science Letters*, **96**: 287-304.
- Anderson, P.S., Wasserburg, G.J., Chen, J.H., Papanastassiou, D.A., et Ingri. J. 1995.  $^{238}\text{U}$  -  $^{234}\text{U}$  and  $^{232}\text{Th}$  -  $^{230}\text{Th}$  in the Baltic Sea and in river water. *Earth and Planetary Science Letters*, **130**: 217-234.
- Andrews, J. T., Tedesco, K., Briggs, W. M., et Evans, L. W. 1994. Sediments, sedimentation rates, and environments, southeast Baffin Shelf and northwest Labrador Sea, 8-26 ka. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, **31**: 90-103.
- Bacon, M.P. et Anderson, R.F. 1982. Distribution of thorium isotopes between dissolved and particulate forms in the deep sea. *Journal of Geophysical Research*, **87**: 2045-2056.
- Bacon, M.P. et Rosholt, J.N. 1982. Accumulation rates of Th-230, Pa-231, and some transition metals on the Bermuda Rise. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **46**: 651-666.
- Bacon, M.P. 1984. Glacial to interglacial changes in carbonate and clay sedimentation in the Atlantic Ocean estimated from  $^{230}\text{Th}$  measurements. *Isotope Geoscience*, **2**: 97-111.
- Bard, E., Labeyrie, L., Arnold, M., Labracherie, M., Pichon, J.-J., Dupras, J. et Duplessy, J.-C. 1989. AMS-14C ages measured in deep sea cores from the

- southern ocean: implications for sedimentation rates during isotope stage 2. *Quaternary Research*, **31**: 309-317.
- Barnes, C.E. et Cochran, J.K. 1988. Uranium geochemistry in Black Sea sediments. *Transactions, American Geophysical Union*, **69**: 1243.
- Barnes, C.E. et Cochran, J.K. 1990. Uranium removal in oceanic sediments and the oceanic U balance. *Earth and Planetary Science Letters*, **97**: 94-101.
- Barth, T.W.F. 1952.
- Bond, G., Heinrich, H., Broecker, W., Labeyrie, L., McManus, J., Andrews J. T., Huon, S., Jantschik, R., Clasen, S., Simet, C., Tedesco, K., Klass, M., Bonani, G., et Ivy, S. 1992. Evidence for massive discharges of icebergs into the North Atlantic Ocean during the last glacial period. *Nature*, **360**: 245-249.
- Broecker, W.S. 1990. Salinity history of the northern Atlantic during the last deglaciation. *Paleoceanography*, **5**: 459-467.
- Broecker, W.S., Bond, G. et Klas, M. 1990. A salt oscillator in the Atlantic ? 1. The concept. *Paleoceanography*, **5**: 469-477.
- Chen, J. H., Edwards, R. L., et Wasserburg, G. J. 1986.  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$  and  $^{232}\text{Th}$  in seawater. *Earth and Planetary Science Letters*, **80**: 241-251.
- Chough, S. K. 1978. Morphology, sedimentary facies and processes of the Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel between 61 and 52 N, Labrador Sea. *Thèse de doctorat, Université McGill, Montréal, Québec*.
- Chough, S. K., et Hesse, R. 1985. Contourites from Eirik Ridge, south of Greenland. *Sedimentary Geology*, **41**: 185-199.
- Clarke, R.A. et Gascard, J.-C. 1983. The formation of the Labrador Sea water, Part 1: Large-scale processes. *Journal of Physical Oceanography*, **13**: 1764-1778.
- Clarke, R.A. 1984. Transport through Cape Farewell - Flemish Cap section. *Rapports et procès-verbaux des réunions, Conseil international pour l'exploration de la mer*, **185**: 120-130.
- Clegg, S.L., Bacon, M.P. et Whitfield, M. 1991. Application of a generalized scavenging model to thorium isotope and particle data at equatorial and high-latitude sites in the Pacific Ocean. *Journal of Geophysical Research*, **96**: 20655-20670.
- Cochran, J.K. 1982. The ocean chemistry of the U- and Th-series nuclides. *Dans Uranium Series disequilibrium: applications to earth, marine, and environmental sciences. Edité par M.Ivanovich et R.S. Harmon. Oxford Science Publications, Oxford*, pp. 384-430.

- Cochran, J.K., Carey, A.E., Sholkovitz, E.R. et Surprenant, L.D. 1986. The geochemistry of uranium and thorium in coastal marine sediments and pore waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **50**: 663-680.
- Cochran, J.K. 1992. The oceanic chemistry of the uranium-thorium-series nucleides. *Dans Uranium Series disequilibrium: applications to earth, marine, and environmental sciences. Edité par M.Ivanovich et R.S. Harmon. Oxford Science Publications, Oxford*, pp. 334-395.
- Cremer, M. 1989. Texture and microstructure of Neogene - Quaternary sediments, ODP Sites 645 and 646, Baffin Bay and Labrador Sea. *Proceeding of the Ocean Drilling Program: Scientific Results*, **105**: 7-16.
- de Vernal, A., Larouche, A. et Richard, P.J.H. 1987. Evaluation of palynomorph concentration: do the aliquot and the marker-grain methods yield comparable results? *Pollen et Spores*, **29**: 291-304.
- de Vernal, A., Bilodeau, G. Hillaire-Marcel, C. et Kassou, N. 1992. Quantitative assessment of carbonate dissolution in marine sediments from foraminifer linings vs. shell ratios: example from Davis Strait, NW North Atlantic. *Geology*, **20**: 527-530.
- de Vernal, A., Turon, J.-L. et Guiot, J. 1994. Dinoflagellate cyst distribution in high-latitude marine environments and quantitative reconstruction of sea-surface salinity, temperature, and seasonality. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, **31**: 48-62.
- DeMaster, D.J. 1981. The supply and accumulation of silica in the marine environment. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **45**: 1715-1732.
- Duplessy, J.C., Shackleton, N.J., Fairbanks, R.G., Labeyrie, L., Oppo, D. et Kallel, N. 1988. Deep water source variations during the last climatic cycle and their impact on the global deepwater circulation. *Paleoceanography*, **3**: 343-360.
- Fagel, N., Robert, C. et Hillaire-Marcel, C. 1996. Clay mineral signature of the NW Atlantic Boundary Undercurrent. *Marine Geology*, **130**: 19-28.
- Fahrig, W.F. et Eade, K.E 1968. The chemical evolution of the Canadian Shield. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, **5**: 1247-1252.
- Faure G. 1986. *Principles of isotope geology. Edité par John Wiley & Sons.*
- Fillon, R. H. et Duplessy, J.-C. 1980. Labrador sea bio-, tephro-, oxygen isotopic stratigraphy and Late Quaternary paleoceanographic trends. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, **17**: 831-854.
- Fillon, R. H. et Harmes, R. A. 1982. Northern Labrador Shelf glacial chronology and depositional environments. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, **19**: 162-192.

- Fillon, R. H. 1985. Northwest Labrador Sea stratigraphy, sand input and paleoceanography during the last 160 000 years. *Dans Quaternary environments, eastern Canadian Arctic, Baffin Bay and Western Greenland. Edité par J. T. Andrews.* Allen & Unwin, London, 181-209.
- Fillon, R. H., et Aksu, A. 1985. Evidence for subpolar influence in the Labrador Sea and Baffin Bay during marine isotopic stage 2. *Dans Quaternary environments, eastern Canadian Arctic, Baffin Bay and Western Greenland. Edité par J. T. Andrews.* Allen & Unwin, London, 248-262.
- Fisher, N.S., Teysie, J.L., Krishnaswami, S. et Baskaran, M. 1987. Accumulation of Th, Pb, U, and Ra in marine phytoplankton and its geochemical significance. *Limnology and Oceanography*, **32**: 131-142.
- Fleisher, R.L. et Rabbe, O.G. 1978. Recoiling alpha-emitting nuclei. Mechanisms for uranium-series disequilibrium. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **42**: 973-978.
- François, R., Bacon, M.P. et Suman, D.O. 1990. Thorium-230 profiling in deep-sea sediments: high-resolution records of flux and dissolution of carbonate in the Equatorial Atlantic during the last 24,000 years. *Paleoceanography*, **5**: 761-787.
- François, R. et Bacon, M.P. 1991. Variations in terrigenous input into the deep Equatorial Atlantic during the past 24,000 years. *Science*, **251**: 1473-1476.
- François, R., Bacon, M.P. Altabet, M.A. et Labeyrie, L. 1993. Glacial/interglacial changes in sediment rain rate in the SW Indian sector of subantarctic waters as recorded by  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{231}\text{Pa}$ , U and  $\delta^{15}\text{N}$ . *Paleoceanography*, **8**: 611-629.
- François, R. et Bacon, M.P. 1994. Heinrich events in the North Atlantic: radiochemical evidence. *Deep-Sea Research*, **41**: 315-334.
- Gariépy, C., Ghaleb, B., Hillaire-Marcel, C., Mucci, A., et Vallières, S. 1994. Early diagenetic processes in Labrador Sea sediments: uranium-isotopes geochemistry. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, **31**: 28-37.
- Ghaleb, B., Hillaire-Marcel, C., Causse, C., Gariépy, C. et Vallières, S. 1990. Fractionation and recycling of U and Th isotopes in a semi-arid endoreic depression of central Syria. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **54**: 1025-1035.
- Heinrich, H. 1988. Origin and consequences of cyclic ice rafting in the Northeast Atlantic Ocean during the past 130 000 years. *Quaternary Research*, **29**: 143-152.
- Hesse, R., et Chough, S.K. 1980. The Northwestern Atlantic Mid-Ocean Channel of the Labrador Sea: II, deposition of parallel laminated levee-muds from the viscous sublayer of low density turbidity currents. *Sedimentology*, **27**: 697-711.

- Hesse, R., Chough, S. K., et Rakofsky, A. 1987. The Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel of the Labrador Sea. V. Sedimentology of a giant deep-sea channel. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, **24**: 1595-1624.
- Hillaire-Marcel, C., Aksu, A. E., Causse, C., de Vernal, A., et Ghaleb, B. 1990a. Response of Th/U in deep Labrador Sea sediments (ODP Site 646) to changes in sedimentation rates and paleoproductivities. *Geology*, **18**: 162-165.
- Hillaire-Marcel, C., Rochon, A., et équipages scientifique. 1990b. Cruise report and on-board studies. *CSS Hudson* 91-013, May 29th - June 22nd 1990, leg 1: the Labrador Sea. Commission géologique du Canada, dossier public 2531.
- Hillaire-Marcel, C., Vallières, S., Ghaleb, B. et Mareschal, J.-C. 1990c. Déséquilibres Th/U dans les sols carbonatés en climat subaride; estimation des flux d'uranium et vitesse d'érosion. Le cas du bassin de Palmyre (Syrie). *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 311, Série II, p. 233-238.
- Hillaire-Marcel, C., de Vernal, A., Vallières, S. et équipages scientifiques. 1991. Cruise report and on-board studies. *CSS Hudson* 91-045, the Labrador Sea, the Irminger and Iceland basins. Commission géologique du Canada, dossier public.
- Hillaire-Marcel, C., de Vernal, A., Bilodeau, G., et Wu, G. 1994a. Isotope stratigraphy, sedimentation rates, deep circulation, and carbonate events in the Labrador Sea during the last ~ 200 ka. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, **31**: 63-89.
- Hillaire-Marcel, C., de Vernal, A., Lucotte, M., Mucci, A. 1994b. La mer du Labrador au cours du Quaternaire récent: Avant-propos. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, **31**: 1-4.
- Hillaire-Marcel, C., de Vernal, A., Bilodeau, G. et Wu, G. 1994c. Isotope stratigraphy, sedimentation rates, deep circulation, and carbonate events in the Labrador Sea during the last ~ 200 ka. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, **31**: 63-89.
- Hillaire-Marcel, C., de Vernal, A., Lucotte, M., Mucci, A., Bilodeau, G., Rochon, A., Vallières, S., et Wu, G. 1994d. Productivité et flux de carbone dans la mer du Labrador au cours des derniers 40 000 ans. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, **31**: 139-158.
- Hiscott, R. N., Cremer, M. et Aksu, A. E. 1989. Evidence from sedimentary structures for processes of sediment transport and deposition during Post-Miocene time at Sites 645, 646, and 647, Baffin Bay and the Labrador Sea. *Proceeding of the Ocean Drilling Program: Scientific Results*, **105**: 53-64.
- Hoffman, P.F. 1989. Precambrian geology and tectonic history of North America. *Dans The geology of North America; an overview. Dans la collection: The geology of North America.* 1989. *Édité par* Geol. Soc. Am.. Boulder, CO, United States. 447-512.

- Ivanovich, M., et Murray, A. 1992. Spectrometric methods. Uranium series Disequilibrium Applications to Earth, Marine, and Environmental Sciences, M. Ivanovich, *Édité par* Oxford Sciences Publication, 127-173.
- Jochum, K.P, Hofmann, A.W., Ito, E., Seufert, H.M., et White, W.M. 1983. K, U and Th in mid-ocean ridge basalt glasses and heat production, K/U and K/Rb in the mantle. *Nature*, **306**: 431-436.
- Kaufman, A. 1969. The Th-232 concentration of surface ocean water. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **33**: 717-724.
- Kigoshi, K. 1971. Alpha-recoil  $^{234}\text{Th}$ : dissolution into water and  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  disequilibrium in nature. *Science*, **173**: 47-48.
- Klinkhammer, G.P. et Palmer, M.R. 1991. Uranium in the ocean: Where it goes and why. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **55**: 1799-1806.
- Krishnaswami, S., Lal, D. et Somayajulu, L. 1976a. Investigations of gram quantities of Atlantic and Pacific surface particulates. *Earth and Planetary Science Letters*, **32**: 403-419.
- Ku, T.L. 1965. An evaluation of the  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  method as a tool for dating pelagic sediments. *Journal of Geophysical Research*, **70**: 3457-3474.
- Ku, T.L. 1976. The uranium-series methods of age determination. *Ann. Rev. Earth and Planetary Science Letters*, **4**: 347-378.
- Labeyrie, L.D., Duplessy, J.-C., Duprat, J., Juillet-Leclerc, A., Moyes, J., Michel, E., Kallel, N. et Shackleton, N.J. 1992. Changes in the vertical structure of North Atlantic ocean between glacial and modern times. *Quaternary Science Reviews*, **11**: 401-413.
- Lally, A.E. 1980. Chemical procedures. Uranium series disequilibrium. *Dans Uranium Series disequilibrium: applications to earth, marine, and environmental sciences*. *Édité par* M. Ivanovich et R.S. Harmon. Oxford Science Publications, Oxford, pp. 79-106.
- Lalou, C. 1985. Les méthodes de datations par les déséquilibres dans les familles de l'uranium. *Dans Méthodes de datation par les phénomènes nucléaires naturels, applications*: Édité par E. Roth et B. Poty. Paris (Collection CEA, Masson), pp. 175-201.
- Lao, Y., Anderson, R.F., Broecker, W.S., Hoffmann, H.J. et Wolfi, W. 1993. Particulate fluxes of  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{231}\text{Pa}$ , and  $^{10}\text{Be}$  in the northeastern Pacific Ocean. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **57**: 205-217.
- Lazier, J.R. 1988. Temperature and salinity changes in the deep Labrador Sea, 1932-1986. *Deep-Sea Research*, **35**: 1247-1253.

- Lehman, S.J., et Keigwin, L.D. 1992. Sudden changes in North Atlantic circulation during the last deglaciation. *Nature (London)*, **356**: 757-762.
- Lucotte, M. et Hillaire-Marcel, C. 1994. Identification et distribution des grandes masses d'eau dans les mers du Labrador et d'Irminger. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, **31**: 5-13.
- Mangini, A. et Diester-Haass, L. 1983. Excess Th-230 in sediments off NW Africa traces upwelling in the past. *Dans Coastal Upwelling: Its Sedimentary Record*. Édité par E. Suess et J. Thiede, Plenum, New-York, pp 155-470
- Marcantonio, F., Anderson, R.F., Stute, M., et Kumar, N. 1996. Extraterrestrial  $^3\text{He}$  as a tracer of marine sediment transport and accumulation. *Nature (London)*, **383**: 705-707.
- Martinson, G., Nicklas, G., Pisias, N., Hays, J., Imbrie, J., Moore, T. et Shackleton, N. 1987. Age dating and orbital theory of ice ages: Development of a high-resolution 0 to 300,000 - year chronostratigraphy. *Quaternary Research*, **27**: 1-29.
- McCartney, M.S. 1992. Recirculating components to the deep boundary current of the North Atlantic. *Progress in Oceanography*, **29**: 283-383.
- McCave, I.N. et Tucholke, B.E. 1986. Deep current-controlled sedimentation in the western North Atlantic. *Dans The western North Atlantic region. Dans la collection The geology of North America*. Édité par P.R. Vogt, B.E. Tucholke. Geol. Soc. Am.. Boulder, CO, United States. pp 451-468.
- McMillan, N. J. 1973. Surficial geology of Labrador and Baffin Island shelves. *Dans Earth science symposium on offshore eastern Canada. Commission géologique du Canada, Papier 71-23*, 451-468.
- Milankovitch, M. 1941. Kanon der erdbestrahlung une sei eiszeitenproblem. Acad. R. Serbe (Belegrade), ed. Spec. 133 Sect. Sci. Math. Naturales, 633, (translated by the Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 1970).
- Miller , G. H., et Kaufman, D. S. 1990. Rapid fluctuations of the Laurentide Ice Sheet at the mouth of Hudson Strait. New evidence for ocean/ice-sheet interactions as control on the Younger Dryas. *Paleoceanography*, **5**: 907-919.
- Muzuka A., 1995. Burial rate and diagenetic changes of nitrogen bearing organic matter in the subarctic Northwest Atlantic. Thèse de doctorat, Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec.
- Nozaki, Y., Horibe, Y. et Tsubota, H. 1981. The water column distributions of thorium isotopes in the western North Pacific. *Earth and Planetary Science Letters*, **54**: 203-216.

- Nozaki, Y., Tsubota, H., Kasemsupaya, V., Yashima, M. et Ikuta, N. 1991. Residence times of surface water and particle-reactive  $^{210}\text{Pb}$  and  $^{210}\text{Po}$  in the East China and Yellow seas. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **55**: 1265-1272.
- Picciotto, E. et Wilgain, S. 1954. Thorium determination in deep-sea sediments. *Nature (London)*, **173**: 632-633.
- Piggot, C.S. et Urry, W.D. 1939. The radium content of an ocean-bottom core. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, **29**: 405-415.
- Piggot, C.S. et Urry, W.D. 1942. Time relations in ocean sediments. *Geological Society of America Bulletin*, **53**: 1187-1210.
- Piper, D. J. W., Mudie, P. J., Fader, G. B., Josenhans, H. W., MacLean, B., et Vilks, G. 1990. Géologie du Quaternaire. Dans Géologie de la marge continentale de l'Est du Canada. Géologie du Canada. Vol. 2. Commission géologique du Canada, Ottawa. 513-652.
- Rochon, A. et de Vernal, A. 1994. Palynomorph distribution in Recent sediment from the Labrador Sea. *Revue canadienne des Sciences de la Terre*, **31**: 115-127.
- Rosholt, J.N., Garner, E.L. et Shields, W.R. 1964. Fractionation of uranium isotopes and daughter products in weathered granitic and uranium bearing sandstone, Wind River basin region, Wyoming. US Geological Survey, Prof.Paper 501-B.
- Rosholt, J.N., Doe, B.R. et Tatsumoto, M. 1966. Evolution of the isotopic composition of uranium and thorium in soil profiles. *Bulletin Geological Society of America*, **77**: 987-1004.
- Santschi, P.H., Bajo, C., Mantovani, M., Orciuolo, D., Cranston, R.E. et Brono, J. 1988. Uranium in pore waters from the North Atlantic (GME and Southern NaresAbysalPlain) sediments. *Nature (London)*, **331**: 155-157.
- Scholten, J.C., Botz, R., Mangini, A., Paetsch, H., Stoffers, P. et Vogelsang, E. 1990. High resolution  $^{230}\text{Th}_{\text{ex}}$  stratigraphy of sediments from high-latitude areas (Norwegian Sea, Fram Strait). *Earth and Planetary Science Letters*, **101**: 54-62.
- Shaw, D.M. 1967. U, Th, and K in the Canadian Precambrian shield and possible mantle compositions. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **31**: 1111-1113.
- Spencer, D.W., Bacon, M.P. et Brewer, P.G. 1981. Models of the distribution of  $^{210}\text{Pb}$  in a section across the North Equatorial Atlantic Ocean. *Journal of Marine Research*, **39**: 119-138.
- Stoner, J. S., Channell, J. E. T., Hillaire-Marcel, C., et Mareschal, J. 1994. High-resolution rock magnetic study of a Late Pleistocene core from Labrador Sea. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, **31**: 104-114.

- Stoner, J. S., Channell, J. E. T., et Hillaire-Marcel, C. 1995. Magnetic properties of deep sea sediment off SW Greenland: Major differences between the last two deglaciations. *Geology*, **23**: 241-244.
- Stoner, J. S., Channell, J. E. T., et Hillaire-Marcel, C. 1996. The magnetic signature of rapidly deposited detrital layers from the deep Labrador Sea: Relationship to North Atlantic Heinrich layers. *Paleoceanography*, **11**: 309-325.
- Suman, D.O. et Bacon, M.P. 1989. Variations in Holocene sedimentation in the North American Basin determined from Th-230 measurements. *Deep-Sea Research*, **36**: 869-878.
- Swift, J.H. 1984. The circulation of the Denmark Strait and Iceland - Scotland overflow waters in the North Atlantic. *Deep-Sea Research*, **31**: 1339-1355.
- Taylor, S.R. et McLennan, S.M. 1985. The continental crust: its composition and evolution. Blackwell Scientific Publications.
- Thompson, J., Wallace, H.E., Colley, S. et Toole, J. 1990. Authigenic uranium in Atlantic sediments of the last glacial stage - a diagenetic phenomenon. *Earth and Planetary Science Letters*, **98**: 222-232.
- Todd, J.F., Elsinger, R.J. et Moore, W.S. 1988. The distribution of uranium, radium and thorium isotopes in two anoxic fjords: Framvaren (Norway) and Saanich Inlet (British Columbia). *Marine Chemistry*, **23**: 393-415.
- Wu, G. et Hillaire-Marcel, C. Accelerator mass spectrometry radiocarbon stratigraphies in deep Labrador Sea cores: paleoceanographic implications. *Revue canadienne des Sciences de la Terre*, **31**: 58-47.
- Yamada, M. et Tsunogai, S. 1983. Postdepositional enrichment of uranium in sediment from the Bering Sea. *Marine Geology*, **54**: 263-276.

## **ANNEXE 1**

**TABLEAUX DES TENEURS ET RAPPORTS D'ACTIVITÉ DES  
ISOTOPES DES FAMILLES U ET Th, DES TENEURS EN  
CARBONATES, DES DÉNOMBREMENTS DE COCCOLITHES ET DE  
DINOFLAGELLÉS DES STATIONS ÉTUDIÉES**

Tableaux des teneurs et rapports d'activité des isotopes des familles U et Th, des teneurs en carbonates, des dénombrements de coccolithes et des dinoflagellés des stations étudiées.

Tableaux:

HU-87-033-008 (TWC et PC) .....	91
HU-90-013-006 (BX).....	91
HU-90-013-011 (BX).....	92
HU-90-013-012 (PC) .....	93
HU-90-013-013 (TWC) .....	93
HU-90-013-013 (PC) .....	94
HU-90-013-017 (BX).....	104
HU-90-013-020 (BX).....	105
HU-90-013-027 (BX).....	106
HU-90-013-028 (PC) .....	107
HU-91-045-008 (BX).....	107
HU-91-045-018 (BX).....	107
HU-91-045-023 (BX).....	108
HU-91-045-063 (BX).....	108
HU-91-045-090 (BX).....	109
HU-91-045-094 (BX).....	112
Échantillons de surface.....	117

HU-87-033-008 (TWC-PC) | Latitude: 62°38.91 N | Longitude: 53°53.07 O | Bathymétrie: 2424 m

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0735	8,0-10,0					5507	1,85 ±0,05	5,05 ±0,25	1,53 ±0,04	1,38 ±0,04	2,02 ±0,05	1,28 ±0,04	1,20 ±0,04	1,09 ±0,04	1,58 ±0,06	1,32 ±0,04	1,10 ±0,04
TWC																	
0736	10,0-11,0						1,36 ±0,04	3,12 ±0,16	1,08 ±0,03	1,02 ±0,03	1,30 ±0,03	0,79 ±0,02	1,37 ±0,05	1,29 ±0,05	1,64 ±0,06	1,20 ±0,04	1,06 ±0,04
TWC																	
0737	19,0-21,0					2150	2,88 ±0,06	6,42 ±0,27	2,29 ±0,05	2,15 ±0,04	2,00 ±0,04	1,62 ±0,03	1,41 ±0,03	1,33 ±0,03	1,23 ±0,04	0,87 ±0,02	1,07 ±0,03
TWC																	
0738	68,0-70,0						1,34 ±0,04	7,09 ±0,27	0,98 ±0,03	1,00 ±0,03	2,19 ±0,04	1,79 ±0,04	0,54 ±0,02	0,56 ±0,02	1,22 ±0,04	2,24 ±0,07	0,97 ±0,04
PC																	
0739	78,0-80,0						2,28 ±0,07	5,94 ±0,27	1,79 ±0,05	1,71 ±0,05	1,78 ±0,04	1,50 ±0,04	1,19 ±0,04	1,14 ±0,04	1,19 ±0,04	1,00 ±0,03	1,05 ±0,04
PC																	

HU-90-013-006 (BX) | Latitude: 59°29.50 N | Longitude: 45°52.20 O | Bathymétrie: 1105 m

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0175	1,0-2,5		16,8		9,08 E+04	2252	0,59 ±0,01	3,20 ±0,05	0,45 ±0,01	0,44 ±0,01	1,17 ±0,02	0,78 ±0,01	0,58 ±0,02	0,57 ±0,02	1,51 ±0,03	2,61 ±0,07	1,02 ±0,03
0176	2,5-4,5		17,6		5,67 E+04	8038	0,71 ±0,01	3,38 ±0,07	0,53 ±0,01	0,53 ±0,01	1,23 ±0,02	0,82 ±0,02	0,64 ±0,02	0,65 ±0,02	1,50 ±0,04	2,33 ±0,06	0,99 ±0,03
0177	4,5-6,5		19,2		4,37 E+04	4912	0,59 ±0,01	3,43 ±0,05	0,43 ±0,01	0,44 ±0,01	1,04 ±0,01	0,83 ±0,01	0,51 ±0,01	0,53 ±0,02	1,26 ±0,02	2,44 ±0,07	0,97 ±0,03
0178	6,5-8,5		17,6		4,22 E+04	2165	0,62 ±0,01	2,95 ±0,07	0,44 ±0,01	0,46 ±0,01	0,94 ±0,02	0,71 ±0,02	0,61 ±0,02	0,65 ±0,02	1,32 ±0,04	2,15 ±0,06	0,95 ±0,02
0179	8,5-10,5		18,8		7,41 E+04	1635	0,71 ±0,02	3,28 ±0,05	0,50 ±0,01	0,53 ±0,01	1,12 ±0,01	0,80 ±0,01	0,63 ±0,02	0,66 ±0,02	1,41 ±0,03	2,25 ±0,07	0,95 ±0,03
0180	10,5-13,5		22,4		4,33 E+04	2527	0,64 ±0,02	3,48 ±0,05	0,47 ±0,01	0,48 ±0,01	1,23 ±0,02	0,85 ±0,01	0,55 ±0,02	0,56 ±0,02	1,45 ±0,03	2,62 ±0,07	0,98 ±0,03
0181	13,5-15,5		2,80		3,08 E+04	2440	0,57 ±0,01	2,70 ±0,06	0,43 ±0,01	0,43 ±0,01	1,02 ±0,02	0,66 ±0,01	0,66 ±0,02	0,65 ±0,02	1,56 ±0,05	2,37 ±0,08	1,01 ±0,04

HU-90-013-011 (BX)				Latitude: 58°54.90 N			Longitude: 47°05.10 O			Bathymétrie: 2805 m					
--------------------	--	--	--	----------------------	--	--	-----------------------	--	--	---------------------	--	--	--	--	--

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	230Th dpm/g	232Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0085	0,0-2,0	0,88	28,8		5,12 E+08	2769	0,66 ±0,02	2,69 ±0,10	0,51 ±0,02	0,50 ±0,01	1,89 ±0,04	0,65 ±0,02	0,78 ±0,04	0,76 ±0,04	2,89 ±0,12	3,69 ±0,14	1,03 ±0,04
0086	2,0-4,0	0,40	31,2		2,43 E+08	5469	0,70 ±0,02	2,65 ±0,08	0,51 ±0,01	0,52 ±0,01	1,83 ±0,03	0,64 ±0,02	0,79 ±0,03	0,81 ±0,03	2,85 ±0,1	3,63 ±0,11	0,97 ±0,03
0087	4,0-6,0	0,09	30,4		1,28 E+08	4724	0,68 ±0,02	2,64 ±0,10	0,51 ±0,01	0,50 ±0,01	1,74 ±0,04	0,64 ±0,02	0,79 ±0,04	0,79 ±0,04	2,72 ±0,12	3,43 ±0,12	1,01 ±0,04
0088	6,0-8,0	0,00	28,8		1,89 E+08	6320	0,66 ±0,02	2,52 ±0,06	0,49 ±0,01	0,49 ±0,01	1,88 ±0,03	0,61 ±0,02	0,81 ±0,03	0,80 ±0,03	3,08 ±0,09	3,80 ±0,11	1,01 ±0,04
0089	8,0-10,0	0,25	20,0		3,04 E+08	1947	0,71 ±0,02	2,65 ±0,09	0,55 ±0,01	0,53 ±0,01	1,86 ±0,04	0,64 ±0,02	0,86 ±0,04	0,82 ±0,04	2,90 ±0,12	3,38 ±0,11	1,04 ±0,04
0090	10,0-11,0	0,06	21,6		1,35 E+08	4170	0,78 ±0,02	2,80 ±0,09	0,55 ±0,01	0,58 ±0,01	1,67 ±0,03	0,68 ±0,02	0,82 ±0,03	0,85 ±0,03	2,46 ±0,09	3,01 ±0,10	0,96 ±0,04
0091	12,0-14,0	0,09	16,0		2,95 E+08	1220	0,74 ±0,02	2,71 ±0,07	0,57 ±0,02	0,55 ±0,01	1,39 ±0,02	0,66 ±0,02	0,87 ±0,03	0,84 ±0,03	2,11 ±0,06	2,42 ±0,08	1,05 ±0,04
0092	14,0-16,0	0,04	12,4		2,05 E+08	570	0,76 ±0,02	2,38 ±0,05	0,56 ±0,02	0,57 ±0,02	1,13 ±0,02	0,58 ±0,01	0,98 ±0,03	0,99 ±0,03	1,96 ±0,05	2,00 ±0,06	0,99 ±0,04
0093	17,0-19,0	0,19	7,2		5,31 E+07	235	0,88 ±0,02	3,59 ±0,10	0,61 ±0,02	0,66 ±0,02	1,37 ±0,03	0,87 ±0,02	0,70 ±0,03	0,75 ±0,03	1,58 ±0,06	2,26 ±0,08	0,93 ±0,03
0167	19,0-21,0	0,23	6,0		5,98 E+06	120	0,88 ±0,02	3,52 ±0,07	0,64 ±0,01	0,66 ±0,01	1,53 ±0,02	0,85 ±0,02	0,75 ±0,02	0,77 ±0,02	1,79 ±0,05	2,39 ±0,06	0,98 ±0,03
0168	21,0-23,0	0,16	4,8		1,89 E+06	152	0,83 ±0,02	3,43 ±0,06	0,58 ±0,01	0,62 ±0,01	1,36 ±0,02	0,83 ±0,02	0,70 ±0,02	0,75 ±0,02	1,64 ±0,04	2,36 ±0,06	0,93 ±0,03
0169	23,0-25,0	0,41	4,4		1,89 E+06	104	0,94 ±0,02	4,27 ±0,09	0,65 ±0,01	0,70 ±0,01	1,58 ±0,03	1,04 ±0,02	0,63 ±0,02	0,68 ±0,02	1,52 ±0,04	2,42 ±0,07	0,93 ±0,03
0170	25,0-27,0	0,50	4,0		3,47 E+06	58	0,99 ±0,02	5,03 ±0,09	0,66 ±0,01	0,74 ±0,01	1,54 ±0,03	1,22 ±0,02	0,54 ±0,01	0,60 ±0,02	1,26 ±0,03	2,32 ±0,06	0,90 ±0,03
0171	27,0-29,0	0,42	4,8		2,95 E+06	93	0,96 ±0,02	4,53 ±0,09	0,62 ±0,01	0,71 ±0,02	1,38 ±0,02	1,10 ±0,02	0,57 ±0,02	0,65 ±0,02	1,26 ±0,03	2,21 ±0,06	0,87 ±0,03
0172	29,0-31,0	0,32	5,6		1,56 E+06	109	0,88 ±0,02	4,18 ±0,09	0,61 ±0,01	0,66 ±0,01	1,34 ±0,02	1,01 ±0,02	0,60 ±0,02	0,65 ±0,02	1,32 ±0,04	2,19 ±0,06	0,93 ±0,03
0173	31,0-33,0	0,47	5,2		3,13 E+06		1,02 ±0,02	4,72 ±0,1	0,69 ±0,02	0,76 ±0,02	1,43 ±0,03	1,15 ±0,03	0,6 ±0,02	0,66 ±0,02	1,25 ±0,04	2,09 ±0,06	0,91 ±0,03

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0174	33,0-35,0				2,27		0,96	4,67	0,69	0,72	1,47	1,13	0,61	0,64	1,29	2,12	0,96
					E+06		±0,02	±0,1	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,02	±0,02	±0,04	±0,07	±0,03

[HU-90-013-012 (PC)] Latitude: 58°55.35 N Longitude: 47°07.01 O Bathymétrie: 2830 m

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0729	88-90	0,16	4,40				0,90	4,84	0,66	0,67	1,86	1,22	0,54	0,55	1,52	2,81	0,99
							±0,02	±0,22	±0,01	±0,01	±0,04	±0,03	±0,02	±0,02	±0,05	±0,09	±0,03
0730	98-100	0,10	4,71				0,41	3,28	0,31	0,31	0,88	0,83	0,38	0,37	1,07	2,82	1,02
							±0,01	±0,12	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,01	±0,01	±0,03	±0,10	±0,04
0731	117-119	0,13	0,51				0,42	3,04	0,33	0,32	0,69	0,77	0,43	0,41	0,90	2,07	1,05
							±0,01	±0,11	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,01	±0,01	±0,03	±0,07	±0,04

[HU-90-013-013 (TWC)] Latitude: 58°12.50 N Longitude: 48°21.60 O Bathymétrie: 3379 m

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U	
0224	9,0-11,0				50,50	2,32	44769	0,97	4,09	0,75	0,73	4,29	0,99	0,76	0,73	4,32	5,70	1,04
						E+08		±0,03	±0,10	±0,02	±0,02	±0,05	±0,02	±0,03	±0,03	±0,11	±0,18	±0,04
0225	18,2-20,2				49,50	3,45	0	1,00	4,66	0,81	0,75	5,27	1,13	0,72	0,66	4,66	6,48	1,09
						E+08		±0,03	±0,10	±0,03	±0,03	±0,05	±0,03	±0,03	±0,03	±0,11	±0,22	±0,05
0226	27,8-29,8				50,10	3,33	24933	1,37	4,28	1,05	1,02	5,48	1,04	1,01	0,98	5,28	5,20	1,03
						E+08		±0,03	±0,10	±0,03	±0,03	±0,06	±0,02	±0,03	±0,03	±0,13	±0,14	±0,04

HU-90-013-013 (PC)					Latitude: 58°12.50 N			Longitude: 48°21.60 O			Bathymétrie: 3379 m					
--------------------	--	--	--	--	----------------------	--	--	-----------------------	--	--	---------------------	--	--	--	--	--

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U µg/g	Th µg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0227	10,0	0,49	36,08	0,53	2,29	21839	0,90	4,12	0,76	0,67	4,14	1,00	0,76	0,67	4,15	5,44	1,13
	12,0				E+08		±0,07	±0,08	±0,05	±0,05	±0,04	±0,02	±0,06	±0,05	±0,09	±0,43	±0,12
0228	19,8	0,59	34,45	0,54	2,58	10343	0,95	3,69	0,71	0,71	3,95	0,89	0,80	0,80	4,42	5,53	1,00
	21,8				E+08		±0,04	±0,07	±0,03	±0,03	±0,04	±0,02	±0,04	±0,04	±0,10	±0,23	±0,06
0229	30,5	0,42	37,95	0,52	2,97	19059	0,77	3,89	0,50	0,57	4,11	0,94	0,53	0,61	4,35	8,26	0,87
	32,5				E+08		±0,03	±0,09	±0,02	±0,02	±0,04	±0,02	±0,02	±0,02	±0,11	±0,32	±0,04
0230	40,5	0,47	35,55	0,53	2,91	25198	0,77	6,60	0,53	0,57	4,90	1,60	0,33	0,36	3,06	9,21	0,93
	42,5				E+08		±0,02	±0,13	±0,02	±0,02	±0,06	±0,03	±0,01	±0,01	±0,07	±0,29	±0,04
0231	50,0	0,69	31,16	0,53	2,74	26645	1,11	4,05	0,83	0,83	4,43	0,98	0,85	0,84	4,51	5,31	1,01
	52,0				E+08		±0,03	±0,07	±0,02	±0,02	±0,04	±0,02	±0,03	±0,03	±0,09	±0,15	±0,04
0232	60,5	0,71	29,45	0,54	2,51	28085	1,34	3,72	0,99	1,00	4,41	0,90	1,10	1,10	4,88	4,46	0,99
	62,5				E+08		±0,04	±0,08	±0,03	±0,03	±0,04	±0,02	±0,04	±0,04	±0,11	±0,14	±0,04
0233	69,6	0,62	27,81	0,55	2,06	24999	1,38	4,05	1,10	1,03	4,51	0,98	1,12	1,05	4,59	4,09	1,07
	71,6				E+08		±0,04	±0,07	±0,03	±0,03	±0,04	±0,02	±0,03	±0,03	±0,09	±0,11	±0,04
0234	80,0	0,80	25,12	0,55	1,81	32325	0,98	3,96	0,73	0,73	4,58	0,96	0,76	0,76	4,77	6,32	1,00
	82,0				E+08		±0,03	±0,08	±0,02	±0,02	±0,04	±0,02	±0,03	±0,03	±0,10	±0,18	±0,04
0235	90,0	0,64	26,30	0,53	1,89	27873	1,16	3,93	0,94	0,86	4,24	0,95	0,99	0,91	4,45	4,50	1,09
	92,0				E+08		±0,05	±0,08	±0,04	±0,04	±0,04	±0,02	±0,05	±0,05	±0,10	±0,20	±0,07
0236	100,0	0,93	24,26	0,55	1,97	10509	1,87	4,11	1,47	1,39	4,36	1,00	1,48	1,40	4,37	2,96	1,06
	102,0				E+08		±0,05	±0,09	±0,04	±0,04	±0,04	±0,02	±0,05	±0,05	±0,10	±0,08	±0,04
0237	110,0	0,83	24,68	0,55	2,51	4364	1,74	4,05	1,36	1,30	4,21	0,98	1,38	1,32	4,29	3,10	1,05
	112,0				E+08		±0,04	±0,08	±0,03	±0,03	±0,04	±0,02	±0,04	±0,04	±0,09	±0,08	±0,04
0238	120,0	0,65	26,24	0,52	2,19	3077	1,53	4,70	1,22	1,14	4,74	1,14	1,07	1,00	4,16	3,88	1,07
	122,0				E+08		±0,05	±0,08	±0,04	±0,04	±0,04	±0,02	±0,04	±0,04	±0,08	±0,12	±0,05
0239	130,0	0,81	23,46	0,47	2,11	3089	1,13	4,27	0,88	0,84	4,43	1,04	0,85	0,81	4,27	5,05	1,04
	132,0				E+08		±0,06	±0,09	±0,05	±0,05	±0,04	±0,02	±0,05	±0,05	±0,10	±0,29	±0,08
0252	140,0	0,82	23,90	0,51	1,60	3914	1,11	4,18	0,82	0,83	4,09	1,02	0,81	0,82	4,03	5,01	0,99
	142,0				E+08		±0,03	±0,08	±0,02	±0,02	±0,04	±0,02	±0,02	±0,02	±0,08	±0,12	±0,03
0253	150,0	0,98	20,90	0,54	1,94	4032	1,23	4,47	0,91	0,92	4,34	1,08	0,84	0,85	4,01	4,77	0,99
	152,0				E+08		±0,03	±0,12	±0,02	±0,02	±0,06	±0,06	±0,03	±0,03	±0,12	±0,13	±0,03

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>230</sup> Th <sup>238</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0254	160,0	1,00	18,98	0,54	2,24	4726	1,37	3,88	1,03	1,02	3,75	0,94	1,09	1,09	3,98	3,66	1,00
	162,0				E+08		±0,03	±0,07	±0,02	±0,02	±0,04	±0,02	±0,03	±0,03	±0,09	±0,09	±0,03
0255	170,0	0,53	20,84	0,52	2,10	2305	1,34	4,79	1,04	1,00	3,27	1,16	0,89	0,86	2,81	3,16	1,03
	172,0				E+08		±0,03	±0,22	±0,02	±0,02	±0,09	±0,05	±0,04	±0,04	±0,15	±0,11	±0,03
0256	180,0	0,51	20,28	0,54	2,71	2472	1,36	4,19	1,07	1,01	3,43	1,02	1,05	1,00	3,38	3,22	1,05
	182,0				E+08		±0,03	±0,23	±0,02	±0,02	±0,10	±0,06	±0,06	±0,06	±0,21	±0,12	±0,03
0257	190,0	0,59	18,58	0,54	2,00	2896	1,64	4,38	1,34	1,23	3,08	1,06	1,26	1,16	2,90	2,29	1,09
	192,0				E+08		±0,03	±0,10	±0,03	±0,02	±0,04	±0,02	±0,04	±0,03	±0,07	±0,05	±0,03
0279	200,0	0,63	16,48	0,51	2,10	5176	1,28	4,29	1,04	0,95	2,77	1,04	1,00	0,92	2,66	2,65	1,09
	202,0				E+08		±0,02	±0,07	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,02	±0,02	±0,05	±0,06	±0,03
0280	210,0	0,70	13,62	0,42	1,50	2456	1,64	5,08	1,32	1,22	2,66	1,23	1,08	0,99	2,16	2,00	1,08
	212,0				E+08		±0,03	±0,09	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,03	±0,02	±0,05	±0,04	±0,03
0281	220,0	0,58	10,66	0,56	1,27	2862	1,30	4,87	1,03	0,97	1,98	1,18	0,87	0,82	1,68	1,92	1,06
	222,0				E+08		±0,03	±0,09	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,02	±0,02	±0,04	±0,05	±0,03
0282	230,0	0,66	17,92	0,56	1,92	6632	1,19	4,25	0,91	0,89	2,56	1,03	0,89	0,86	2,48	2,80	1,03
	232,0				E+08		±0,03	±0,09	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,03	±0,03	±0,06	±0,08	±0,04
0283	240,0	0,64	18,04	0,54	1,55	5680	1,72	4,56	1,31	1,28	2,62	1,11	1,19	1,16	2,37	2,00	1,03
	242,0				E+08		±0,04	±0,07	±0,03	±0,03	±0,03	±0,02	±0,03	±0,03	±0,05	±0,05	±0,03
0284	250,0	0,47	14,72	0,55	1,33	4063	1,37	3,80	1,04	1,02	2,24	0,92	1,12	1,11	2,42	2,16	1,02
	252,0				E+08		±0,03	±0,07	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,03	±0,03	±0,05	±0,05	±0,03
0285	260,0	0,45	13,32	0,49	1,04	3983	1,61	3,78	1,28	1,20	2,23	0,92	1,40	1,31	2,43	1,74	1,06
	262,0				E+08		±0,03	±0,07	±0,03	±0,03	±0,03	±0,02	±0,04	±0,04	±0,05	±0,04	±0,03
0286	270,0	0,44	12,00	0,52	1,17	5386	1,56	3,48	1,19	1,16	1,91	0,84	1,41	1,38	2,27	1,61	1,02
	272,0				E+08		±0,03	±0,06	±0,02	±0,02	±0,02	±0,01	±0,04	±0,04	±0,05	±0,04	±0,03
0287	280,0	0,46	10,34	0,48	9,29	5264	1,76	3,64	1,40	1,31	1,83	0,88	1,59	1,49	2,08	1,31	1,07
	282,0				E+07		±0,03	±0,07	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,04	±0,04	±0,05	±0,03	±0,03
0288	290,0	0,43	6,64	0,52	1,17	6219	1,10	3,75	0,81	0,82	1,56	0,91	0,89	0,90	1,72	1,93	0,99
	292,0				E+07		±0,02	±0,07	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,04	±0,05	±0,03
0289	300,0	0,36	5,34	0,50	3,30	1982	0,84	4,18	0,61	0,63	1,00	1,01	0,60	0,62	0,99	1,66	0,97
	302,0				E+07		±0,02	±0,06	±0,01	±0,02	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,02	±0,05	±0,03
0290	310,0	0,31	4,18	0,39	1,24	1408	0,66	2,38	0,54	0,49	0,75	0,58	0,94	0,85	1,30	1,39	1,10
	312,0				E+07		±0,02	±0,04	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,03	±0,02	±0,03	±0,04	±0,04
0291	320,0	0,34	3,82	0,44	4,03	1236	0,96	3,60	0,73	0,72	1,38	0,87	0,84	0,82	1,58	1,88	1,02
	322,0				E+07		±0,02	±0,05	±0,01	±0,01	±0,01	±0,02	±0,01	±0,02	±0,02	±0,04	±0,03

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0292	329,5 331,5	0,27	4,47	0,42	3,95 E+07	1927	1,00 ±0,02	3,25 ±0,06	0,75 ±0,01	0,74 ±0,01	1,30 ±0,02	0,79 ±0,01	0,95 ±0,02	0,94 ±0,02	1,65 ±0,04	1,74 ±0,04	1,00 ±0,03
0293	339,0 341,0	0,36	5,05	0,46	6,34 E+07	3897	0,93 ±0,02	3,63 ±0,09	0,70 ±0,02	0,69 ±0,02	1,64 ±0,03	0,88 ±0,02	0,80 ±0,03	0,79 ±0,03	1,86 ±0,06	2,34 ±0,07	1,02 ±0,03
0294	249,0 351,0	0,19	2,43	0,33	7,88 E+06	5939	0,91 ±0,02	3,47 ±0,09	0,68 ±0,02	0,68 ±0,02	1,55 ±0,03	0,84 ±0,02	0,81 ±0,03	0,80 ±0,03	1,85 ±0,06	2,28 ±0,07	1,01 ±0,03
0326	360,0 362,0	0,50	6,96	0,41	2,73 E+07	6900	1,63 ±0,04	3,59 ±0,07	1,24 ±0,03	1,22 ±0,03	1,78 ±0,02	0,87 ±0,02	1,42 ±0,05	1,40 ±0,04	2,05 ±0,05	1,44 ±0,04	1,02 ±0,04
0327	370,0 372,0	0,44	6,52	0,48	2,52 E+07	2903	1,54 ±0,04	3,55 ±0,07	1,20 ±0,03	1,15 ±0,03	1,67 ±0,02	0,86 ±0,02	1,39 ±0,05	1,33 ±0,05	1,93 ±0,05	1,39 ±0,04	1,05 ±0,04
0328	380,0 382,0	0,40	8,80	0,51	1,46 E+07	6096	0,97 ±0,02	4,79 ±0,09	0,70 ±0,02	0,73 ±0,02	1,93 ±0,03	1,16 ±0,02	0,61 ±0,02	0,63 ±0,02	1,66 ±0,04	2,73 ±0,08	0,97 ±0,03
0329	389,5 391,5	0,47	9,36	0,52	2,47 E+07	716	1,83 ±0,05	3,64 ±0,07	1,38 ±0,04	1,37 ±0,04	2,11 ±0,03	0,88 ±0,02	1,57 ±0,05	1,55 ±0,05	2,39 ±0,06	1,53 ±0,04	1,01 ±0,04
0330	400,0 402,0	0,39	8,06	0,52	2,96 E+07	223	1,32 ±0,03	4,96 ±0,10	0,94 ±0,02	0,98 ±0,02	2,39 ±0,03	1,20 ±0,02	0,78 ±0,02	0,82 ±0,03	1,99 ±0,05	2,53 ±0,07	0,96 ±0,03
0331	410,0 412,0	0,43	8,78	0,50	6,19 E+06	36	1,03 ±0,03	6,58 ±0,13	0,72 ±0,02	0,77 ±0,02	1,85 ±0,03	1,60 ±0,03	0,45 ±0,01	0,48 ±0,02	1,16 ±0,03	2,57 ±0,08	0,94 ±0,03
0332	420,0 422,0	0,37	10,68	0,50	1,43 E+07	50	1,04 ±0,03	7,00 ±0,14	0,70 ±0,02	0,77 ±0,02	1,82 ±0,04	1,70 ±0,03	0,41 ±0,01	0,46 ±0,01	1,07 ±0,03	2,61 ±0,09	0,90 ±0,03
0333	430,0 432,0	0,47	11,12	0,49	1,14 E+07	218	1,14 ±0,03	7,16 ±0,15	0,83 ±0,02	0,85 ±0,02	1,65 ±0,03	1,74 ±0,04	0,48 ±0,02	0,49 ±0,02	0,95 ±0,03	2,00 ±0,07	0,97 ±0,03
0334	440,0 442,0	0,59	12,58	0,47	1,08 E+07	906	2,33 ±0,07	6,49 ±0,14	1,77 ±0,06	1,74 ±0,05	2,20 ±0,04	1,57 ±0,03	1,12 ±0,04	1,10 ±0,04	1,40 ±0,04	1,24 ±0,05	1,02 ±0,05
0335	450,0 452,0	0,37	9,46	0,50	4,78 E+06	253	2,41 ±0,07	4,75 ±0,10	1,97 ±0,06	1,80 ±0,06	1,87 ±0,03	1,15 ±0,02	1,71 ±0,06	1,56 ±0,06	1,62 ±0,04	0,95 ±0,03	1,09 ±0,05
0336	460,5 462,5	0,34	6,32	0,52	3,30 E+06	18	1,19 ±0,03	5,15 ±0,11	0,87 ±0,02	0,89 ±0,02	1,65 ±0,03	1,25 ±0,03	0,70 ±0,02	0,71 ±0,02	1,32 ±0,04	1,90 ±0,06	0,98 ±0,03
0337	470,5 472,5	0,31	4,85	0,45	1,89 E+06	69	0,90 ±0,02	4,43 ±0,09	0,60 ±0,01	0,67 ±0,02	1,38 ±0,02	1,08 ±0,02	0,56 ±0,02	0,63 ±0,02	1,29 ±0,03	2,30 ±0,07	0,90 ±0,03
0338	480,0 482,0	0,39	4,64	0,47	1,94 E+06	119	0,91 ±0,02	5,79 ±0,12	0,64 ±0,02	0,68 ±0,02	1,99 ±0,04	1,40 ±0,03	0,46 ±0,02	0,49 ±0,02	1,42 ±0,04	3,11 ±0,10	0,94 ±0,04
0339	490,0 492,0	0,43	4,84	0,49	1,37 E+06	41	1,04 ±0,03	6,05 ±0,09	0,71 ±0,02	0,78 ±0,02	1,99 ±0,03	1,47 ±0,02	0,49 ±0,01	0,53 ±0,02	1,36 ±0,03	2,80 ±0,08	0,92 ±0,03

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0340	500,0	0,35	11,76	0,44	2,23	79	0,87	6,27	0,60	0,65	1,83	1,52	0,39	0,43	1,20	3,06	0,92
	502,0				E+06		±0,02	±0,15	±0,01	±0,01	±0,04	±0,04	±0,01	±0,01	±0,04	±0,09	±0,03
0341	510,0	0,22	27,20	0,32	1,58	203	1,04	6,27	0,73	0,77	2,19	1,52	0,48	0,51	1,44	3,02	0,94
	512,0				E+06		±0,03	±0,12	±0,02	±0,02	±0,03	±0,03	±0,02	±0,02	±0,03	±0,09	±0,03
0342	520,0	0,27	6,54	0,49	3,89	215	1,00	6,66	0,67	0,74	2,35	1,62	0,42	0,46	1,45	3,50	0,90
	522,0				E+06		±0,02	±0,11	±0,02	±0,02	±0,03	±0,03	±0,01	±0,01	±0,03	±0,10	±0,03
0343	530,0	0,24	6,60	0,48	4,39	209	0,88	5,75	0,62	0,65	1,62	1,40	0,45	0,47	1,16	2,61	0,95
	532,0				E+06		±0,02	±0,10	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,01	±0,01	±0,03	±0,08	±0,03
0344	540,0	0,25	4,62	0,49	1,80	142	0,91	3,26	0,65	0,68	1,88	0,79	0,82	0,86	2,38	2,90	0,95
	542,0				E+06		±0,02	±0,06	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,03	±0,06	±0,08	±0,04
0345	550,0	0,30	4,56	0,50	1,72	129	1,03	5,11	0,68	0,77	1,74	1,24	0,55	0,62	1,41	2,55	0,89
	552,0				E+06		±0,02	±0,10	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,02	±0,02	±0,04	±0,08	±0,03
0346	560,0	0,28	3,86	0,51	1,40	117	0,96	4,13	0,65	0,72	1,14	1,00	0,65	0,71	1,14	1,75	0,91
	562,0				E+06		±0,02	±0,09	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,06	±0,03
0347	570,0	0,28	3,08	0,53	1,12	107	0,84	3,96	0,53	0,63	1,06	0,96	0,55	0,65	1,10	2,01	0,84
	572,0				E+06		±0,04	±0,09	±0,03	±0,03	±0,02	±0,02	±0,03	±0,03	±0,03	±0,11	±0,05
0348	580,0	0,28	1,94	0,53	0,00	105	0,82	3,72	0,59	0,61	1,17	0,90	0,66	0,68	1,30	1,97	0,97
	582,0				E+00		±0,02	±0,07	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,06	±0,04
0349	588,0	0,34	0,76	0,55	0,00	102	0,83	4,18	0,57	0,62	1,04	1,01	0,56	0,61	1,03	1,83	0,92
	590,0				E+00		±0,02	±0,09	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,06	±0,03
0350	600,0	0,38	0,80	0,53	0,00	165	0,88	4,34	0,58	0,66	1,18	1,05	0,55	0,63	1,12	2,04	0,88
	602,0				E+00		±0,02	±0,08	±0,01	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,06	±0,03
0351	610,0	0,39	3,28	0,53	0,00	166	0,98	4,31	0,76	0,73	1,33	1,05	0,73	0,70	1,27	1,74	1,04
	612,0				E+00		±0,08	±0,10	±0,06	±0,06	±0,03	±0,02	±0,06	±0,06	±0,04	±0,14	±0,12
0352	620,0	0,36	3,46	0,51	0,00	133	1,00	3,76	0,72	0,74	0,93	0,91	0,79	0,82	1,02	1,29	0,97
	622,0				E+00		±0,03	±0,08	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,03	±0,03	±0,04	±0,03
0353	630,5	0,34	4,53	0,51	5,40	307	1,40	4,34	1,08	1,04	1,21	1,05	1,02	0,99	1,15	1,13	1,03
	632,5				E+05		±0,04	±0,10	±0,03	±0,03	±0,03	±0,02	±0,04	±0,03	±0,04	±0,04	±0,04
0354	640,0	0,35	14,96	0,36	1,73	371	2,16	4,90	1,69	1,61	1,69	1,19	1,43	1,36	1,42	1,00	1,05
	642,0				E+06		±0,07	±0,10	±0,05	±0,05	±0,03	±0,02	±0,05	±0,05	±0,04	±0,04	±0,05
0355	650,0	0,17	31,04	0,10	4,32	196	1,11	3,98	0,86	0,83	0,70	0,97	0,89	0,86	0,73	0,82	1,03
	652,0				E+05		±0,03	±0,08	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,03	±0,02	±0,03	±0,03
0356	660,0	0,34	6,00	0,53	1,94	166	1,72	4,40	1,38	1,28	1,82	1,07	1,29	1,20	1,70	1,32	1,08
	662,0				E+06		±0,05	±0,10	±0,04	±0,04	±0,03	±0,02	±0,05	±0,05	±0,04	±0,04	±0,04

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0357	670,0	0,46	4,58	0,55	1,01	329	1,24	4,46	0,93	0,92	1,71	1,08	0,86	0,85	1,58	1,83	1,01
	672,0				E+06		±0,03	±0,10	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,03	±0,03	±0,05	±0,06	±0,04
0374	679,0	1,01	4,87	0,57	7,56	247	0,89	5,30	0,65	0,66	2,14	1,29	0,51	0,51	1,67	3,28	0,99
	681,0				E+05		±0,02	±0,12	±0,02	±0,02	±0,04	±0,03	±0,02	±0,02	±0,05	±0,10	±0,03
0375	688,0	0,37	1,00	0,53	1,08	322	0,90	4,83	0,60	0,67	1,75	1,17	0,51	0,57	1,50	2,91	0,90
	690,0				E+06		±0,02	±0,11	±0,02	±0,02	±0,03	±0,03	±0,02	±0,02	±0,04	±0,09	±0,03
0376	700,0	0,33	7,44	0,54	5,47	212	0,74	5,73	0,55	0,55	1,85	1,39	0,39	0,40	1,33	3,39	0,99
	702,0				E+06		±0,05	±0,13	±0,04	±0,04	±0,04	±0,03	±0,03	±0,03	±0,04	±0,24	±0,09
0377	710,5	0,32	6,38	0,52	1,50	214	0,97	7,54	0,73	0,73	1,66	1,83	0,40	0,40	0,91	2,27	1,01
	712,5				E+05		±0,03	±0,16	±0,02	±0,02	±0,04	±0,04	±0,01	±0,01	±0,03	±0,08	±0,04
0378	719,0	0,40	9,10	0,50	2,70	196	1,66	7,39	1,25	1,24	1,97	1,79	0,69	0,69	1,10	1,58	1,00
	721,0				E+06		±0,04	±0,15	±0,03	±0,03	±0,04	±0,04	±0,02	±0,02	±0,03	±0,05	±0,04
0379	730,0	0,45	9,22	0,47	6,12	117	5,04	7,19	3,98	3,76	3,35	1,74	2,28	2,16	1,92	0,84	1,06
	732,0				E+06		±0,14	±0,16	±0,11	±0,11	±0,05	±0,04	±0,08	±0,08	±0,05	±0,03	±0,04
0380	739,8	0,35	6,30	0,49	1,94	71	2,04	5,34	1,59	1,52	1,81	1,30	1,23	1,17	1,40	1,14	1,05
	741,8				E+06		±0,06	±0,09	±0,04	±0,04	±0,03	±0,02	±0,04	±0,04	±0,03	±0,03	±0,04
0381	749,0	0,34	8,67	0,52	1,65	68	1,22	6,09	0,93	0,91	1,92	1,48	0,63	0,62	1,30	2,06	1,02
	751,0				E+07		±0,03	±0,13	±0,02	±0,02	±0,04	±0,03	±0,02	±0,02	±0,04	±0,06	±0,04
0382	760,0	0,37	9,74	0,55	5,14	63	1,14	6,14	0,84	0,85	1,81	1,49	0,57	0,57	1,21	2,14	0,99
	762,0				E+07		±0,03	±0,11	±0,02	±0,02	±0,03	±0,03	±0,02	±0,02	±0,03	±0,07	±0,04
0383	769,8	0,43	9,10	0,55	5,12	138	2,24	6,09	1,87	1,67	1,76	1,48	1,26	1,13	1,19	0,95	1,12
	771,8				E+07		±0,06	±0,13	±0,05	±0,05	±0,04	±0,03	±0,04	±0,04	±0,04	±0,03	±0,04
0384	779,0	0,49	9,60	0,53	6,08	358	1,16	6,79	0,81	0,87	2,10	1,65	0,49	0,53	1,27	2,60	0,93
	781,0				E+07		±0,03	±0,14	±0,02	±0,02	±0,04	±0,03	±0,02	±0,02	±0,04	±0,09	±0,04
0385	788,8	0,46	13,86	0,49	8,89	493	2,48	6,41	2,01	1,85	2,09	1,55	1,29	1,19	1,34	1,04	1,08
	790,8				E+07		±0,07	±0,14	±0,05	±0,05	±0,04	±0,04	±0,04	±0,04	±0,04	±0,03	±0,04
0386	800,0	0,30	14,64	0,47	6,35	331	2,03	5,90	1,57	1,51	2,29	1,43	1,10	1,06	1,60	1,46	1,04
	802,0				E+07		±0,06	±0,13	±0,05	±0,05	±0,04	±0,03	±0,04	±0,04	±0,04	±0,05	±0,05
0387	810,0	0,38	6,38	0,48	3,73	315	1,30	6,48	0,93	0,97	1,68	1,57	0,59	0,62	1,07	1,81	0,96
	812,0				E+07		±0,03	±0,14	±0,02	±0,02	±0,03	±0,03	±0,02	±0,02	±0,03	±0,06	±0,03
0388	819,5	0,40	4,51	0,48	2,17	146	1,07	5,19	0,71	0,80	1,25	1,26	0,56	0,63	1,00	1,78	0,88
	821,5				E+07		±0,03	±0,09	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,06	±0,03
0406	829,5	0,45	2,60	0,30	2,45	179	1,04	8,30	0,71	0,78	2,21	2,01	0,35	0,39	1,10	3,11	0,91
	831,5				E+06		±0,02	±0,15	±0,02	±0,02	±0,04	±0,04	±0,01	±0,01	±0,03	±0,09	±0,03

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0407	839,5	0,51	2,09	0,18	4,27	337	1,03	7,07	0,73	0,77	2,30	1,71	0,43	0,45	1,34	3,14	0,95
	841,5				E+06		±0,03	±0,12	±0,02	±0,02	±0,03	±0,03	±0,01	±0,01	±0,03	±0,09	±0,03
0408	849,8	0,30	5,51	0,47	4,51	376	0,98	7,53	0,64	0,73	2,06	1,83	0,35	0,40	1,13	3,22	0,88
	851,8				E+06		±0,02	±0,14	±0,02	±0,02	±0,04	±0,03	±0,01	±0,01	±0,03	±0,10	±0,03
0409	859,3	0,27	7,05	0,44	5,70	217	1,14	6,98	0,71	0,85	2,11	1,69	0,42	0,50	1,25	2,97	0,84
	861,3				E+06		±0,03	±0,14	±0,02	±0,02	±0,04	±0,04	±0,01	±0,02	±0,03	±0,09	±0,03
0410	869,0	0,28	11,66	0,51	5,67	302	0,79	6,24	0,51	0,59	1,75	1,51	0,34	0,39	1,15	3,40	0,87
	871,0				E+07		±0,02	±0,09	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,01	±0,01	±0,02	±0,10	±0,03
0411	878,8	0,24	15,85	0,57	1,73	349	0,61	5,65	0,43	0,46	1,57	1,37	0,32	0,33	1,15	3,63	0,95
	880,8				E+08		±0,01	±0,09	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,01	±0,01	±0,03	±0,10	±0,03
0412	890,5	0,25	15,20	0,57	2,35	419	0,66	5,66	0,46	0,49	1,60	1,37	0,34	0,36	1,16	3,44	0,94
	892,5				E+08		±0,02	±0,09	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,01	±0,01	±0,02	±0,10	±0,03
0413	900,0	0,23	18,42	0,57	2,10	338	0,81	7,04	0,57	0,60	2,25	1,71	0,33	0,35	1,32	3,97	0,94
	902,0				E+08		±0,02	±0,10	±0,01	±0,01	±0,03	±0,02	±0,01	±0,01	±0,03	±0,11	±0,03
0414	910,0	0,24	24,62	0,57	2,39	178	0,79	4,25	0,64	0,59	1,41	1,03	0,62	0,57	1,37	2,20	1,09
	912,0				E+08		±0,02	±0,08	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,06	±0,04
0415	920,0	0,35	25,12	0,55	4,06	407	2,55	4,59	2,08	1,91	2,29	1,11	1,87	1,71	2,06	1,10	1,09
	922,0				E+08		±0,07	±0,07	±0,06	±0,05	±0,03	±0,02	±0,06	±0,06	±0,04	±0,03	±0,04
0416	930,0	0,40	22,76	0,52	4,15	690	4,59	5,64	3,67	3,43	3,56	1,37	2,68	2,50	2,60	0,97	1,07
	932,0				E+08		±0,12	±0,08	±0,09	±0,09	±0,03	±0,02	±0,08	±0,07	±0,04	±0,03	±0,04
0417	939,8	0,33	19,11	0,52	2,77	400	1,52	6,26	1,17	1,13	2,20	1,52	0,77	0,75	1,45	1,89	1,03
	940,8				E+08		±0,04	±0,11	±0,03	±0,03	±0,03	±0,03	±0,02	±0,02	±0,03	±0,05	±0,03
0418	949,0	0,29	14,20	0,55	1,97	117	1,17	6,01	0,93	0,88	2,11	1,46	0,64	0,60	1,45	2,27	1,06
	951,0				E+08		±0,03	±0,11	±0,02	±0,02	±0,03	±0,03	±0,02	±0,02	±0,03	±0,06	±0,04
0419	959,0	0,36	10,89	0,57	1,91	91	0,94	5,74	0,71	0,70	1,90	1,39	0,51	0,50	1,36	2,68	1,01
	961,0				E+08		±0,02	±0,10	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,08	±0,04
0420	969,0	0,38	8,17	0,59	1,29	11	0,99	5,76	0,73	0,74	1,81	1,40	0,52	0,53	1,29	2,49	0,98
	970,0				E+08		±0,02	±0,11	±0,02	±0,02	±0,03	±0,03	±0,02	±0,02	±0,03	±0,07	±0,03
0422	980,0	0,44	6,51	0,58	1,57	73	1,15	6,47	0,83	0,86	2,08	1,57	0,53	0,55	1,33	2,51	0,96
	982,0				E+08		±0,03	±0,09	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,07	±0,04
0423	996,0	0,55	8,88	0,54	2,44	142	3,11	5,96	2,42	2,32	3,27	1,45	1,68	1,60	2,26	1,35	1,05
	998,0				E+08		±0,07	±0,09	±0,06	±0,05	±0,03	±0,02	±0,05	±0,04	±0,04	±0,03	±0,03
0424	1000,0	0,52	9,78	0,54	2,25	156	1,74	5,13	1,41	1,30	2,18	1,24	1,13	1,05	1,75	1,55	1,08
	1002,0				E+08		±0,04	±0,09	±0,03	±0,03	±0,03	±0,02	±0,03	±0,03	±0,04	±0,04	±0,04

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0425	1009,5 1011,5	0,44	10,51	0,56	1,87 E+08	160	1,57 ±0,04	5,18 ±0,10	1,24 ±0,03	1,17 ±0,03	2,27	1,26	0,99 ±0,03	0,93 ±0,03	1,81 ±0,04	1,83 ±0,05	1,06 ±0,04
0426	1019,0 1021,0	0,35	12,17	0,55	1,22 E+08	114	1,20 ±0,03	5,74 ±0,09	0,92 ±0,02	0,89 ±0,02	3,36	1,39	0,66 ±0,02	0,64 ±0,02	2,41 ±0,04	3,65 ±0,09	1,03 ±0,03
0493	1026,0 1028,0	0,33	12,10	0,56	7,78 E+07	75	1,15 ±0,02	4,69 ±0,10	0,91 ±0,02	0,86 ±0,01	2,12	1,14	0,80 ±0,02	0,76 ±0,02	1,87 ±0,05	2,34 ±0,05	1,05 ±0,03
0427	1029,0 1031,0	0,35	10,63	0,58	5,95 E+07	78	0,93 ±0,02	5,42 ±0,10	0,74 ±0,02	0,69 ±0,02	5,48	1,31	0,57 ±0,02	0,53 ±0,02	4,17 ±0,08	7,37 ±0,18	1,08 ±0,04
0428	1038,5 1040,5	0,37	6,53	0,62	1,27 E+07	73	0,77 ±0,02	4,31 ±0,08	0,61 ±0,01	0,58 ±0,01	1,92	1,05	0,59 ±0,02	0,55 ±0,02	1,83 ±0,04	3,13 ±0,08	1,06 ±0,03
0429	1048,0 1050,0	0,34	4,88	0,60	2,16 E+05	56	1,02 ±0,02	3,51 ±0,08	0,77 ±0,02	0,76 ±0,02	1,12	0,85	0,91 ±0,03	0,90 ±0,03	1,32 ±0,04	1,45 ±0,05	1,01 ±0,03
0430	1060,0 1062,0	0,39	6,72	0,53	2,52 E+06	78	2,76 ±0,07	5,26 ±0,11	2,09 ±0,06	2,06 ±0,06	2,82	1,28	1,64 ±0,06	1,61 ±0,06	2,21 ±0,06	1,35 ±0,04	1,02 ±0,04
0431	1069,5 1071,5	0,36	5,70	0,53	3,92 E+06	65	1,38 ±0,04	4,88 ±0,10	1,09 ±0,03	1,03 ±0,03	1,48	1,18	0,92 ±0,03	0,87 ±0,03	1,25 ±0,03	1,36 ±0,04	1,06 ±0,04
0432	1079,0 1081,0	0,35	2,51	0,57	1,98 E+06	189	0,97 ±0,03	3,80 ±0,08	0,81 ±0,02	0,72 ±0,02	1,02	0,92	0,88 ±0,03	0,78 ±0,03	1,11 ±0,03	1,26 ±0,04	1,13 ±0,04
0433	1088,8 1090,8	0,39	1,77	0,58	6,19 E+05	221	1,26 ±0,03	5,43 ±0,10	0,95 ±0,02	0,94 ±0,02	1,61	1,32	0,72 ±0,02	0,71 ±0,02	1,22 ±0,03	1,70 ±0,05	1,01 ±0,03
0434	1099,5 1101,5	0,43	3,25	0,56	7,79 E+06	61	1,11 ±0,03	4,20 ±0,09	0,78 ±0,02	0,83 ±0,02	1,23	1,02	0,76 ±0,02	0,82 ±0,03	1,21 ±0,04	1,58 ±0,05	0,94 ±0,03
0435	1109,2 1111,2	0,41	3,79	0,57	1,81 E+07	73	1,39 ±0,03	5,12 ±0,10	1,07 ±0,03	1,04 ±0,02	1,81	1,24	0,86 ±0,03	0,84 ±0,03	1,46 ±0,04	1,68 ±0,05	1,03 ±0,03
0436	1121,5 1123,5	0,37	2,62	0,54	1,48 E+07	159	1,03 ±0,02	3,98 ±0,07	0,75 ±0,01	0,77 ±0,01	1,18	0,97	0,78 ±0,02	0,80 ±0,02	1,22 ±0,03	1,56 ±0,04	0,98 ±0,03
0440	1123,5 1125,5	0,38	3,28	0,53	1,62 E+07	162	1,46 ±0,03	3,68 ±0,07	1,12 ±0,02	1,09 ±0,02	1,39	0,89	1,25 ±0,02	1,22 ±0,04	1,55 ±0,03	1,24 ±0,04	1,03 ±0,03
0441	1129,5 1131,5	0,39	3,61	0,52	1,72 E+07	171	1,24 ±0,02	3,49 ±0,07	0,89 ±0,02	0,93 ±0,02	1,09	0,85	1,05 ±0,02	1,09 ±0,03	1,29 ±0,03	1,22 ±0,03	0,97 ±0,03
0442	1139,5 1141,5	0,40	2,88	0,54	1,51 E+07	153	0,88 ±0,02	3,76 ±0,07	0,64 ±0,01	0,66 ±0,01	1,16	0,91	0,70 ±0,02	0,72 ±0,02	1,27 ±0,03	1,82 ±0,04	0,98 ±0,03
0443	1149,5 1151,5	0,40	4,34	0,57	6,54 E+07	90	0,87 ±0,02	2,42 ±0,05	0,65 ±0,02	0,65 ±0,02	0,74	0,59	1,10 ±0,01	1,11 ±0,04	1,27 ±0,04	1,15 ±0,04	0,99 ±0,03

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U µg/g	Th µg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0444	1158,5	0,40	7,35	0,56	1,88	176	1,28	4,82	0,95	0,95	1,70	1,17	0,82	0,81	1,46	1,79	1,00
	1160,5				E+08		±0,03	±0,09	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,05	±0,03
0445	1170,0	0,33	9,52	0,56	1,81	358	0,95	4,79	0,72	0,71	1,66	1,16	0,62	0,61	1,43	2,32	1,01
	1172,0				E+08		±0,02	±0,09	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,06	±0,03
0446	1179,5	0,28	12,04	0,56	1,37	3027	0,73	5,06	0,54	0,55	1,89	1,23	0,44	0,45	1,54	3,49	0,99
	1181,5				E+08		±0,01	±0,10	±0,01	±0,01	±0,03	±0,02	±0,01	±0,01	±0,04	±0,09	±0,03
0447	1189,0	0,26	12,88	0,53	1,06	7761	0,76	5,89	0,57	0,57	1,35	1,43	0,40	0,40	0,95	2,38	1,00
	1191,0				E+08		±0,02	±0,11	±0,01	±0,01	±0,03	±0,03	±0,01	±0,01	±0,02	±0,07	±0,03
0448	1198,5	0,26	9,85	0,54	1,40	5229	0,83	6,01	0,62	0,62	1,45	1,46	0,42	0,42	1,00	2,35	1,00
	1200,5				E+08		±0,02	±0,11	±0,01	±0,01	±0,03	±0,03	±0,01	±0,01	±0,03	±0,07	±0,03
0449	1210,5	0,38	3,87	0,54	7,92	4519	1,10	3,43	0,84	0,82	1,13	0,83	1,01	0,99	1,36	1,34	1,02
	1212,5				E+07		±0,03	±0,05	±0,02	±0,02	±0,01	±0,01	±0,03	±0,03	±0,03	±0,04	±0,03
0450	1220,0	0,46	1,38	0,53	4,21	4226	1,81	3,24	1,35	1,35	1,33	0,79	1,72	1,72	1,69	0,98	1,00
	1222,0				E+06		±0,04	±0,05	±0,03	±0,03	±0,02	±0,01	±0,05	±0,05	±0,03	±0,03	±0,03
0451	1229,0	0,53	1,17	0,55	2,57	794	1,78	3,09	1,42	1,33	1,19	0,75	1,90	1,77	1,59	0,84	1,07
	1231,0				E+07		±0,05	±0,05	±0,04	±0,04	±0,02	±0,01	±0,06	±0,06	±0,04	±0,03	±0,04
0452	1239,5	0,64	3,90	0,56	9,38	3006	1,57	3,78	1,17	1,17	1,43	0,92	1,28	1,28	1,56	1,22	1,00
	1241,5				E+07		±0,03	±0,08	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,04	±0,04	±0,04	±0,03	±0,03
0453	1249,0	0,42	14,14	0,54	1,54	6590	1,64	4,68	1,18	1,22	2,01	1,14	1,04	1,08	1,77	1,70	0,97
	1251,0				E+08		±0,04	±0,09	±0,03	±0,03	±0,03	±0,02	±0,03	±0,04	±0,04	±0,05	±0,04
0454	1258,5	0,31	25,43	0,49	2,08	6304	0,91	3,77	0,70	0,68	1,70	0,92	0,77	0,74	1,85	2,42	1,03
	1260,5				E+08		±0,01	±0,08	±0,01	±0,01	±0,03	±0,02	±0,02	±0,02	±0,05	±0,05	±0,02
0455	1268,5	0,24	25,34	0,47	3,15	3952	0,64	4,01	0,48	0,48	1,08	0,97	0,49	0,49	1,11	2,27	1,00
	1270,5				E+08		±0,01	±0,07	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,01	±0,01	±0,03	±0,05	±0,02
0456	1278,0	0,24	29,64	0,47	3,79	8808	1,50	3,74	1,17	1,12	1,94	0,91	1,29	1,23	2,14	1,66	1,05
	1280,0				E+08		±0,04	±0,07	±0,03	±0,03	±0,03	±0,02	±0,04	±0,04	±0,05	±0,05	±0,04
0457	1288,9	0,21	26,00	0,45	3,66	12846	0,68	3,49	0,50	0,51	1,33	0,85	0,59	0,60	1,56	2,64	0,99
	1290,9				E+08		±0,01	±0,07	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,04	±0,06	±0,02
0458	1298,7	0,23	21,61	0,44	3,56	23546	0,88	19,36	0,67	0,66	1,36	4,70	0,14	1,00	0,29	2,04	1,02
	1300,7				E+08		±0,02	±0,19	±0,02	±0,02	±0,02	±0,05	±0,00	±0,02	±0,01	±0,06	±0,03
0459	1308,2	0,32	19,48	0,43	3,69	11459	1,42	3,40	1,15	1,06	1,72	0,83	1,40	1,28	2,09	1,50	1,09
	1310,2				E+08		±0,03	±0,05	±0,03	±0,03	±0,02	±0,01	±0,04	±0,04	±0,04	±0,04	±0,04
0460	1320,0	0,30	15,60	0,45	3,77	17476	1,63	6,06	1,25	1,22	1,51	1,47	0,85	0,83	1,03	1,20	1,03
	1322,0				E+08		±0,04	±0,10	±0,03	±0,03	±0,03	±0,03	±0,02	±0,02	±0,03	±0,03	±0,03

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U µg/g	Th µg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0461	1329,2	0,21	19,62	0,43	2,89	31467	0,79	3,78	0,62	0,59	1,19	0,92	0,68	0,64	1,30	1,91	1,06
	1331,2				E+08		±0,02	±0,06	±0,01	±0,01	±0,02	±0,01	±0,02	±0,02	±0,03	±0,05	±0,03
0462	1339,0	0,27	14,53	0,42	1,18	13599	1,04	3,94	0,79	0,77	1,31	0,96	0,83	0,81	1,37	1,65	1,02
	1341,0				E+08		±0,02	±0,08	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,04	±0,04	±0,03
0463	1348,5	0,36	11,18	0,43	1,11	14005	1,45	4,39	1,09	1,08	1,73	1,07	1,02	1,02	1,62	1,58	1,01
	1350,5				E+08		±0,02	±0,09	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,03	±0,03	±0,04	±0,04	±0,02
0464	1358,2	0,42	7,44	0,44	8,79	7657	1,35	3,60	1,02	1,01	1,48	0,87	1,17	1,15	1,70	1,46	1,01
	1360,2				E+07		±0,02	±0,08	±0,01	±0,01	±0,03	±0,02	±0,03	±0,03	±0,05	±0,03	±0,02
0465	1370,2	0,33	9,98	0,45	6,96	5199	1,31	4,97	0,99	0,98	1,64	1,21	0,82	0,81	1,36	1,65	1,02
	1372,2				E+07		±0,02	±0,10	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,02	±0,02	±0,04	±0,04	±0,02
0466	1379,9	0,30	23,96	0,28	4,35	2142	1,52	5,49	1,11	1,13	1,49	1,33	0,84	0,85	1,12	1,34	0,98
	1381,9				E+07		±0,03	±0,09	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,03	±0,02
0467	1389,8	0,31	28,82	0,18	5,42	1937	1,32	5,15	0,99	0,99	1,53	1,25	0,80	0,79	1,22	1,54	1,01
	1391,8				E+07		±0,02	±0,10	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,04	±0,02
0468	1399,7	0,39	6,11	0,46	8,10	3095	0,99	5,21	0,75	0,74	1,17	1,26	0,59	0,59	0,93	1,56	1,01
	1401,7				E+07		±0,03	±0,10	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,02	±0,03	±0,06	±0,04
0469	1409,2	0,43	4,73	0,45	7,49	1587	1,01	5,17	0,80	0,75	0,96	1,25	0,63	0,60	0,76	1,20	1,06
	1411,2				E+07		±0,03	±0,09	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,04	±0,04
0494	1419,0	0,42	4,52	0,32	5,14	753	1,00	3,99	0,83	0,75	0,90	0,97	0,86	0,77	0,93	1,09	1,11
	1421,0				E+07		±0,03	±0,07	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02	±0,02	±0,03	±0,04
0495	1428,7	0,27	4,92	0,11	1,87	896	0,62	2,34	0,48	0,46	0,46	0,57	0,84	0,81	0,81	0,96	1,04
	1430,7				E+07		±0,01	±0,03	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02
0496	1438,9	0,29	8,90	0,45	3,61	274	1,40	4,40	1,12	1,04	1,40	1,07	1,05	0,98	1,32	1,25	1,08
	1440,9				E+07		±0,04	±0,08	±0,03	±0,03	±0,02	±0,02	±0,03	±0,03	±0,03	±0,04	±0,04
0497	1448,9	0,30	7,11	0,50	1,17		1,21	5,21	0,93	0,91	1,30	1,26	0,74	0,72	1,03	1,40	1,03
	1450,9				E+07		±0,02	±0,08	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,03
0498	1460,4	0,33	9,32	0,51	9,75		0,96	6,39	0,78	0,71	0,89	1,55	0,51	0,46	0,57	1,14	1,10
	1462,4				E+06		±0,02	±0,07	±0,01	±0,01	±0,01	±0,02	±0,01	±0,01	±0,01	±0,02	±0,03
0499	1470,0	0,33	8,36	0,49	3,67		0,92	5,69	0,69	0,68	0,80	1,38	0,50	0,49	0,58	1,16	1,01
	1472,0				E+06		±0,02	±0,09	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,01	±0,01	±0,01	±0,03	±0,02
0500	1479,6	0,30	6,25	0,47	0,00		0,89	6,57	0,63	0,66	1,11	1,59	0,39	0,42	0,70	1,77	0,95
	1481,6				E+00		±0,02	±0,07	±0,01	±0,01	±0,01	±0,02	±0,01	±0,01	±0,01	±0,05	±0,03
0501	1489,0	0,32	4,51	0,46	0,00		0,76	6,14	0,48	0,57	0,84	1,49	0,32	0,38	0,56	1,73	0,85
	1491,0				E+00		±0,02	±0,07	±0,01	±0,01	±0,01	±0,02	±0,01	±0,01	±0,01	±0,05	±0,03

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0502	1498,3	0,27	2,07	0,47	0,00		0,50	2,29	0,35	0,37	0,38	0,56	0,63	0,67	0,68	1,08	0,95
	1500,3				E+00		±0,01	±0,04	±0,01	±0,01	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,02
0503	1510,0	0,25	4,95	0,50	0,00		0,85	6,71	0,55	0,63	1,15	1,63	0,33	0,39	0,71	2,11	0,86
	1512,0				E+00		±0,02	±0,10	±0,01	±0,01	±0,02	±0,03	±0,01	±0,01	±0,02	±0,06	±0,02
0504	1519,2	0,23	7,22	0,51	6,91		0,88	5,09	0,56	0,66	0,98	1,24	0,45	0,53	0,80	1,75	0,86
	1521,2				E+05		±0,01	±0,07	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,01	±0,01	±0,02	±0,04	±0,02
0505	1528,3	0,23	8,39	0,45	2,24		0,96	5,86	0,61	0,71	1,03	1,42	0,43	0,50	0,72	1,69	0,85
	1530,3				E+06		±0,02	±0,09	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,01	±0,01	±0,02	±0,04	±0,02
0506	1540,1	0,26	7,23	0,50	6,94		0,92	5,52	0,60	0,69	0,88	1,34	0,45	0,51	0,65	1,46	0,87
	1542,1				E+06		±0,02	±0,08	±0,01	±0,01	±0,01	±0,02	±0,01	±0,01	±0,01	±0,04	±0,02
0507	1549,5	0,23	9,54	0,51	9,65		0,92	6,01	0,60	0,69	0,89	1,46	0,41	0,47	0,61	1,48	0,88
	1551,5				E+06		±0,02	±0,09	±0,01	±0,02	±0,02	±0,02	±0,01	±0,01	±0,02	±0,05	±0,03
0508	1558,7	0,27	11,59	0,50	3,27		0,79	5,02	0,51	0,59	0,78	1,22	0,42	0,48	0,64	1,53	0,86
	1560,7				E+06		±0,02	±0,07	±0,01	±0,01	±0,01	±0,02	±0,01	±0,01	±0,02	±0,05	±0,03
0509	1570,2	0,31	8,31	0,47	4,24		0,81	5,85	0,52	0,61	1,03	1,42	0,37	0,43	0,72	1,96	0,87
	1572,2				E+06		±0,02	±0,10	±0,01	±0,01	±0,02	±0,02	±0,01	±0,01	±0,02	±0,06	±0,03
0510	1579,3	0,28	6,10	0,45	3,09		0,91	4,95	0,54	0,68	2,36	1,20	0,45	0,56	1,97	4,41	0,79
	1581,3				E+06		±0,02	±0,07	±0,01	±0,02	±0,02	±0,02	±0,01	±0,02	±0,03	±0,12	±0,03
0511	1589,0	0,27	5,91	0,47	1,24		0,97	6,65	0,65	0,73	0,96	1,61	0,40	0,45	0,60	1,48	0,89
	1591,0				E+06		±0,02	±0,11	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,01	±0,01	±0,02	±0,05	±0,03
0512	1598,3	0,26	7,82	0,50	2,18		1,13	5,60	0,97	0,84	1,00	1,36	0,71	0,62	0,73	1,03	1,15
	1600,3				E+06		±0,03	±0,15	±0,02	±0,02	±0,03	±0,04	±0,02	±0,02	±0,03	±0,04	±0,04
0513	1609,7	0,29	11,46	0,50	1,27		1,03	5,69	0,82	0,77	1,06	1,38	0,60	0,56	0,77	1,29	1,07
	1611,7				E+07		±0,03	±0,07	±0,03	±0,02	±0,01	±0,02	±0,02	±0,02	±0,01	±0,04	±0,05
0514	1618,4	0,25	14,24	0,53	1,99		1,46	5,21	1,19	1,09	1,46	1,27	0,94	0,86	1,15	1,23	1,09
	1620,4				E+07		±0,03	±0,06	±0,03	±0,03	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,02	±0,03	±0,04
0515	1627,7	0,28	4,16	0,48	1,03		1,32	4,17	1,04	0,98	0,93	1,01	1,03	0,97	0,92	0,89	1,06
	1629,7				E+07		±0,03	±0,06	±0,02	±0,02	±0,01	±0,02	±0,03	±0,03	±0,02	±0,02	±0,03
0516	1639,0	0,26	3,26	0,51	3,24		2,10	4,05	1,67	1,57	1,65	0,98	1,70	1,60	1,68	0,99	1,06
	1641,0				E+06		±0,05	±0,06	±0,04	±0,04	±0,02	±0,01	±0,05	±0,04	±0,03	±0,03	±0,04
0517	1648,0	0,29	2,25	0,54	2,83		3,10	5,76	2,41	2,31	0,80	1,40	1,73	1,65	0,57	0,33	1,05
	1650,0				E+06		±0,09	±0,09	±0,07	±0,07	±0,02	±0,02	±0,06	±0,05	±0,01	±0,01	±0,04
0518	1659,2	0,28	8,68	0,48	8,02		1,43	5,30	1,04	1,07	0,92	1,29	0,81	0,83	0,72	0,89	0,98
	1661,2				E+05		±0,04	±0,09	±0,03	±0,03	±0,02	±0,02	±0,03	±0,03	±0,02	±0,03	±0,04

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	234U dpm/g	238U dpm/g	230Th dpm/g	232Th dpm/g	234U 232Th	238U 232Th	230Th 232Th	230Th 234U	234U 238U
0519	1668,5	0,27	4,32	0,50	8,49 E+05	7,20 E+05	1,46 ±0,03	4,97 ±0,09	1,12 ±0,03	1,09 ±0,03	1,05 ±0,02	1,21 ±0,02	0,93 ±0,03	0,90 ±0,03	0,87 ±0,02	0,94 ±0,03	1,03 ±0,03
	1670,5																
0520	1679,4	0,33	0,01	0,51	5,11 E+07	1,58 E+04	4,90 ±0,08	1,20 ±0,03	1,18 ±0,03	1,17 ±0,02	1,19 ±0,02	1,01 ±0,03	0,99 ±0,03	0,98 ±0,03	0,98 ±0,02	0,98 ±0,03	1,02 ±0,04
	1681,4																
0740	1688,6	0,39	0,00	0,52	8,98 E+07	1,81 E+03	7,39 ±0,25	1,31 ±0,02	1,35 ±0,02	1,65 ±0,03	1,87 ±0,04	0,70 ±0,04	0,72 ±0,02	0,88 ±0,02	1,26 ±0,02	0,97 ±0,03	1,26 ±0,03
	1690,6																
0741	1699,8	0,49	0,29		3,02 E+07	1,92 E+06	7,21 ±0,25	1,44 ±0,04	1,43 ±0,04	1,93 ±0,04	1,82 ±0,03	0,79 ±0,03	0,79 ±0,02	1,06 ±0,02	1,34 ±0,03	1,01 ±0,04	1,01 ±0,04
	1701,8																
0742	1709,0	0,53	0,35		6,47 E+07	1,67 E+04	6,03 ±0,21	1,25 ±0,03	1,25 ±0,03	1,56 ±0,03	1,52 ±0,03	0,82 ±0,02	0,82 ±0,02	1,02 ±0,03	1,24 ±0,03	1,00 ±0,03	1,00 ±0,03
	1711,0																
0743	1720,0	0,54	1,50		8,46 E+07	1,61 E+04	6,32 ±0,20	1,18 ±0,03	1,21 ±0,03	1,54 ±0,03	1,60 ±0,03	0,74 ±0,02	0,76 ±0,02	0,97 ±0,02	1,30 ±0,04	0,98 ±0,04	0,98 ±0,04
	1722,0																
0744	1729,1	0,58	1,56		8,46 E+07	1,73 E+04	5,81 ±0,22	1,29 ±0,03	1,29 ±0,03	1,66 ±0,03	1,47 ±0,03	0,88 ±0,03	0,88 ±0,02	1,13 ±0,02	1,29 ±0,03	1,00 ±0,04	1,00 ±0,04
	1731,1																

HU-90-013-017 (BX)      Latitude: 58°12.50 N      Longitude: 48°21.60 O      Bathymétrie: 3379 m

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	234U dpm/g	238U dpm/g	230Th dpm/g	232Th dpm/g	234U 232Th	238U 232Th	230Th 232Th	230Th 234U	234U 238U
0051	0,0-1,0	0,27	38,40		6,05 E+08	13122 E+08	0,70 ±0,02	3,74 ±0,15	0,53 ±0,01	0,53 ±0,01	3,68 ±0,07	0,91 ±0,04	0,59 ±0,03	0,58 ±0,03	4,06 ±0,18	6,90 ±0,23	1,02 ±0,04
0052	1,0-3,0	0,22	36,40		4,04 E+08	11251 E+08	0,73 ±0,02	3,56 ±0,15	0,53 ±0,01	0,55 ±0,01	3,36 ±0,07	0,86 ±0,04	0,62 ±0,03	0,63 ±0,03	3,90 ±0,18	6,30 ±0,21	0,98 ±0,04
0053	3,0-5,0	0,34	36,00		4,41 E+08	12309 E+08	0,72 ±0,02	3,82 ±0,15	0,51 ±0,01	0,54 ±0,01	3,54 ±0,07	0,93 ±0,04	0,55 ±0,03	0,58 ±0,03	3,81 ±0,17	6,97 ±0,23	0,94 ±0,04
0054	5,0-7,0	0,50	36,00		5,87 E+08	9010 E+08	0,66 ±0,03	3,19 ±0,13	0,53 ±0,02	0,49 ±0,02	3,25 ±0,06	0,77 ±0,03	0,69 ±0,04	0,64 ±0,04	4,20 ±0,19	6,12 ±0,28	1,08 ±0,06
0055	7,0-9,0	0,37	35,60		4,99 E+08	20732 E+08	0,70 ±0,02	3,85 ±0,14	0,54 ±0,01	0,53 ±0,01	3,76 ±0,07	0,93 ±0,03	0,57 ±0,03	0,56 ±0,02	4,03 ±0,16	7,01 ±0,22	1,02 ±0,04
0056	9,0-11,0	0,37	35,60		5,12 E+08	8451 E+08	0,73 ±0,02	3,62 ±0,14	0,54 ±0,01	0,55 ±0,01	3,60 ±0,07	0,88 ±0,03	0,62 ±0,03	0,62 ±0,03	4,10 ±0,18	6,63 ±0,22	1,00 ±0,04
0057	11,0-13,0	0,36	35,60		6,30 E+08	12957 E+08	0,65 ±0,02	4,00 ±0,16	0,49 ±0,02	0,49 ±0,02	3,45 ±0,07	0,97 ±0,04	0,51 ±0,03	0,50 ±0,03	3,55 ±0,16	7,01 ±0,27	1,01 ±0,05

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0058	13,0-15,0	0,40	36,00		5,21 E+08	12595	0,70 ±0,02	3,86 ±0,18	0,54 ±0,01	0,53 ±0,01	3,71 ±0,08	0,94 ±0,04	0,57 ±0,03	0,56 ±0,03	3,96 ±0,20	6,94 ±0,24	1,02 ±0,04
0059	16,0-18,0	0,53	35,20		4,02 E+08	10826	0,66 ±0,02	3,71 ±0,13	0,49 ±0,01	0,49 ±0,01	3,65 ±0,07	0,90 ±0,03	0,54 ±0,02	0,55 ±0,02	4,05 ±0,16	7,52 ±0,23	0,99 ±0,03
0060	18,0-20,0	0,40	37,20		5,66 E+08	10179	0,66 ±0,02	3,82 ±0,14	0,50 ±0,01	0,49 ±0,01	3,64 ±0,07	0,93 ±0,03	0,54 ±0,03	0,55 ±0,02	3,93 ±0,16	7,24 ±0,24	1,02 ±0,04
0061	20,0-21,0	0,34	38,40		4,39 E+08	10135	0,69 ±0,02	3,08 ±0,14	0,50 ±0,01	0,52 ±0,01	3,26 ±0,07	0,75 ±0,03	0,67 ±0,04	0,69 ±0,04	4,37 ±0,22	6,49 ±0,22	0,97 ±0,04
0062	22,0-24,0	0,37	38,80		5,86 E+08	14088	1,31 ±0,03	3,67 ±0,14	1,07 ±0,02	0,98 ±0,02	3,47 ±0,07	0,89 ±0,03	1,20 ±0,05	1,10 ±0,05	3,90 ±0,17	3,26 ±0,10	1,09 ±0,03
0063	24,0-26,0	0,35	38,40		5,25 E+08	11668	1,23 ±0,03	3,60 ±0,16	0,94 ±0,02	0,92 ±0,02	3,35 ±0,07	0,87 ±0,04	1,08 ±0,05	1,05 ±0,05	3,84 ±0,19	3,57 ±0,11	1,02 ±0,03
0064	26,0-28,0				5,49 E+08	5569	0,88 ±0,02	3,62 ±0,12	0,68 ±0,02	0,66 ±0,02	3,50 ±0,06	0,88 ±0,03	0,78 ±0,03	0,75 ±0,03	3,99 ±0,14	5,14 ±0,16	1,04 ±0,04

HU-90-013-020 (BX)      Latitude: 58°21.55 N      Longitude: 57°27.38 O      Bathymétrie: 2865 m

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0065	0,0-1,0	1,60	19,80		3,00 E+08	2221	0,90 ±0,02	4,68 ±0,14	0,66 ±0,02	0,67 ±0,07	3,04 ±0,05	1,14 ±0,03	0,58 ±0,02	0,59 ±0,02	2,67 ±0,09	4,63 ±0,15	0,98 ±0,11
0066	1,0-3,0	1,07	23,90		4,08 E+08	3366	0,87 ±0,02	5,30 ±0,19	0,66 ±0,02	0,65 ±0,02	3,09 ±0,07	1,29 ±0,05	0,51 ±0,02	0,51 ±0,02	2,40 ±0,10	4,67 ±0,16	1,02 ±0,04
0067	3,0-5,0	0,93	24,60		5,73 E+08	4921	0,89 ±0,02	4,41 ±0,15	0,64 ±0,02	0,66 ±0,02	2,97 ±0,06	1,07 ±0,04	0,60 ±0,02	0,62 ±0,03	2,78 ±0,11	4,61 ±0,14	0,97 ±0,03
0068	5,0-7,0	0,55	28,00		4,79 E+08	3132	0,90 ±0,02	5,27 ±0,14	0,64 ±0,01	0,67 ±0,02	3,00 ±0,05	1,28 ±0,03	0,50 ±0,02	0,53 ±0,02	2,35 ±0,08	4,67 ±0,14	0,96 ±0,03
0069	7,0-9,0	0,88	21,70		4,98 E+08	4864	1,19 ±0,05	5,18 ±0,13	0,95 ±0,04	0,89 ±0,04	3,24 ±0,05	1,26 ±0,03	0,76 ±0,04	0,71 ±0,03	2,57 ±0,08	3,41 ±0,15	1,07 ±0,06
0070	9,0-11,0	0,61	24,00		2,55 E+08	1970	0,87 ±0,02	5,45 ±0,17	0,68 ±0,02	0,65 ±0,02	3,24 ±0,07	1,33 ±0,04	0,51 ±0,02	0,49 ±0,02	2,45 ±0,09	4,77 ±0,15	1,05 ±0,04
0071	11,0-13,0	0,75	26,00		4,21 E+08	3494	0,85 ±0,02	5,47 ±0,16	0,59 ±0,02	0,63 ±0,02	3,42 ±0,06	1,33 ±0,04	0,45 ±0,02	0,48 ±0,02	2,85 ±0,09	5,78 ±0,21	0,94 ±0,04

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0072	13,0-15,0	0,69	27,80		5,02 E+08	7550	1,39 ±0,03	5,91 ±0,17	1,07 ±0,02	1,04 ±0,02	3,46 ±0,07	1,43 ±0,04	0,75 ±0,03	0,72 ±0,03	2,41 ±0,08	3,22 ±0,08	1,04 ±0,03
0073	16,0-18,0	0,69	26,30		3,60 E+08	5835	1,24 ±0,03	5,78 ±0,16	0,98 ±0,02	0,93 ±0,02	3,45 ±0,06	1,40 ±0,04	0,70 ±0,03	0,66 ±0,02	2,46 ±0,08	3,52 ±0,10	1,06 ±0,04
0074	18,0-20,0	0,72	23,90		3,40 E+08	2859	1,36 ±0,03	5,51 ±0,19	1,07 ±0,03	1,02 ±0,03	3,35 ±0,07	1,34 ±0,05	0,80 ±0,03	0,76 ±0,03	2,50 ±0,10	3,11 ±0,10	1,07 ±0,04
0075	20,0-22,0	0,70	24,30		3,54 E+08	5073	1,06 ±0,02	5,42 ±0,10	0,77 ±0,02	0,79 ±0,02	3,17 ±0,04	1,31 ±0,02	0,59 ±0,02	0,60 ±0,02	2,41 ±0,05	4,10 ±0,10	0,97 ±0,03
0076	22,0-24,0	0,36	31,50		4,79 E+08	7708	1,61 ±0,05	5,52 ±0,14	1,30 ±0,04	1,20 ±0,04	3,32 ±0,05	1,34 ±0,03	0,97 ±0,04	0,90 ±0,03	2,48 ±0,07	2,56 ±0,08	1,08 ±0,04
0084	24,0-26,0	0,60	24,80		3,35 E+08	5307	1,77 ±0,04	4,07 ±0,14	1,40 ±0,03	1,32 ±0,03	2,60 ±0,06	0,99 ±0,04	1,41 ±0,06	1,34 ±0,06	2,63 ±0,11	1,86 ±0,06	1,06 ±0,04
0085	26,0-28,0	0,68	24,00		5,07 E+08	4886	0,99 ±0,03	4,02 ±0,14	0,70 ±0,02	0,74 ±0,02	2,56 ±0,06	0,98 ±0,03	0,72 ±0,03	0,76 ±0,03	2,62 ±0,11	3,66 ±0,12	0,95 ±0,03
0086	28,0-30,0	0,66	24,80		5,14 E+08	6003	0,83 ±0,02	5,45 ±0,19	0,61 ±0,01	0,62 ±0,02	3,54 ±0,08	1,32 ±0,05	0,46 ±0,02	0,47 ±0,02	2,68 ±0,11	5,81 ±0,19	0,98 ±0,03

HU-90-013-027 (BX)      Latitude: 58°45.79 N      Longitude: 57°07.19 O      Bathymétrie: 3032 m

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0732	1,0-3,0	0,39	26,60		2,94 E+08	3360	0,67 ±0,02	3,44 ±0,18	0,47 ±0,01	0,50 ±0,01	2,10 ±0,05	0,87 ±0,03	0,54 ±0,02	0,57 ±0,02	2,42 ±0,10	4,44 ±0,14	0,95 ±0,03
0733	7,0-8,0				3,97 E+08	2630	0,65 ±0,02	4,13 ±0,15	0,50 ±0,01	0,48 ±0,01	1,88 ±0,03	1,04 ±0,02	0,48 ±0,02	0,46 ±0,01	1,81 ±0,05	3,79 ±0,11	1,03 ±0,04
0734	14,0-16,0	0,21	5,30		1,51 E+07	2681	0,76 ±0,01	4,28 ±0,22	0,55 ±0,01	0,56 ±0,01	2,12 ±0,05	1,08 ±0,03	0,51 ±0,02	0,52 ±0,02	1,96 ±0,08	3,86 ±0,12	0,97 ±0,03

HU-90-013-028 (PC)				Latitude: 58°45.80 N				Longitude: 57°06.75 O				Bathymétrie: 1178 m			
--------------------	--	--	--	----------------------	--	--	--	-----------------------	--	--	--	---------------------	--	--	--

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0726	88-90	0,13	2,86				0,93 ±0,02	4,91 ±0,27	0,66 ±0,02	0,70 ±0,02	2,07 ±0,05	1,24 ±0,04	0,53 ±0,02	0,56 ±0,02	1,67 ±0,07	3,17 ±0,11	0,94 ±0,03
0727	117-119	0,15	5,32				1,48 ±0,04	5,20 ±0,21	1,13 ±0,03	1,10 ±0,03	1,45 ±0,03	1,31 ±0,03	0,86 ±0,03	0,84 ±0,03	1,10 ±0,04	1,29 ±0,04	1,02 ±0,04
0728	147-149	0,26	2,56				1,83 ±0,05	5,91 ±0,23	1,37 ±0,04	1,36 ±0,04	1,82 ±0,04	1,49 ±0,04	0,92 ±0,03	0,91 ±0,03	1,22 ±0,04	1,32 ±0,04	1,00 ±0,04

HU-91-045-008 (BX)				Latitude: 54°42.97 N				Longitude: 55°35.05 O				Bathymétrie: 301 m			
--------------------	--	--	--	----------------------	--	--	--	-----------------------	--	--	--	--------------------	--	--	--

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0632	0,0-1,0						0,89 ±0,02	4,72 ±0,08	0,64 ±0,02	0,66 ±0,02	0,72 ±0,02	1,15 ±0,02	0,56 ±0,02	0,58 ±0,02	0,62 ±0,02	1,12 ±0,04	0,97 ±0,03
0633	2,0-3,0						1,11 ±0,03	5,45 ±0,07	0,71 ±0,02	0,83 ±0,02	0,63 ±0,01	1,32 ±0,02	0,54 ±0,02	0,63 ±0,02	0,48 ±0,02	0,88 ±0,03	0,86 ±0,03
0634	4,0-5,0						0,96 ±0,03	4,11 ±0,07	0,68 ±0,02	0,72 ±0,02	0,64 ±0,01	1,00 ±0,02	0,68 ±0,02	0,72 ±0,02	0,65 ±0,02	0,95 ±0,03	0,95 ±0,04

HU-91-045-018 (BX)				Latitude: 55°02.06 N				Longitude: 52°07.78 O				Bathymétrie: 2648 m			
--------------------	--	--	--	----------------------	--	--	--	-----------------------	--	--	--	---------------------	--	--	--

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0635	0,0-2,0						0,72 ±0,02	5,04 ±0,10	0,53 ±0,01	0,54 ±0,01	1,51 ±0,03	1,22 ±0,02	0,43 ±0,01	0,44 ±0,01	1,24 ±0,03	2,86 ±0,09	0,98 ±0,04
0636	2,0-4,0						0,65 ±0,02	5,34 ±0,11	0,45 ±0,01	0,49 ±0,01	1,67 ±0,03	1,30 ±0,03	0,35 ±0,01	0,38 ±0,01	1,29 ±0,04	3,68 ±0,11	0,93 ±0,03
0637	4,0-6,0						0,68 ±0,02	3,69 ±0,08	0,48 ±0,01	0,51 ±0,01	1,52 ±0,03	0,90 ±0,02	0,54 ±0,02	0,56 ±0,02	1,70 ±0,05	3,14 ±0,10	0,96 ±0,03

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0638	6,0-8,0						0,83 ±0,02	5,23 ±0,10	0,51 ±0,01	0,62 ±0,01	1,31 ±0,02	1,27 ±0,02	0,40 ±0,01	0,49 ±0,01	1,03 ±0,03	2,59 ±0,08	0,82 ±0,03
0639	8,0-10,0						0,80 ±0,02	5,04 ±0,11	0,58 ±0,01	0,60 ±0,02	1,21 ±0,03	1,22 ±0,03	0,47 ±0,02	0,49 ±0,02	0,99 ±0,03	2,09 ±0,07	0,97 ±0,03

[ HU-91-045-023 (BX) | Latitude: 54°54.04 N | Longitude: 52°44.72 O | Bathymétrie: 1984 m ]

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0640	0,0-2,0	0,21	23,60				0,85 ±0,02	4,68 ±0,09	0,59 ±0,01	0,64 ±0,02	1,09 ±0,02	1,14 ±0,02	0,52 ±0,02	0,56 ±0,02	0,96 ±0,03	1,85 ±0,06	0,93 ±0,03
0641	2,0-4,0	0,26	18,70				0,90 ±0,02	4,99 ±0,10	0,66 ±0,02	0,67 ±0,02	1,15 ±0,02	1,21 ±0,02	0,54 ±0,02	0,55 ±0,02	0,95 ±0,03	1,75 ±0,06	0,98 ±0,04
0642	4,0-6,0	0,12	21,40				0,84 ±0,02	5,52 ±0,10	0,63 ±0,02	0,63 ±0,02	1,07 ±0,02	1,34 ±0,02	0,47 ±0,01	0,47 ±0,01	0,80 ±0,02	1,70 ±0,05	1,01 ±0,03
0643	8,0-10,0	0,06	35,20				0,94 ±0,03	4,14 ±0,08	0,69 ±0,02	0,70 ±0,02	1,01 ±0,02	1,00 ±0,02	0,68 ±0,02	0,70 ±0,02	1,01 ±0,03	1,48 ±0,05	0,98 ±0,04

[ HU-91-045-063 (BX) | Latitude: 59°40.61 N | Longitude: 30°21.46 O | Bathymétrie: 1319 m ]

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0554	0,0-2,0						0,76 ±0,04	1,43 ±0,05	0,47 ±0,03	0,57 ±0,03	2,25 ±0,03	0,35 ±0,01	1,36 ±0,10	1,65 ±0,10	6,49 ±0,23	4,79 ±0,30	0,82 ±0,07
0555	2,0-4,0						0,58 ±0,02	1,45 ±0,04	0,45 ±0,01	0,43 ±0,01	2,45 ±0,03	0,35 ±0,01	1,29 ±0,05	1,24 ±0,05	6,98 ±0,21	5,41 ±0,16	1,04 ±0,04
0556	4,0-6,0						0,67 ±0,02	1,56 ±0,05	0,47 ±0,02	0,50 ±0,02	2,48 ±0,03	0,38 ±0,01	1,23 ±0,06	1,31 ±0,06	6,55 ±0,24	5,31 ±0,19	0,94 ±0,04
0557	6,0-8,0						0,54 ±0,02	1,75 ±0,05	0,47 ±0,01	0,41 ±0,01	2,56 ±0,03	0,42 ±0,01	1,11 ±0,05	0,96 ±0,04	6,02 ±0,19	5,43 ±0,18	1,16 ±0,05
0558	8,0-10,0						0,59 ±0,02	1,33 ±0,06	0,50 ±0,02	0,44 ±0,01	2,36 ±0,04	0,32 ±0,01	1,55 ±0,08	1,35 ±0,07	7,28 ±0,33	4,70 ±0,16	1,14 ±0,05

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	234U dpm/g	238U dpm/g	230Th dpm/g	232Th dpm/g	234U 232Th	238U 232Th	230Th 232Th	230Th 234U	234U 238U
0559	10,0-12,0						0,56 ±0,02	1,54 ±0,06	0,46 ±0,02	0,41 ±0,02	2,42 ±0,04	0,37 ±0,01	1,24 ±0,06	1,12 ±0,06	6,50 ±0,28	5,22 ±0,19	1,11 ±0,06
0560	12,0-14,0						0,58 ±0,02	1,33 ±0,07	0,48 ±0,02	0,43 ±0,02	2,36 ±0,04	0,32 ±0,02	1,48 ±0,09	1,34 ±0,08	7,33 ±0,39	4,94 ±0,21	1,11 ±0,06
0561	14,0-16,0						0,59 ±0,03	1,56 ±0,08	0,48 ±0,02	0,44 ±0,02	2,64 ±0,05	0,38 ±0,02	1,28 ±0,08	1,17 ±0,08	6,97 ±0,37	5,45 ±0,25	1,09 ±0,07
0562	16,0-18,0						0,63 ±0,02	1,32 ±0,07	0,43 ±0,02	0,47 ±0,02	2,36 ±0,04	0,32 ±0,02	1,36 ±0,09	1,47 ±0,09	7,38 ±0,39	5,44 ±0,24	0,92 ±0,05
0563	18,0-20,0						0,57 ±0,02	1,48 ±0,07	0,45 ±0,02	0,42 ±0,02	2,42 ±0,04	0,36 ±0,02	1,26 ±0,07	1,18 ±0,07	6,74 ±0,33	5,35 ±0,21	1,07 ±0,05
0564	20,0-22,0						0,55 ±0,02	1,44 ±0,07	0,46 ±0,02	0,41 ±0,02	2,35 ±0,04	0,35 ±0,02	1,31 ±0,08	1,18 ±0,07	6,72 ±0,33	5,12 ±0,22	1,11 ±0,06
0565	22,0-24,0						0,59 ±0,03	1,34 ±0,09	0,46 ±0,02	0,44 ±0,02	2,27 ±0,06	0,33 ±0,02	1,43 ±0,11	1,34 ±0,11	6,96 ±0,49	4,87 ±0,25	1,06 ±0,07

HU-91-045-090 (BX)      Latitude: 53°19.79 N      Longitude: 45°15.60 O      bathymétrie: 3378 m

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	234U dpm/g	238U dpm/g	230Th dpm/g	232Th dpm/g	234U 232Th	238U 232Th	230Th 232Th	230Th 234U	234U 238U
0859	0,0-1,0						0,55 ±0,02	4,14 ±0,31	0,41 ±0,01	0,41 ±0,01	4,19 ±0,06	1,05 ±0,03	0,39 ±0,01	0,40 ±0,01	4,00 ±0,13	10,21 ±0,26	0,99 ±0,03
0860	1,0-2,0						0,54 ±0,02	4,24 ±0,30	0,39 ±0,01	0,41 ±0,01	4,22 ±0,07	1,07 ±0,03	0,36 ±0,01	0,38 ±0,01	3,94 ±0,14	10,84 ±0,31	0,96 ±0,03
0861	2,0-3,0						0,54 ±0,02	3,52 ±0,31	0,41 ±0,01	0,40 ±0,01	3,56 ±0,05	0,89 ±0,03	0,46 ±0,02	0,45 ±0,02	3,99 ±0,13	8,67 ±0,23	1,02 ±0,03
0862	3,0-4,0						0,52 ±0,02	3,91 ±0,26	0,40 ±0,01	0,39 ±0,01	4,17 ±0,06	0,99 ±0,03	0,41 ±0,02	0,40 ±0,02	4,22 ±0,15	10,37 ±0,29	1,03 ±0,03
0863	4,0-5,0						0,51 ±0,02	3,99 ±0,22	0,37 ±0,01	0,38 ±0,01	3,85 ±0,05	1,01 ±0,03	0,37 ±0,01	0,38 ±0,01	3,82 ±0,11	10,36 ±0,27	0,98 ±0,03
0864	5,0-6,0						0,55 ±0,02	4,70 ±0,34	0,41 ±0,01	0,41 ±0,01	4,56 ±0,07	1,19 ±0,04	0,35 ±0,01	0,35 ±0,01	3,84 ±0,13	11,06 ±0,30	1,00 ±0,03
0865	6,0-7,0						0,57 ±0,02	4,79 ±0,36	0,40 ±0,01	0,43 ±0,01	4,52 ±0,07	1,21 ±0,04	0,33 ±0,01	0,35 ±0,01	3,74 ±0,13	10,55 ±0,28	0,93 ±0,03

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0866	7,0-8,0						0,59 ±0,02	3,63 ±0,24	0,44 ±0,01	0,44 ±0,01	3,33 ±0,05	0,92 ±0,03	0,48 ±0,02	0,48 ±0,02	3,64 ±0,12	7,61 ±0,22	1,00 ±0,03
0867	8,0-9,0						0,64 ±0,02	3,72 ±0,23	0,51 ±0,01	0,48 ±0,01	3,83 ±0,06	0,94 ±0,03	0,54 ±0,02	0,51 ±0,02	4,08 ±0,14	7,50 ±0,20	1,07 ±0,03
0868	9,0-10,0						0,66 ±0,02	6,02 1,52	0,50 ±0,01	0,50 ±0,01	5,62 ±0,20	1,52 ±0,11	0,33 ±0,03	0,33 ±0,03	3,69 ±0,31	11,15 ±0,48	1,02 ±0,03
0869	10,0-11,0						0,55 ±0,02	2,58 ±0,18	0,36 ±0,01	0,41 ±0,01	2,54 ±0,04	0,65 ±0,02	0,56 ±0,02	0,62 ±0,24	3,89 ±0,14	7,00 ±0,19	0,89 ±0,03
0870	11,0-12,0						0,57 ±0,02	4,71 ±0,27	0,42 ±0,01	0,43 ±0,01	4,40 ±0,06	1,19 ±0,03	0,35 ±0,01	0,36 ±0,01	3,71 ±0,12	10,54 ±0,29	0,98 ±0,03
0871	12,0-13,0						0,63 ±0,02	5,68 ±0,34	0,47 ±0,01	0,47 ±0,01	4,27 ±0,07	1,44 ±0,04	0,33 ±0,01	0,33 ±0,01	2,97 ±0,09	9,02 ±0,25	1,00 ±0,03
0872	13,0-14,0						0,63 ±0,02	4,93 ±0,85	0,45 ±0,01	0,47 ±0,01	4,25 ±0,15	1,25 ±0,08	0,36 ±0,02	0,38 ±0,02	3,41 ±0,24	9,48 ±0,39	0,96 ±0,03
0873	14,0-15,0						0,71 ±0,02	5,53 ±0,39	0,46 ±0,01	0,53 ±0,01	4,56 ±0,08	1,40 ±0,04	0,33 ±0,01	0,38 ±0,01	3,27 ±0,11	9,94 ±0,28	0,87 ±0,03
0874	15,0-16,0						0,66 ±0,02	7,40 ±0,41	0,48 ±0,01	0,50 ±0,01	5,31 ±0,08	1,87 ±0,05	0,26 ±0,01	0,26 ±0,01	2,84 ±0,08	11,06 ±0,30	0,97 ±0,03
0875	16,0-17,0						0,70 ±0,03	6,99 ±0,34	0,48 ±0,01	0,52 ±0,01	4,56 ±0,07	1,76 ±0,04	0,27 ±0,01	0,30 ±0,01	2,58 ±0,07	9,55 ±0,26	0,91 ±0,03
0876	17,0-18,0						0,81 ±0,03	11,01 1,16	0,55 ±0,01	0,60 ±0,01	5,77 ±0,13	2,78 ±0,09	0,20 ±0,01	0,22 ±0,01	2,08 ±0,08	10,42 ±0,34	0,92 ±0,03
0877	18,0-19,0						0,86 ±0,03	7,43 ±0,45	0,59 ±0,01	0,64 ±0,01	3,35 ±0,07	1,88 ±0,05	0,31 ±0,01	0,34 ±0,01	1,79 ±0,06	5,72 ±0,16	0,91 ±0,03
0878	19,0-20,0						0,95 ±0,03	10,13 ±0,45	0,69 ±0,01	0,71 ±0,01	3,75 ±0,07	2,56 ±0,06	0,27 ±0,01	0,28 ±0,01	1,46 ±0,04	5,44 ±0,14	0,98 ±0,02
0879	20,0-21,0						1,01 ±0,03	21,41 2,27	0,68 ±0,01	0,75 ±0,01	7,71 ±0,19	5,41 ±0,15	0,12 ±0,00	0,14 ±0,00	1,42 ±0,05	11,41 ±0,34	0,90 ±0,02
0880	21,0-22,0						0,94 ±0,03	7,44 ±0,55	0,62 ±0,01	0,70 ±0,01	2,66 ±0,05	1,88 ±0,04	0,33 ±0,01	0,37 ±0,01	1,41 ±0,04	4,31 ±0,12	0,88 ±0,03
0881	22,0-23,0						0,95 ±0,04	9,28 23,64	0,69 ±0,02	0,71 ±0,02	3,51 ±0,07	2,35 ±0,05	0,29 ±0,01	0,30 ±0,01	1,50 ±0,04	5,11 ±0,15	0,97 ±0,03
0882	23,0-24,0						1,08 ±0,04	6,66 ±0,31	0,75 ±0,01	0,80 ±0,02	2,44 ±0,04	1,68 ±0,04	0,44 ±0,01	0,48 ±0,01	1,45 ±0,04	3,27 ±0,09	0,93 ±0,03

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0883	24,0-25,0						1,00 ±0,04	6,58 ±0,29	0,71 ±0,02	0,74 ±0,02	2,26 ±0,04	1,66 ±0,03	0,43 ±0,01	0,45 ±0,01	1,36 ±0,04	3,18 ±0,09	0,95 ±0,03
0884	25,0-26,0						0,95 ±0,03	7,16 ±0,32	0,71 ±0,01	0,71 ±0,01	2,62 ±0,05	1,81 ±0,04	0,39 ±0,01	0,39 ±0,01	1,45 ±0,04	3,71 ±0,09	0,99 ±0,03
0885	26,0-27,0						1,01 ±0,04	6,57 ±0,28	0,74 ±0,02	0,75 ±0,02	2,49 ±0,04	1,66 ±0,04	0,45 ±0,01	0,45 ±0,01	1,50 ±0,04	3,36 ±0,09	0,98 ±0,03
0886	27,0-28,0						1,06 ±0,03	8,34 ±0,36	0,73 ±0,01	0,79 ±0,01	2,72 ±0,05	2,11 ±0,04	0,35 ±0,01	0,38 ±0,01	1,29 ±0,04	3,73 ±0,10	0,92 ±0,02
0887	28,0-29,0						1,15 ±0,04	9,48 ±0,43	0,76 ±0,02	0,86 ±0,02	3,09 ±0,06	2,39 ±0,05	0,32 ±0,01	0,36 ±0,01	1,29 ±0,04	4,04 ±0,11	0,89 ±0,03
0888	29,0-30,0						1,12 ±0,04	7,58 ±0,32	0,79 ±0,02	0,84 ±0,02	2,55 ±0,05	1,92 ±0,04	0,41 ±0,01	0,44 ±0,01	1,33 ±0,04	3,24 ±0,09	0,94 ±0,03
0889	30,0-31,0						1,11 ±0,04	9,96 ±0,47	0,79 ±0,01	0,83 ±0,01	3,28 ±0,06	2,52 ±0,05	0,32 ±0,01	0,33 ±0,01	1,30 ±0,04	4,13 ±0,10	0,96 ±0,02
0890	31,0-32,0						1,21 ±0,04	9,51 ±0,42	0,85 ±0,01	0,91 ±0,01	3,10 ±0,06	2,40 ±0,05	0,35 ±0,01	0,38 ±0,01	1,29 ±0,04	3,65 ±0,09	0,94 ±0,02
0891	32,0-33,0						1,08 ±0,03	9,38 ±0,41	0,72 ±0,01	0,81 ±0,01	3,12 ±0,06	2,46 ±0,05	0,29 ±0,01	0,33 ±0,01	1,27 ±0,03	4,36 ±0,11	0,89 ±0,02
0892	33,0-34,0						1,06 ±0,04	5,66 ±0,25	0,71 ±0,02	0,79 ±0,02	1,82 ±0,04	1,43 ±0,03	0,50 ±0,02	0,55 ±0,02	1,27 ±0,04	2,55 ±0,07	0,90 ±0,03
0893	34,0-35,0						1,00 ±0,03	7,44 ±0,29	0,70 ±0,01	0,75 ±0,01	2,35 ±0,04	1,88 ±0,04	0,37 ±0,01	0,40 ±0,01	1,25 ±0,03	3,36 ±0,09	0,93 ±0,02
0894	35,0-36,0						1,05 ±0,04	8,55 ±0,34	0,74 ±0,02	0,78 ±0,02	2,81 ±0,05	2,16 ±0,04	0,34 ±0,01	0,36 ±0,01	1,30 ±0,03	3,81 ±0,11	0,94 ±0,03
0895	36,0-37,0						1,16 ±0,04	6,20 ±0,24	0,79 ±0,02	0,87 ±0,02	1,98 ±0,03	1,57 ±0,03	0,51 ±0,01	0,55 ±0,01	1,26 ±0,03	2,50 ±0,07	0,91 ±0,03
0896	37,0-38,0						1,07 ±0,04	6,32 ±0,28	0,75 ±0,02	0,80 ±0,02	2,12 ±0,04	1,60 ±0,03	0,47 ±0,01	0,50 ±0,01	1,33 ±0,04	2,83 ±0,08	0,93 ±0,03

HU-91-045-094 (PC) | Latitude: 50°12.28 N | Longitude: 45°41.15 O | Bathymétrie: 3448 m

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O	Cocc. **	Dino. **	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0678	105,5	0,52	27,90				2,14 ±0,06	6,62 ±0,24	1,66 ±0,05	1,60 ±0,04	2,23 ±0,04	1,67 ±0,03	0,99 ±0,03	0,96 ±0,03	1,33 ±0,04	1,34 ±0,04	1,04 ±0,04
	107,5																
0679	114,5	0,36	36,10				1,53 ±0,04	7,03 ±0,22	1,16 ±0,03	1,15 ±0,03	2,48 ±0,04	1,78 ±0,03	0,65 ±0,02	0,64 ±0,02	1,39 ±0,03	2,14 ±0,03	1,01 ±0,04
	116,5																
0680	123,5	0,39	37,80				1,76 ±0,05	6,36 ±0,24	1,39 ±0,04	1,31 ±0,04	2,26 ±0,04	1,61 ±0,04	0,86 ±0,03	0,82 ±0,03	1,41 ±0,04	1,63 ±0,05	1,06 ±0,04
	125,5																
0681	132,5	0,36	36,70				1,20 ±0,03	6,08 ±0,24	0,93 ±0,02	0,89 ±0,02	2,13 ±0,04	1,54 ±0,04	0,60 ±0,02	0,58 ±0,02	1,39 ±0,04	2,30 ±0,07	1,04 ±0,04
	134,5																
0682	142,0	0,32	29,20				1,05 ±0,03	6,53 ±0,23	0,79 ±0,02	0,78 ±0,02	2,02 ±0,04	1,65 ±0,03	0,48 ±0,01	0,47 ±0,01	1,22 ±0,03	2,55 ±0,07	1,01 ±0,04
	144,0																
0683	151,0	0,33	19,90				1,16 ±0,03	7,23 ±0,27	0,85 ±0,02	0,86 ±0,02	2,15 ±0,04	1,83 ±0,04	0,46 ±0,01	0,47 ±0,01	1,18 ±0,04	2,55 ±0,07	0,98 ±0,03
	153,0																
0804	165,0	0,29	23,10	46,69			1,67 ±0,05	6,52 ±0,29	1,11 ±0,03	1,25 ±0,03	2,14 ±0,04	1,65 ±0,04	0,67 ±0,02	0,76 ±0,02	1,30 ±0,04	1,93 ±0,06	0,89 ±0,03
	166,0																
0805	166,0	0,30	24,20	45,09			1,41 ±0,04	7,10 ±0,32	1,02 ±0,02	1,05 ±0,02	2,34 ±0,05	1,79 ±0,04	0,57 ±0,02	0,59 ±0,02	1,31 ±0,04	2,30 ±0,07	0,97 ±0,03
	167,0																
0806	167,0	0,24	24,20	42,67			1,32 ±0,04	8,15 ±0,37	0,96 ±0,02	0,98 ±0,02	2,55 ±0,05	2,06 ±0,04	0,47 ±0,01	0,48 ±0,01	1,24 ±0,04	2,65 ±0,08	0,98 ±0,03
	168,0																
0807	168,0	0,23	24,20	39,77			1,27 ±0,04	7,45 ±0,35	0,95 ±0,02	0,95 ±0,02	2,52 ±0,05	1,88 ±0,04	0,50 ±0,02	0,50 ±0,02	1,34 ±0,04	2,66 ±0,08	1,00 ±0,03
	169,0																
0808	169,0	0,22	25,80	41,67			1,13 ±0,03	6,96 ±0,29	0,87 ±0,02	0,84 ±0,02	2,42 ±0,05	1,76 ±0,04	0,49 ±0,02	0,48 ±0,02	1,37 ±0,04	2,79 ±0,08	1,03 ±0,03
	170,0																
0809	170,0	0,20	29,30	39,67			1,18 ±0,04	5,99 ±0,26	0,85 ±0,02	0,88 ±0,02	1,87 ±0,04	1,51 ±0,03	0,56 ±0,02	0,58 ±0,02	1,23 ±0,04	2,19 ±0,07	0,97 ±0,03
	171,0																
0810	171,5	0,17	30,50	35,66			1,07 ±0,03	6,39 ±0,27	0,74 ±0,02	0,80 ±0,02	2,01 ±0,04	1,61 ±0,04	0,46 ±0,01	0,49 ±0,01	1,25 ±0,02	2,71 ±0,08	0,93 ±0,03
	172,0																
0811	172,0	0,18	33,90	34,86			1,16 ±0,04	5,89 ±0,23	0,80 ±0,02	0,87 ±0,02	2,16 ±0,04	1,49 ±0,03	0,54 ±0,02	0,58 ±0,02	1,45 ±0,04	2,68 ±0,08	0,93 ±0,03
	173,0																
0812	173,0	0,15	33,30	30,65			1,18 ±0,04	7,42 ±0,32	0,81 ±0,02	0,88 ±0,02	1,78 ±0,04	1,87 ±0,04	0,43 ±0,01	0,47 ±0,01	0,95 ±0,01	2,21 ±0,03	0,92 ±0,03
	174,0																

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U µg/g	Th µg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0813	174,0	0,20	35,20	30,90			1,27 ±0,04	7,14 ±0,29	0,91 ±0,02	0,95 ±0,02	1,86 ±0,04	1,80 ±0,04	0,51 ±0,02	0,52 ±0,02	1,03 ±0,03	2,04 ±0,06	0,96 ±0,03
	175,0																
0814	175,0	0,12	34,30	32,99			1,20 ±0,04	6,92 ±0,27	0,88 ±0,02	0,90 ±0,02	1,64 ±0,03	1,75 ±0,03	0,50 ±0,01	0,51 ±0,01	0,94 ±0,03	1,86 ±0,06	0,98 ±0,03
	176,0																
0815	176,0	0,16	37,30	31,36			1,23 ±0,04	6,58 ±0,26	0,91 ±0,02	0,92 ±0,02	1,56 ±0,03	1,66 ±0,04	0,55 ±0,02	0,55 ±0,02	0,94 ±0,03	1,71 ±0,05	0,99 ±0,03
	177,0																
0816	177,0	0,14	41,20	30,86			1,26 ±0,04	6,66 ±0,27	0,93 ±0,02	0,94 ±0,02	1,68 ±0,04	1,68 ±0,04	0,56 ±0,02	0,56 ±0,02	1,00 ±0,03	1,79 ±0,06	0,99 ±0,03
	178,0																
0817	178,0	0,17	42,00	27,92			1,19 ±0,04	6,39 ±0,28	0,89 ±0,02	0,89 ±0,02	1,51 ±0,03	1,62 ±0,04	0,55 ±0,02	0,55 ±0,02	0,94 ±0,03	1,71 ±0,05	1,00 ±0,03
	179,0																
0684	178,0	0,10	43,70				1,04 ±0,03	5,52 ±0,20	0,80 ±0,02	0,78 ±0,02	1,32 ±0,03	1,40 ±0,03	0,57 ±0,02	0,56 ±0,02	0,94 ±0,03	1,65 ±0,05	1,02 ±0,04
	180,0																
0818	179,0	0,18	43,80	27,72			1,25 ±0,04	5,96 ±0,24	0,94 ±0,02	0,93 ±0,02	1,44 ±0,03	1,51 ±0,03	0,62 ±0,02	0,62 ±0,02	0,95 ±0,03	1,53 ±0,05	1,01 ±0,03
	180,0																
0819	180,0	0,15	44,60	29,49			1,45 ±0,05	7,50 ±0,33	1,04 ±0,02	1,08 ±0,02	1,78 ±0,04	1,89 ±0,04	0,55 ±0,02	0,57 ±0,02	0,94 ±0,03	1,71 ±0,05	0,96 ±0,03
	181,0																
0820	181,0	0,17	45,00	29,21			1,43 ±0,04	6,88 ±0,30	1,06 ±0,02	1,06 ±0,02	1,73 ±0,04	1,74 ±0,04	0,61 ±0,02	0,61 ±0,02	1,00 ±0,03	1,63 ±0,05	1,00 ±0,03
	182,0																
0821	182,0	0,17	38,50	35,42			1,37 ±0,04	5,46 ±0,26	1,05 ±0,02	1,02 ±0,02	1,54 ±0,03	1,38 ±0,03	0,76 ±0,02	0,74 ±0,02	1,12 ±0,03	1,47 ±0,04	1,02 ±0,03
	183,0																
0822	183,0	0,24	37,50	36,07			1,50 ±0,08	7,13 ±0,41	1,13 ±0,04	1,12 ±0,04	2,57 ±0,06	1,80 ±0,05	0,63 ±0,03	0,62 ±0,03	1,42 ±0,05	2,27 ±0,09	1,01 ±0,05
	184,0																
0823	184,0	0,31	21,40	39,93			1,73 ±0,06	7,16 ±0,29	1,31 ±0,03	1,29 ±0,03	2,26 ±0,04	1,81 ±0,04	0,73 ±0,02	0,71 ±0,02	1,25 ±0,04	1,72 ±0,05	1,01 ±0,03
	185,0																
0685	184,0						1,51 ±0,04	6,62 ±0,25	1,19 ±0,03	1,13 ±0,03	2,22 ±0,04	1,67 ±0,04	0,71 ±0,02	0,68 ±0,02	1,33 ±0,04	1,86 ±0,05	1,05 ±0,04
	185,0																
0824	185,0	0,27	23,90	43,01			1,85 ±0,07	7,94 ±0,34	1,34 ±0,03	1,38 ±0,03	2,69 ±0,05	2,01 ±0,04	0,67 ±0,02	0,69 ±0,02	1,34 ±0,04	2,01 ±0,06	0,97 ±0,03
	186,0																
0825	186,0	0,28	16,40	38,24			1,83 ±0,06	6,23 ±0,26	1,35 ±0,03	1,37 ±0,03	2,13 ±0,04	1,57 ±0,04	0,86 ±0,03	0,87 ±0,03	1,35 ±0,04	1,58 ±0,05	0,99 ±0,03
	187,0																
0826	187,0	0,25	20,00	42,50			1,65 ±0,05	7,57 ±0,35	1,20 ±0,02	1,24 ±0,02	2,62 ±0,05	1,91 ±0,04	0,63 ±0,02	0,65 ±0,02	1,37 ±0,04	2,18 ±0,06	0,97 ±0,03
	188,0																
0827	188,0	0,20	27,50	41,67			1,65 ±0,05	6,99 ±0,30	1,20 ±0,03	1,23 ±0,03	2,36 ±0,05	1,77 ±0,04	0,68 ±0,02	0,70 ±0,02	1,34 ±0,04	1,97 ±0,06	0,97 ±0,03
	189,0																

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0686	192,0 194,0	0,21	19,10				1,17 ±0,03	7,01 ±0,27	0,85 ±0,02	0,87 ±0,02	2,18 ±0,04	1,77 ±0,04	0,48 ±0,02	0,49 ±0,02	1,23 ±0,04	2,55 ±0,08	0,98 ±0,03
0687	201,5 203,5	0,43	19,90				1,25 ±0,03	6,68 ±0,21	0,91 ±0,02	0,93 ±0,02	1,88 ±0,03	1,69 ±0,03	0,54 ±0,02	0,55 ±0,02	1,11 ±0,03	2,06 ±0,06	0,98 ±0,04
0688	211,5 213,5	0,20	20,30				1,35 ±0,04	6,89 ±0,26	0,96 ±0,03	1,01 ±0,03	1,68 ±0,04	1,74 ±0,04	0,55 ±0,02	0,58 ±0,02	0,96 ±0,03	1,75 ±0,06	0,95 ±0,04
0759	221,0 222,0	0,30	13,00	38,91			1,43 ±0,04	8,01 ±0,36	0,98 ±0,03	1,07 ±0,03	2,60 ±0,05	2,02 ±0,04	0,49 ±0,01	0,53 ±0,02	1,29 ±0,04	2,64 ±0,08	0,92 ±0,04
0760	222,0 223,0	0,30	12,40	40,42			1,58 ±0,05	8,45 ±0,31	1,07 ±0,03	1,18 ±0,04	2,93 ±0,05	2,13 ±0,04	0,50 ±0,01	0,55 ±0,02	1,37 ±0,03	2,74 ±0,08	0,91 ±0,04
0761	223,0 224,0	0,24	13,50	37,50			1,41 ±0,04	8,72 ±0,36	1,01 ±0,03	1,05 ±0,03	2,90 ±0,05	2,20 ±0,04	0,46 ±0,01	0,48 ±0,01	1,32 ±0,03	2,88 ±0,08	0,96 ±0,04
0762	224,0 225,0	0,22	15,30	34,34			1,47 ±0,05	8,05 ±0,35	1,05 ±0,03	1,10 ±0,04	2,63 ±0,05	2,03 ±0,05	0,51 ±0,02	0,54 ±0,02	1,29 ±0,04	2,51 ±0,08	0,96 ±0,04
0763	225,0 226,0	0,22	15,30	37,96			1,34 ±0,04	8,33 ±0,40	0,96 ±0,03	1,00 ±0,03	2,55 ±0,05	2,10 ±0,05	0,46 ±0,01	0,48 ±0,01	1,21 ±0,04	2,66 ±0,08	0,96 ±0,04
0764	226,0 227,0	0,18	18,50	31,94			1,37 ±0,04	7,44 ±0,33	0,95 ±0,03	1,02 ±0,03	2,38 ±0,05	1,88 ±0,04	0,51 ±0,02	0,54 ±0,02	1,27 ±0,04	2,51 ±0,08	0,93 ±0,04
0765	227,0 228,0	0,21	18,40	29,36			1,38 ±0,04	7,23 ±0,30	0,95 ±0,03	1,03 ±0,03	2,18 ±0,04	1,83 ±0,04	0,52 ±0,02	0,56 ±0,02	1,20 ±0,03	2,31 ±0,07	0,92 ±0,04
0689	227,5 229,5	0,20	20,10				1,17 ±0,03	6,46 ±0,27	0,78 ±0,02	0,87 ±0,02	1,93 ±0,04	1,63 ±0,04	0,48 ±0,02	0,53 ±0,02	1,18 ±0,04	2,47 ±0,08	0,89 ±0,03
0766	228,0 229,0	0,20	21,50	29,48			1,30 ±0,04	7,22 ±0,30	0,89 ±0,03	0,97 ±0,03	1,94 ±0,04	1,83 ±0,04	0,49 ±0,02	0,53 ±0,02	1,06 ±0,03	2,17 ±0,07	0,92 ±0,04
0767	229,0 230,0	0,12	31,20	26,57			1,17 ±0,04	6,59 ±0,26	0,83 ±0,03	0,87 ±0,03	1,62 ±0,03	1,66 ±0,03	0,50 ±0,02	0,52 ±0,02	0,97 ±0,03	1,95 ±0,06	0,96 ±0,04
0768	230,0 231,0	0,22	34,80	22,87			0,93 ±0,03	5,12 ±0,18	0,69 ±0,02	0,69 ±0,02	1,08 ±0,02	1,29 ±0,03	0,53 ±0,02	0,54 ±0,02	0,83 ±0,02	1,57 ±0,05	0,99 ±0,04
0769	231,0 232,0	0,14	33,30	21,81			1,05 ±0,03	4,34 ±0,17	0,76 ±0,02	0,79 ±0,02	1,09 ±0,02	1,10 ±0,02	0,69 ±0,02	0,72 ±0,02	0,99 ±0,03	1,44 ±0,04	0,96 ±0,04
0770	236,0 237,0	0,16	38,80	25,76			1,14 ±0,04	5,35 ±0,19	0,82 ±0,02	0,85 ±0,03	1,11 ±0,02	1,35 ±0,03	0,61 ±0,02	0,63 ±0,02	0,82 ±0,02	1,35 ±0,04	0,96 ±0,04
0771	237,0 238,0	0,20	37,80	25,43			1,12 ±0,03	5,69 ±0,19	0,85 ±0,03	0,84 ±0,03	1,15 ±0,02	1,44 ±0,02	0,59 ±0,03	0,58 ±0,02	0,80 ±0,02	1,36 ±0,04	1,01 ±0,04

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0690	237,0	0,20	41,60				1,21 ±0,03	4,92 ±0,17	0,91 ±0,02	0,91 ±0,02	1,04 ±0,02	1,24 ±0,03	0,73 ±0,02	0,73 ±0,02	0,83 ±0,03	1,14 ±0,04	1,01 ±0,04
	239,0																
0772	238,0	0,23	38,20	21,05			1,22 ±0,04	5,61 ±0,22	0,93 ±0,03	0,91 ±0,03	1,16 ±0,03	1,42 ±0,03	0,65 ±0,02	0,64 ±0,02	0,82 ±0,02	1,25 ±0,04	1,01 ±0,05
	239,0																
0773	243,0	0,13	45,40	26,75			1,29 ±0,03	5,80 ±0,24	0,96 ±0,02	0,96 ±0,02	1,47 ±0,03	1,47 ±0,03	0,66 ±0,02	0,66 ±0,02	1,00 ±0,03	1,52 ±0,04	1,00 ±0,04
	244,0																
0774	244,0	0,24	45,20	24,92			1,23 ±0,03	5,06 ±0,20	0,91 ±0,02	0,92 ±0,02	1,18 ±0,03	1,28 ±0,03	0,71 ±0,02	0,72 ±0,02	0,92 ±0,03	1,30 ±0,04	0,99 ±0,04
	245,0																
0775	245,0	0,20	45,40	23,36			1,21 ±0,03	5,13 ±0,19	0,83 ±0,02	0,91 ±0,02	1,19 ±0,03	1,30 ±0,03	0,64 ±0,02	0,70 ±0,02	0,92 ±0,03	1,44 ±0,04	0,91 ±0,03
	246,0																
0776	246,0	0,11	54,20	26,10			1,35 ±0,03	6,78 ±0,24	0,97 ±0,02	1,01 ±0,02	1,37 ±0,03	1,71 ±0,03	0,57 ±0,01	0,59 ±0,01	0,80 ±0,02	1,41 ±0,04	0,97 ±0,03
	247,0																
0691	245,5	0,20	49,70				1,26 ±0,03	4,66 ±0,17	0,91 ±0,02	0,94 ±0,02	1,11 ±0,02	1,18 ±0,03	0,77 ±0,02	0,80 ±0,02	0,94 ±0,03	1,22 ±0,04	0,97 ±0,04
	247,5																
0777	247,0	0,21	36,80	28,14			1,27 ±0,03	3,89 ±0,13	0,90 ±0,02	0,95 ±0,02	1,15 ±0,02	0,98 ±0,02	0,92 ±0,02	0,97 ±0,03	1,17 ±0,03	1,27 ±0,03	0,95 ±0,03
	248,0																
0778	248,0	0,28	11,60	40,96			1,58 ±0,04	6,49 ±0,27	1,07 ±0,03	1,18 ±0,03	2,08 ±0,04	1,64 ±0,04	0,65 ±0,02	0,72 ±0,02	1,27 ±0,04	1,95 ±0,05	0,91 ±0,04
	249,0																
0692	248,0						1,47 ±0,04	6,67 ±0,26	1,07 ±0,03	1,10 ±0,03	2,25 ±0,04	1,68 ±0,04	0,64 ±0,02	0,65 ±0,02	1,34 ±0,04	2,10 ±0,06	0,98 ±0,04
	249,0																
0779	250,0	0,35	8,10	43,45			1,64 ±0,05	8,52 ±0,47	1,12 ±0,03	1,23 ±0,04	3,00 ±0,07	2,15 ±0,06	0,52 ±0,02	0,57 ±0,02	1,39 ±0,05	2,69 ±0,08	0,91 ±0,04
	251,0																
0780	252,0	0,34	7,60	45,45			1,91 ±0,06	10,14 ±0,42	1,42 ±0,05	1,43 ±0,05	3,27 ±0,06	2,56 ±0,06	0,55 ±0,02	0,56 ±0,02	1,28 ±0,04	2,31 ±0,07	0,99 ±0,05
	253,0																
0781	254,0	0,25	7,60	50,38			1,61 ±0,05	8,88 ±0,30	1,09 ±0,03	1,20 ±0,03	3,04 ±0,05	2,24 ±0,04	0,49 ±0,01	0,54 ±0,01	1,36 ±0,03	2,79 ±0,08	0,91 ±0,04
	255,0																
0782	255,0	0,45	4,00	52,32			1,52 ±0,05	9,64 ±0,39	1,05 ±0,03	1,14 ±0,03	3,08 ±0,06	2,44 ±0,05	0,43 ±0,01	0,47 ±0,01	1,27 ±0,04	2,92 ±0,09	0,93 ±0,04
	256,0																
0694	264,0	0,38	3,80				1,51 ±0,03	9,08 ±0,32	1,00 ±0,02	1,13 ±0,02	2,46 ±0,05	2,30 ±0,05	0,44 ±0,01	0,49 ±0,01	1,07 ±0,03	2,45 ±0,07	0,89 ±0,03
	266,0																
0695	273,0	0,35	7,70				1,64 ±0,04	8,82 ±0,34	1,12 ±0,03	1,22 ±0,03	2,24 ±0,05	2,23 ±0,05	0,50 ±0,02	0,55 ±0,02	1,00 ±0,03	1,99 ±0,06	0,92 ±0,03
	275,0																
0696	282,0	0,34	6,80				1,71 ±0,04	8,82 ±0,32	1,14 ±0,03	1,28 ±0,03	2,03 ±0,05	2,23 ±0,05	0,51 ±0,01	0,57 ±0,01	0,91 ±0,02	1,79 ±0,03	0,89 ±0,03
	284,0																

No. UQT	Intervalle (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /cm <sup>3</sup>	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
0697	291,0 293,0	0,57	7,50				5,29 ±0,22			1,60 ±0,04	1,34 ±0,03			1,20 ±0,04			
0698	300,5 302,5	0,31	4,80				1,97 ±0,05	9,64 ±0,36	1,41 ±0,04	1,47 ±0,04	2,37 ±0,05	2,43 ±0,05	0,58 ±0,02	0,61 ±0,02	0,97 ±0,03	1,68 ±0,05	0,96 ±0,03
0699	319,0 321,0	0,38	5,60				1,90 ±0,05	9,98 ±0,42	1,33 ±0,04	1,42 ±0,04	2,45 ±0,06	2,52 ±0,06	0,53 ±0,02	0,56 ±0,02	0,97 ±0,03	1,84 ±0,06	0,94 ±0,04
0700	328,0 330,0	0,47	5,10				1,86 ±0,04	9,70 ±0,31	1,22 ±0,03	1,39 ±0,03	2,09 ±0,04	2,45 ±0,05	0,50 ±0,01	0,57 ±0,02	0,85 ±0,02	1,71 ±0,05	0,88 ±0,03
0701	336,0 338,0	0,96	5,30				2,31 ±0,06	10,91 ±0,40	1,52 ±0,04	1,72 ±0,04	2,43 ±0,05	2,76 ±0,06	0,55 ±0,02	0,62 ±0,02	0,88 ±0,03	1,60 ±0,05	0,88 ±0,03

Analyses uranium et thorium des échantillons de surfaces

Station	Prof. (m)	No. UQT	Inter. (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /g	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U
90 031 044 PC	1381	0842	0.0-1.0	2.32	31.69		1.29 E+09	63057	2.73 0.09	6.59 0.30	2.15 0.04	2.04 0.04	2.11 0.04	1.67 0.04	1.29 0.04	1.22 0.04	1.26 0.04	0.98 0.03	1.06 0.03
90 013 006 BX	1105	0175	1.0-2.5	0.16	16.80		4.58 E+08	2619	0.59 0.01	3.20 0.05	0.45 0.01	0.44 0.01	1.17 0.02	0.78 0.01	0.58 0.02	0.57 0.02	1.51 0.03	2.61 0.07	1.02 0.03
90 013 011 BX	2805	0085	0.0-2.0		28.80		9.07 E+08	2997	0.66 0.02	2.69 0.10	0.51 0.02	0.50 0.01	1.89 0.04	0.65 0.02	0.78 0.04	0.76 0.04	2.89 0.12	3.69 0.14	1.03 0.04
90 013 017 BX	3379	0051	0.0-2.0	0.27	38.40		8.97 E+08	3746	0.70 0.02	3.74 0.15	0.53 0.01	0.53 0.01	3.68 0.07	0.91 0.04	0.59 0.03	0.58 0.03	4.06 0.18	6.90 0.23	1.02 0.04
90 013 020 BX	2865	0065	0.0-1.0	1.60	19.80		5.17 E+08	1833	0.90 0.02	4.68 0.14	0.66 0.02	0.67 0.07	3.04 0.05	1.14 0.03	0.58 0.02	0.59 0.02	2.67 0.09	4.63 0.15	0.98 0.03
90 013 027 BX	3032	0732	1.0-3.0	0.19	28.40		7.21 E+08	2361	0.67 0.02	3.44 0.18	0.47 0.01	0.50 0.01	2.10 0.05	0.87 0.03	0.54 0.02	0.57 0.02	2.42 0.10	4.44 0.14	0.95 0.03
91 045 005 BX	530	0843	0.0-1.0	1.42	5.25		0	1275	1.70 0.06	10.87 0.39	1.24 0.03	1.27 0.03	2.09 0.05	2.75 0.05	0.45 0.05	0.46 0.01	0.76 0.01	1.68 0.02	0.98 0.05
91 045 008 BX	301	0632	0.0-2.0	0.34	4.91		0	1080	0.89 0.02	4.72 0.08	0.64 0.02	0.66 0.02	0.72 0.02	1.15 0.02	0.56 0.02	0.58 0.02	0.62 0.02	1.12 0.04	0.97 0.03
91 045 014 BX	340	0844	0.0-1.0	0.16	3.40		0	931	0.55 0.02	1.77 0.11	0.42 0.01	0.41 0.01	0.59 0.02	0.45 0.01	0.93 0.04	0.93 0.04	1.32 0.06	1.42 0.06	1.00 0.04
91 045 016 BX	1364	0845	0.0-1.0	0.29	14.82		1.91 E+07	1756	0.91 0.03	6.63 0.42	0.67 0.02	0.68 0.02	2.29 0.06	1.68 0.05	0.40 0.01	0.41 0.02	1.37 0.06	3.42 0.12	0.98 0.03
91 045 018 BX	2648	0635	0.0-2.0	0.17	28.71		1.52 E+08	1383	0.72 0.02	5.04 0.10	0.53 0.01	0.54 0.01	1.51 0.03	1.22 0.02	0.43 0.01	0.44 0.01	1.24 0.03	2.86 0.09	0.98 0.04
91 045 023 BX	1984	0640	0.0-2.0	0.21	23.60		6.22 E+07	1838	0.85 0.02	4.68 0.09	0.59 0.01	0.64 0.02	1.09 0.02	1.14 0.02	0.52 0.02	0.56 0.02	0.96 0.03	1.85 0.06	0.93 0.32
91 045 028 BX	3992	0846	0.0-2.0	0.91	37.38		8.17 E+08	2541	0.76 0.02	4.34 0.56	0.53 0.01	0.57 0.01	3.77 0.08	1.10 0.04	0.48 0.02	0.52 0.02	3.44 0.15	7.12 0.22	0.93 0.03
91 045 038 TWC	2052	0897	0.0-1.0	0.46	26.67			330	1.03 0.08	3.42 0.14	0.70 0.02	0.77 0.02	1.68 0.03	0.86 0.02	0.82 0.02	0.89 0.03	1.95 0.03	2.39 0.05	0.92 0.04
91 045 040 LHC	1559	0847	0.0-2.0	0.26	19.85			2096	0.78 0.02	3.29 0.16	0.59 0.01	0.58 0.01	1.58 0.03	0.83 0.02	0.71 0.02	0.70 0.02	1.90 0.02	2.70 0.06	1.01 0.03

Station	Prof. (m)	No. UQT	Inter. (cm)	C org. %	CaCO <sub>3</sub> %	H <sub>2</sub> O %	Cocc. /g	Dino. /cm <sup>3</sup>	U μg/g	Th μg/g	<sup>234</sup> U dpm/g	<sup>238</sup> U dpm/g	<sup>230</sup> Th dpm/g	<sup>232</sup> Th dpm/g	<sup>234</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>232</sup> Th	<sup>230</sup> Th <sup>234</sup> U	<sup>234</sup> U <sup>238</sup> U	
91 045 044	976	0848	0.0-2.0	0.07	2.98			130	0.80	2.78	0.63	0.60	0.75	0.70	0.89	0.85	1.06	1.19	1.05	
PC									0.02	0.14	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03
91 045 051	2949	0849	0.0-2.0	0.75	35.14		5.47	5178	0.73	2.61	0.54	0.55	2.51	0.66	0.83	0.83	3.80	4.61	1.00	
BX							E+08		0.25	0.17	0.02	0.02	0.05	0.02	0.04	0.04	0.16	0.16	0.04	
91 045 056	3025	0850	0.0-2.0	1.15	6.95		3.46	578	1.06	4.94	0.71	0.79	2.16	1.25	0.57	0.63	1.73	3.04	0.90	
BX							E+08		0.03	0.26	0.02	0.02	0.05	0.04	0.02	0.02	0.06	0.10	0.03	
91 045 060	2225	0851	0.0-2.0	0.53	85.68		2.11	231	0.31	1.33	0.24	0.23	3.80	0.34	0.70	0.69	11.28	16.02	1.02	
BX							E+09		0.01	0.17	0.01	0.01	0.06	0.02	0.05	0.05	0.70	0.58	0.05	
91 045 063	1319	0554	0.0-2.0	1.01	59.69		2.21	1266	0.76	1.43	0.47	0.57	2.25	0.35	1.36	1.65	6.49	4.79	0.82	
BX							E+09		0.04	0.05	0.03	0.03	0.03	0.01	0.10	0.10	0.23	0.30	0.06	
91 045 068	1551	0852	0.0-5.0	0.34	59.65				0.77	3.05	0.58	0.57	2.22	0.77	0.76	0.74	2.88	3.81	1.02	
LHC									0.03	0.14	0.02	0.02	0.04	0.02	0.03	0.03	0.09	0.14	0.05	
91 045 071	2237	0853	0.0-2.0	1.24	43.76		1.05	2976	0.68	2.01	0.49	0.51	2.55	0.51	0.97	1.00	5.02	5.18	0.97	
BX							E+09		0.02	0.13	0.02	0.02	0.05	0.02	0.05	0.05	0.22	0.19	0.04	
91 045 074	2926	0854	0.0-2.0	0.73	66.66		1.75	3460	1.56	1.65	1.25	1.16	2.99	0.42	3.00	2.78	7.15	2.38	1.08	
TWC							E+09		0.05	0.11	0.03	0.03	0.05	0.02	0.15	0.14	0.33	0.06	0.03	
91 045 090	3378	0855	0.0-2.0	0.26	59.10		6.53	643	0.61	3.73	0.46	0.45	3.68	0.94	0.49	0.48	3.90	8.01	1.01	
BX							E+08		0.02	0.25	0.01	0.01	0.06	0.03	0.02	0.02	0.15	0.29	0.05	
91 045 093	3448	0856	0.0-2.0	0.71	49.69		1.14	1418	0.76	5.19	0.58	0.57	4.24	1.31	0.44	0.43	3.23	7.36	1.02	
BX							E+09		0.03	0.33	0.02	0.02	0.08	0.04	0.02	0.02	0.12	0.29	0.05	

## **ANNEXE 2**

### **TABLEAUX DES ÂGES $^{14}\text{C}$ OBTENUS SUR LES FORAMINIFÈRES DES SÉDIMENTS DES STATIONS ÉTUDIÉES**

Numéro de labo	Nom de la station et profondeur (cm)	Type de matériel	Nº de labo ISOTRACE	Age normalisé	Réf
28	90-013-006 (1-2.5)	F. benthiques	TO-3024	1040±60	2
29	90-013-006 (1-2.5)	F. benthiques	TO-3025	2800±60	2
27	90-013-006 (1-2.5)	N. pachyderma	TO-3023	3150±70	2
	90-013-006 (13.5-15.5)	N. pachyderma	TO-2313	5740±60	2
1	90-013-011 (0-2)	N. pachyderma	TO-2731	4570±70	1
2	90-013-011 (0-2)	N. pachyderma	TO-2732	4590±70	1
3	90-013-011 (0-2)	N. pachyderma	TO-2733	4490±260	1
34	90-013-011 (2-4)	N. pachyderma	TO-3046	4600±60	1
21	90-013-011 (4-6)	N. pachyderma	TO-3017	4790±80	1
22	90-013-011 (4-6)	F. benthiques	TO-3018	4340±80	1
38	90-013-011 (6-8)	N. pachyderma	TO-3050	5320±60	1
11	90-013-011 (8-10)	N. pachyderma	TO-3007	6390±80	1
31	90-013-011 (12-14)	N. pachyderma	TO-3043	8000±70	1
37	90-013-011 (14-16)	N. pachyderma	TO-3049	9160±80	1
13	90-013-011 (17-19)	N. pachyderma	TO-3009	10550±110	1
15	90-013-011 (17-19)	N. pachyderma	TO-3011	10490±120	1
41	90-013-011 (19-20)	N. pachyderma	TO-3053	10950±80	1
4	90-013-011 (21-23)	N. pachyderma	TO-2734	11980±90	1
5	90-013-011 (21-23)	N. pachyderma	TO-2735	12670±620	1
6	90-013-011 (21-23)	N. pachyderma	TO-2736	11990±90	1
44	90-013-011 (23-25)	N. pachyderma	TO-3060	10550±110	1
42	90-013-011 (24-26)	N. pachyderma	TO-3054	2240±50	1
47	90-013-011 (25-27)	N. pachyderma	TO-3132	12160±80	1
46	90-013-011 (27-29)	N. pachyderma	TO-3131	12910±110	1
48	90-013-011 (29-31)	N. pachyderma	TO-3133	12720±90	1
54	90-013-013 (98-100)	N. pachyderma	TO-3303	4380±70	1
152	90-013-013 (178-180)	N. pachyderma	TO-5032	6970±60	1
51	90-013-013 (188-190)	N. pachyderma	TO-3301	7210±100	1
55	90-013-013 (208-210)	N. pachyderma	TO-3304	7980±70	1
151	90-013-013 (228-230)	N. pachyderma	TO-5031	7840±60	1
57	90-013-013 (238-240)	N. pachyderma	TO-3306	8190±80	1
67	90-013-013 (338-340)	N. pachyderma	TO-3354	9230±90	1
66	90-013-013 (358-360)	N. pachyderma	TO-3353	9630±360	1
65	90-013-013 (368-370)	N. pachyderma	TO-3352	10440±120	1
64	90-013-013 (388-390)	N. pachyderma	TO-3351	10830±80	1
53	90-013-013 (398-400)	N. pachyderma	TO-3302	11120±90	1
63	90-013-013 (418-420)	N. pachyderma	TO-3350	12390±90	1
62	90-013-013 (428-430)	N. pachyderma	TO-3349	12850±120	1
61	90-013-013 (438-440)	N. pachyderma	TO-3348	12960±90	1
17	90-013-013 (448-450)	N. pachyderma	TO-3013	14550±110	1
77	90-013-013 (478-480)	N. pachyderma	TO-3443	17390±110	1
58	90-013-013 (508-510)	N. pachyderma	TO-3345	21350±150	1
20	90-013-013 (528-530)	N. pachyderma	TO-3016	22590±200	1
88	90-013-013 (658-660)	N. pachyderma	TO-3560	31710±300	1
18	90-013-013 (698-700)	N. pachyderma	TO-3014	33920±380	1
19	90-013-013 (698-700)	N. pachyderma	TO-3015	33300±340	1

16	90-013-013 (726-728)	N. pachyderma	TO-3012	25400±230	1
59	90-013-013 (756-758)	N. pachyderma	TO-3346	41780±590	1
25	90-013-017 (0-1)	N. pachyderma	TO-3021	980±60	2
26	90-013-017 (0-1)	F. benthiques	TO-3022	1440±100	2
94	90-013-017 (3-5)	N. pachyderma	TO-3693	1310±50	2
95	90-013-017 (20-22)	N. pachyderma	TO-3694	2020±50	2
24	90-013-027 (0-3)	F. benthiques	TO-3020	3380±70	2
23	90-013-028 (0-1)	N. pachyderma	TO-3019	4060±80	2
85	90-013-028 (117-119)	N. pachyderma	TO-3557	24180±170	2
86	90-013-028 (227-228)	N. pachyderma	TO-3558	27160±200	2
87	90-013-028 (451-453)	N. pachyderma	TO-3559	34250±340	2
69	91-045-094 (0-2)	N. pachyderma	TO-3435	1760±70	1
73	91-045-094 (69.5-71.5)	N. pachyderma	TO-3439	6330±80	1
78	91-045-094 (96.5-98.5)	N. pachyderma	TO-3551	7660±70	1
150	91-045-094 (105.5-107.5)	N. pachyderma	TO-5030	8350±60	1
70	91-045-094 (123.5-125.5)	N. pachyderma	TO-3436	8810±80	1
79	91-045-094 (142-144)	N. pachyderma	TO-3552	9360±	1
109	91-045-094 (167-168)	N. pachyderma	TO-4144	10240±80	1
123	91-045-094 (174-176)	N. pachyderma	TO-4490	10420±90	1
124	91-045-094 (174-176)	G. bulloides	TO-4491	9790±150	1
110	91-045-094 (180-181)	N. pachyderma	TO-4145	11570±80	1
111	91-045-094 (187-188)	N. pachyderma	TO-4146	11540±70	1
72	91-045-094 (192-194)	N. pachyderma	TO-3438	12650±100	1
74	91-045-094 (211-213)	N. pachyderma	TO-3440	13460±90	1
68	91-045-094 (254.5-256.5)	N. pachyderma	TO-3434	14920±110	1
71	91-045-094 (291-293)	N. pachyderma	TO-3437	17270±130	1
81	91-045-094 (412-414)	N. pachyderma	TO-3553	24820±230	1
89	91-045-094 (430.5-432.5)	N. pachyderma	TO-3688	23890±160	1
84	91-045-094 (458-460)	N. pachyderma	TO-3556	24490±180	1
82	91-045-094 (468-470)	N. pachyderma	TO-3554	23950±200	1
90	91-045-094 (488-490)	N. pachyderma	TO-3689	26440±200	1
91	91-045-094 (547-549)	N. pachyderma	TO-3690	31260±280	1
92	91-045-094 (639.5-641.5)	N. pachyderma	TO-3691	32960±320	1
93	91-045-094 (724-726)	N. pachyderma	TO-3692	36830±530	1

Ces âges ont été publiés dans:

- 1- Hillaire-Marcel, C., de Vernal, A., Bilodeau, G., et Wu, G. 1994a. Isotope stratigraphy, sedimentation rates, deep circulation, and carbonate events in the Labrador Sea during the last ~ 200 ka. *Revue canadienne des sciences de la Terre*, 31: 63-89.
- 2- Wu, G. et Hillaire-Marcel, C. Accelerator mass spectrometry radiocarbon stratigraphies in deep Labrador Sea cores: paleoceanographic implications. *Revue canadienne des Sciences de la Terre*, 31: 58-47.

### **ANNEXE 3**

#### **MÉTHODE D'ANALYSE DES ISOTOPES DES FAMILLES U ET Th PAR SPECTROMÉTRIE ALPHA**

## Traitement des échantillons

La préparation des échantillons a pour but de transformer les sédiments en sources émettrices  $\alpha$ . Le traitement comporte trois étapes: i) la mise en solution de l'échantillon, ii) la séparation et la purification des éléments U et Th et iii) l'électrodépôt des radioéléments.

### I) Mise en solution

Les échantillons traités sont des sédiments pélagiques contenant aussi bien des carbonates que des argiles et des sables. La démarche chimique qui suit consiste donc à dissoudre les différents constituants minéralogiques.

Après avoir prélevé l'échantillon en le plaçant dans un creuset en Téflon<sup>TM</sup> et l'avoir pesé, la première étape est le traçage. En effet, l'évaluation du rendement chimique est importante afin de connaître la reproductibilité des résultats et les concentrations des isotopes. Pour cela, on utilise un traceur  $^{228}\text{Th}/^{232}\text{U}$  dilué dont la caractéristique est un rapport d'activité de 1,027 (équilibre de régime), que l'on pèse minutieusement (en général entre 50 et 100 ml, suivant le type d'échantillon ).

Les étapes suivantes consistent en des attaques chimiques. La première attaque se fait à l'eau régale, mélange équi-molaire de HCl et de HNO<sub>3</sub>, et à une température d'environ 190°C jusqu'à l'évaporation totale de la solution. La seconde attaque, ainsi que la troisième, consistent à reprendre l'échantillon à l'acide fluorhydrique (HF) afin de mettre les silicates en solution. On ajoute aussi quelques gouttes d'acide perchlorique (HClO<sub>4</sub> à 11,7 N) dans le but de détruire la matière organique qui pourrait être présente. La solution est évaporée à sec, à 160°C environ, après chaque attaque.

### II) Séparation et purification des radioéléments U et Th

L'échantillon est tout d'abord remis en solution avec HCl (12 N) afin d'effectuer une concentration en U et Th par coprécipitation avec l'hydroxyde de fer. Pour cela, on ajoute, goutte à goutte, de l'ammoniaque NH<sub>4</sub>OH jusqu'à atteindre un précipité à un pH voisin de 8. On laisse la solution et le précipité sur la plaque

chauffante à 110°C pendant environ 45 mn afin d'incorporer dans le précipité les éléments U et Th qui restaient dans la solution, en produisant de faibles mouvements de convection. Les radio-isotopes sont adsorbés sur le précipité d'hydroxyde de fer. Dans le cas où l'échantillon ne contient pas assez d'hydroxyde de fer naturel pour former un précipité, il est possible d'ajouter quelques gouttes de chlorure ferrique qui sera éliminé lors des purifications.

L'échantillon est ensuite soumis à trois centrifugations successives entre lesquelles le surnageant est jeté et remplacé par de l'eau distillée. Le précipité ainsi rincé est repris en solution par de l'acide chlorhydrique 8 N. L'échantillon est alors de nouveau totalement en solution et prêt pour la séparation des deux éléments.

## II a) Séparation et purification de l'uranium

La séparation de l'uranium se fait par fixation du complexe anionique  $(\text{UO}_2\text{Cl})^-$  sur une résine anionique échangeuse d'ions, résine AG 1X8 200-400 mesh. La résine se présentant sous forme de poudre, elle doit être traitée avant son utilisation par des rinçages successifs à l'alcool éthylique puis à l'eau distillée. La résine est ensuite placée dans une colonne BioRad™ et conditionnée successivement par 1 volume de HCl (8 N), 1 volume d'eau, et 4 volume de HCl (8 N). Ce conditionnement sert à mettre en place correctement la résine en faisant varier le volume des grains qui la constituent. L'échantillon en solution chlorhydrique (8 N) est ensuite placé dans la colonne. L'uranium et le fer sont retenus sur la résine, alors que le thorium, et d'autres éléments comme le titane et l'aluminium, passent dans l'effluent et sont récupérés séparément après un lavage avec 4 volumes de HCl (8 N).

L'élution de l'uranium et du fer se fait en passant successivement sur la résine 1 volume de HCl (1 N), 1 volume d'eau, et 1 volume de HCl (1 N). Ce deuxième effluent est récupéré dans un bêcher en pirex de 30 ml puis porté à sec par évaporation.

L'échantillon est remis en solution HCl (8 N) afin d'extraire le fer à l'aide d'un solvant organique: l'éther (isopropyl-éther) qui dans ces conditions extrait sélectivement le fer de la solution. L'effluent est de nouveau porté à sec par évaporation.

On procède ensuite à la purification de l'uranium en reprenant l'échantillon sur une colonne semblable à la précédente avec cependant moitié moins de résine. L'effluent est cette fois-ci récupéré dans un bêcher en verre de 10 ml et porté à sec par

évaporation pour une dernière fois. Toutefois si l'on constate que le dépôt à sec contient encore du fer, il est nécessaire de compléter le traitement pour éliminer le surplus de Fe. Pour cela, on met l'échantillon en solution HCl (6N) et on utilise cette fois-ci un solvant organique, l'hexone (méthylsobutylcétone) comme solvant organique. L'échantillon récupéré, une fois séché par évaporation, est prêt à être électro-déposé.

### II.b) Séparation et purification du Thorium

La séparation du thorium se fait, quant à elle, par fixation du thorium sous forme cationique sur une résine cationique échangeuse d'ions, résine 50 WX 8 200-400 mesh. Cette résine est traitée de la même façon que précédemment. Le conditionnement consiste cette fois-ci à faire passer successivement sur la colonne 1 volume de HCl (4 N), 1 volume de HCl (8 N), puis 4 volumes de HCl (4 N). L'effluent de la colonne de séparation uranium-thorium, qui a été séché au préalable, devient alors l'échantillon utilisé. Cet échantillon est mis en solution HCl (4 N) puis passé sur la colonne. Le thorium reste adsorbé sur la résine et l'effluent récupéré n'est en fait qu'un déchet. On effectue un lavage de la résine portant le thorium avec 4 volumes de HCl (4 N). L'élution du thorium est réalisée avec 4 volumes d'acide oxalique (0,5 N) et l'effluent est recueilli dans un bécher propre de 10 ml. Cette solution est portée à sec par évaporation en y ajoutant au préalable un mélange nitrique-perchlorique supra-pur égal au volume d'acide oxalique afin de détruire celui-ci.

La purification du thorium consiste à éliminer des éléments encore présents dans la solution comme l'aluminium ou le titane. Pour se faire, on utilise la résine anionique AG 1X8 conditionnée successivement avec 1 volume de HNO<sub>3</sub> (8 N), 1 volume d'eau, et 4 volumes de HNO<sub>3</sub> (8 N). L'échantillon de thorium est alors mis en solution HNO<sub>3</sub> (8 N) et passé sur la colonne, puis il subit un lavage avec 4 volumes de HNO<sub>3</sub> (8 N). L'élution se fait avec 4 volumes d'acide chlorhydrique et l'effluent est porté à sec en y ajoutant de l'eau-régale supra-pure. L'échantillon est alors prêt à être électro-déposé.

### III) Electrodépôts des radioéléments

L'électrodépôt des échantillons d'uranium et de thorium se fait de façon similaire. Ils sont d'abord repris en solutions uraniées et thoriées, respectivement, avec du HCl (3N). La solution ainsi obtenue est placée dans un tube en verre contenant de l'alcool éthylique dans lequel l'électrolyse a lieu. L'électrolyse se fait grâce à un filament en platine plongé dans le tube en verre, et qui représente le pôle positif; le pôle négatif est un disque en acier poli sur lequel s'effectue le dépôt, d'uranium ou de thorium. Les disques en acier recouverts par une fine pellicule de dépôt représentent les sources qui seront placées dans le spectromètre à comptage alpha.

## Spectrométrie alpha et Programme Urathor

### IV) Le spectromètre $\alpha$

Le comptage  $\alpha$  s'effectue dans des spectromètres  $\alpha$  EGG-Ortec (type 576A). Ils se présentent sous la forme de 16 chambres équipées de détecteurs à barrière de surface de  $350 \text{ mm}^2$  et de profondeur désertée de  $100 \mu\text{m}$ . Le milieu détecteur est un cristal semi-conducteur (silicium) dont le rôle consiste à transformer les énergies des désintégrations  $\alpha$  en signaux électriques. L'intensité de ces signaux est une fonction de l'énergie de la désintégration incidente. Ces signaux sont stockés dans un analyseur multi-canaux puis transférés et traités sur un micro-ordinateur IBM- grâce à deux logiciels: Maestro et Urathor.

Le programme Maestro reçoit un train d'impulsions périodiques de l'analyseur multi-canaux qu'il reproduit sous forme de spectres. Sur chaque spectrogramme, sont définis des "pics" correspondant à des domaines énergétiques (Mev) qui représentent chacun un radioélément. La forme de ces pics dépend principalement du dépôt électrolytique. En effet, celui-ci doit être uniforme et très peu épais, sinon les pics apparaissent élargis et la résolution est plus faible puisque les particules  $\alpha$  perdent de l'énergie en essayant de traverser le dépôt non homogène.

Pour des raisons de statistique de comptage, un minimum de 2000 coups, par isotope, est requis indépendamment du temps de comptage qui est fonction de la teneur de l'échantillon en radioéléments et/ou de la précision souhaitée. Toutefois lors du traitement des données, il faut aussi tenir en compte le bruit de fond de chaque chambre de comptage  $\alpha$  qui est donc soustrait au spectrogramme étudié.

On obtient ainsi deux spectrogrammes distincts par échantillon: l'un correspondant aux isotopes de l'uranium, et l'autre aux isotopes du thorium. Sur le premier spectre, trois pics sont identifiés et sauvegardés comme des régions de comptage: i) le  $^{238}\text{U}$  (4,195 Mev), ii) le  $^{234}\text{U}$  (4,772 Mev), et iii) le  $^{232}\text{U}$  (5,320 Mev) qui est le traceur. Sur le deuxième spectre (3,994 Mev), ii) le  $^{230}\text{Th}$  (4,684 Mev), iii) le  $^{228}\text{Th}$  (5,424 Mev) qui est à la fois un isotope naturel et le traceur, iv) le  $^{224}\text{Ra}$  (5,684 Mev), v) le  $^{227}\text{Th}$  (6,037 Mev) et enfin vi) le  $^{216}\text{Po}$  (6,777 Mev).

## V) Le programme Urathor

Le programme Urathor convertit les spectrogrammes obtenus précédemment en données numériques telles les concentrations des différents isotopes étudiés et les rapports d'activité. Ce traitement analytique à partir des données du programme Maestro comprend plusieurs étapes de calculs.

### Correction du bruit de fond

Le bruit de fond de chaque chambre a été compté pendant un temps différent du temps de comptage de l'échantillon. Par conséquent, il est nécessaire de rapporter le nombre d'impulsions, par pic, du bruit de fond au même temps de comptage afin de pouvoir soustraire ces impulsions à celles des pics de l'échantillon. Puis, cette correction effectuée, le nombre d'impulsions obtenu est divisé par le temps de comptage, ce qui donne le nombre de coups nets par minute (cpm) pour chaque isotope.

### Calcul du rendement total et chimique

Ce calcul prend en compte les caractéristiques du traceur et des chambres de comptage. En effet chaque chambre  $\alpha$  a un cône de détection connu variant de 28 à

30% du total des émissions  $\alpha$  provenant du disque en acier, support de l'échantillon. Puis on calcule le rendement chimique sur l'uranium grâce au traceur  $^{232}\text{U}$  qui n'est pas un isotope naturel ce qui simplifie les calculs puisqu'il n'y a pas de correction à faire pour la présence d'une fraction naturelle. Pour ce faire, connaissant le poids du traceur placé dans l'échantillon, son activité lors de sa fabrication (18,64 dpm/g) et la date de fabrication de celui-ci (1979), on calcule le nombre de cpm que l'on devrait avoir si le rendement chimique était de 100% en utilisant la formule de décroissance radioactive:

$$R = R_0 e^{-\lambda t}$$

où  $R$  est l'activité actuelle,

$R_0$  est l'activité au moment de la fabrication soit 18,64 dpm/g (dans notre cas),

$\lambda = \ln 2 / 71,7$  est la constante de désintégration ,

$t = 1994 - 1979$  est le temps.

L'activité ainsi calculée, soit 16,12 dpm/g, nous permet donc d'apprécier le rendement chimique de l'uranium en faisant la différence entre les cpm calculés et ceux comptés sur le pic  $^{232}\text{U}$ .

Le rapport d'activité du traceur étant connu,  $^{228}\text{Th}/^{232}\text{U} = 1,027$ , on en déduit l'activité du traceur  $^{228}\text{Th}$ , soit 16,63 dpm/g. Toutefois, le rendement chimique ne peut pas encore être calculé car il reste certaines corrections à faire.

En effet, le pic du  $^{228}\text{Th}$  n'est pas simplement dû au traceur  $^{228}\text{Th}$  car il contient aussi des coups provenant du  $^{228}\text{Th}$  produit par la désintégration du  $^{232}\text{Th}$  de l'échantillon. Toutefois, on considère ici que ces deux éléments ont atteint leur équilibre séculaire dans les échantillons et qu'il suffit donc de soustraire le nombre de coups du  $^{232}\text{Th}$  à ceux du  $^{228}\text{Th}$  pour obtenir le nombre de cpm du traceur  $^{228}\text{Th}$  seul. Malheureusement, le  $^{228}\text{Th}$  se désintègre naturellement en  $^{224}\text{Ra}$  et le nombre obtenu précédemment doit encore être corrigé pour la décroissance naturelle (voir la formule écrite ci-dessus) afin de disposer du nombre de cpm réel du traceur. Enfin, il ne reste plus qu'à comparer ce nombre avec le nombre de cpm calculé grâce à l'activité du traceur.

## Calcul des activités et des concentrations isotopiques de l'échantillon

L'activité isotopique d'un radioélément (A en dpm/g) est calculée à partir du nombre de cpm (n), du rendement total ( $r_t$ ), et du poids sec de l'échantillon (m) qui a été déterminé avant les attaques chimiques:

$$A = \frac{n}{(r_t \times m)}$$

Le calcul de la concentration, exprimée en ppm, équivaut à exprimer le poids de l'isotope considéré, en  $\mu\text{g}$ , par gramme d'échantillon. Pour cela, on utilise la formule suivante:

$$C = \frac{(A \times M \times 10^{-6})}{(\lambda \times N)}$$

où C est la concentration en mg/g,

A est l'activité en dpm/g,

M est la masse moléculaire de l'isotope en g/mol,

$\lambda$  est la constante de désintégration,

N est le nombre d'Avogadro, soit  $6,023 \times 10^{23}$ .

Toutefois, les concentrations ne sont déterminées que pour le  $^{238}\text{U}$  et le  $^{232}\text{Th}$  car les masses moléculaires des autres radio-isotopes sont considérées comme négligeables devant celles de ces isotopes.

## Calcul des rapports d'activité

Dans cette étape, il est nécessaire de différencier les rapports se faisant entre deux isotopes de l'uranium, ou encore entre deux isotopes du thorium, des rapports entre isotopes des deux éléments.

Dans le premier cas, le rapport se fait tout simplement en divisant l'un par l'autre les nombres de cpm respectifs des deux isotopes et ceci pour deux raisons: a) ces éléments sont sur le même disque de dépôt. Ils ont par conséquent le même rendement et il n'est donc pas nécessaire d'en tenir compte dans la division; b) si l'on

utilisait les activités cela introduirait une plus grande barre d'erreur puisque celles-ci sont fonction du rendement, du poids du traceur et de son activité.

Dans le cas d'un rapport mixte, le calcul se fait aussi à partir des nombres de cpm, pour les mêmes raisons qu'au b) ci-dessus, mais cette fois-ci corrigés pour la différence de rendement entre les deux disques et de telle façon que le poids du traceur n'intervienne pas. Cette correction est faite en ramenant le rapport  $^{228}\text{Th}/^{232}\text{U}$  du traceur, calculé à partir des cpm, à la valeur initiale de celui-ci qui est de 1,027. Ainsi le rapport d'activité est calculé d'après la relation suivante:

$$\frac{U}{Th} = \left( \frac{n_U}{n_{Th}} \right) \times \left( \frac{^{228}\text{Th}_{tr}}{^{232}\text{U}_{tr}} \right) \times \left( \frac{1}{1,027} \right)$$

où  $U/Th$  est le rapport d'activité,

$n_{Th}$  et  $n_U$  sont respectivement les nombres de cpm du thorium et de l'uranium,  
 $^{232}\text{U}_{tr}$  et  $^{228}\text{Th}_{tr}$  sont les nombres de cpm du traceur dans l'échantillon.

### Calculs d'erreurs

L'erreur affectée aux coups par minute  $n$  correspond à un écart-type  $s$  tel que:

$$\sigma = \sqrt{n}$$

Dans les calculs, les écart-types d'une addition, d'une soustraction, et d'une division entre deux nombres  $a$  et  $b$ , sont respectivement :

$$\sigma(a + b) = \sqrt{(a + b)}$$

$$\sigma(a - b) = \sqrt{(a - b)}$$

$$\sigma\left(\frac{a}{b}\right) = \left(\frac{a}{b}\right) \times \sqrt{\left(\frac{\sigma_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_b}{b}\right)^2}$$