

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

RECONSTITUTION DES PALÉOENVIRONNEMENTS BENTHIQUES DE LA MER DE
LABRADOR PENDANT L'OPTIMUM DU DERNIER INTERGLACIAIRE (STADE ISOTOPIQUE
5e) À PARTIR DES ASSEMBLAGES DE FORAMINIFÈRES BENTHIQUES

MÉMOIRE PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA
MAÎTRISE EN SCIENCES DE LA TERRE

PAR
SERGIO MAYOR PASTOR

JANVIER 2012

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Merci à YHWH qui m'a donné tout dont j'ai eu besoin pour réussir dans la vie.

J'exprime ma gratitude à ma directrice de recherche, Dr. Anne de Vernal et au Dr. Claude Hillaire-Marcel, professeurs au Département de Sciences de la Terre de l'UQAM pour leur accueil aux laboratoires du GEOTOP et pour leur aide afin de pouvoir compter avec les moyens nécessaires pour réussir dans mon travail. Je veux remercier aussi le Dr. Taoufik Radi qui a déployé un grand effort pour m'orienter et m'aider à améliorer significativement la qualité de mon mémoire au milieu d'échéanciers vraiment stressants.

Je remercie spécialement mon cher ami, le Dr. Jean-Pierre Guilbault, pour son aide dans la détermination des foraminifères benthiques et ses commentaires aigus sur plusieurs problèmes reliés à la taxonomie de ce groupe de microfossiles. Toute ma reconnaissance pour sa générosité en me facilitant l'accès d'une part, à certaines publications assez rares, et d'autre part, au catalogue Ellis & Messina en ligne, avec les descriptions originales des espèces, ce qui a contribué énormément à améliorer la qualité de la partie la plus importante du mémoire.

Je ne saurais suffisamment remercier Maryse Henry, technicienne au Laboratoire de Micropaléontologie du GEOTOP, pour toute son aide en rendant beaucoup plus efficace mon travail au laboratoire et pour tous ses conseils qu'à chaque journée renouvelaient mon enthousiasme pour mieux relever le défi qu'une maîtrise représente.

Je remercie Jean-François Hélie, Jennifer McKay, Agnieszka Adamowicz et Julie Leduc pour leur aide dans les analyses isotopiques. Je tiens à remercier Raymond Mineau et Raynald Lapointe pour leur aide dans les opérations de microscopie électronique à balayage.

Je remercie les étudiants et le personnel du GEOTOP pour leur gentille collaboration. Je remercie spécialement Sophie Bonnet (ma p'tite nounouille) et Marie Lefèvre pour les bons moments partagés, leurs bonnes suggestions et leur sincère amitié. Je remercie aussi Denisa Mirica-Parvete, Josée Savard, Diane Brabant, Chantal Gosselin et Micheline Lacroix pour leur appui permanent.

Enfin, je remercie mes parents, Abel et Ricardina et mes enfants, Rodrigo et Francisco pour leur encouragement et surtout ma femme et meilleure amie, Karla, pour l'amour et soutien permanent qui m'ont permis de me consacrer à la rédaction de ce mémoire. Ce travail leur est dédié.

TABLE DE MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
RÉSUMÉ.....	vii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I	
CONTEXTE OCÉANOGRAPHIQUE DE LA MER DU LABRADOR.....	4
1.1 Masses d'eau et circulation océanique profonde.....	4
1.2 Productivité primaire.....	8
1.3 Sédimentologie.....	8
CHAPITRE II	
MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	10
2.1 Échantillonnage.....	10
2.2 Traitement des échantillons pour l'analyse des assemblages de foraminifères.....	14
2.3 Dénombrement des populations de foraminifères.....	15
2.4. Analyses multivariées.....	15
2.5. Analyses isotopiques.....	19
CHAPITRE III	
SYSTÉMATIQUE DES FORAMINIFÈRES BENTHIQUES.....	20
PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES.....	76
CHAPITRE IV	
ASSEMBLAGES DE FORAMINIFÈRES BENTHIQUES.....	111
4.1. Composition isotopique des foraminifères.....	111
4.2. Les assemblages de foraminifères benthiques.....	113

4.2.1. Estimation de l'effet de la taille de maille au tamisage des échantillons.....	113
4.2.2. Concentrations et abondances relatives	114
4.2.3. Comparaison entre Orphan Knoll et Eirik Ridge.....	116
4.2.4. Résultats des analyses par regroupements.....	117
CHAPITRE V	
DISCUSSION SUR LES ASSOCIATIONS DE FORAMINIFÈRES BENTHIQUES.....	120
5.1. Reconstitutions paléoenvironnementales du stade isotopique 5e.....	120
5.2. Comparaison entre les assemblages du stade isotopique 5e et de l'Holocène.....	122
CONCLUSION.....	124
ANNEXE I	
Échantillons additionnels du site d'Orphan Knoll.	127
ANNEXE II	
Dénombrement des foraminifères benthiques des échantillons additionnels du site d'Orphan Knoll.....	128
ANNEXE III	
Comparaison des assemblages de foraminifères dans les fractions >106 µm et 125 µm...	130
RÉFÉRENCES.....	131

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
1.1	Circulation océanique profonde et localisation des sites étudiés.....3
1.2	Profils de température et de salinité dans la colonne d'eau aux sites étudiés.....5
1.3	Profils de température et de salinité à travers la Mer du Labrador.....7
4.1	Composition isotopique ($\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$) des foraminifères.....112
4.2	Pourcentages des espèces de foraminifères benthiques.....115
5.1	Résultats des analyses de regroupements.....119

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
2.1 Liste des échantillons du site d'Orphan Knoll.....	11
2.2 Liste des échantillons du site d'Eirik Ridge.....	12
2.3 Composition isotopique ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{18}\text{O}$) des foraminifères benthiques.....	13
2.4 Dénombrement des foraminifères benthiques d'Orphan Knoll.....	17
2.5 Dénombrement des foraminifères benthiques d'Eirik Ridge.....	18

RÉSUMÉ

Les assemblages de foraminifères benthiques du dernier interglaciaire (stade isotopique 5e) de carottes de forage d'Orphan Knoll (50.17°N, 45.64°W; 3563 m) et d'Eirik Ridge (58.21°N, 48.37°W; 3380 m) ont été analysés pour retracer les conditions environnementales du fond marin à environ 3400 m de profondeur dans le nord-ouest de l'Atlantique Nord et la Mer du Labrador. Cette étude inclut une étude systématique dans laquelle 96 espèces de foraminifères benthiques sont identifiées, décrites et illustrées. Des analyses de regroupement ont permis de définir des assemblages. Ceux-ci s'avèrent très différents aux deux sites étudiés malgré une bathymétrie semblable.

À la base des deux séquences, un intervalle qui coïnciderait avec l'événement Heinrich 11 (H11) est marqué par des assemblages de foraminifères benthiques dominés par *Uvigerina peregrina* à Orphan Knoll et *Stainforthia concava* à Eirik Ridge. Ceux-ci suggèrent la présence de masses d'eau pauvres en oxygène dissous et un environnement d'eaux très froides.

Pendant une grande partie du stade isotopique 5e, la dominance d'*Epistominella exigua* dans les assemblages du site d'Orphan Knoll suggère une saisonnalité de la productivité assez prononcée, mais des conditions sans doute peu différentes de celles de l'actuel dans le milieu profond. Au site d'Eirik Ridge, les assemblages du dernier interglaciaire sont dominés par *P. bulloides* ce qui correspond à un environnement sans analogue dans les milieux profonds et suggère un apport continu de matière organique associé à une faible saisonnalité.

Les différences entre les conditions benthiques au site d'Orphan Knoll et celle d'Eirik Ridge se traduisent par des assemblages de foraminifères benthiques distincts et des compositions isotopiques de *Fontbotia wuellerstorfi* également différentes qui mettent en évidence le régionalisme des masses d'eaux profondes dans la Mer du Labrador et l'Atlantique du Nord-Ouest. Ces différences suggèrent que l'interglaciaire présent est très différent à celui de l'épisode isotopique 5e en ce qui concerne la circulation profonde.

Mots clés : Foraminifères, Paléocéanographie, Paléoécologie, Mer du Labrador, Atlantique Nord.

INTRODUCTION

La Mer du Labrador est actuellement un site de formation d'eaux intermédiaire à profonde (e.g. McCartney, 1992; Bower *et al.*, 2009) et joue ainsi un rôle important dans la circulation thermohaline globale (e.g. Broecker et Denton, 1989). En effet, la formation des eaux intermédiaires dans la Mer du Labrador (*Labrador Sea Water* - LSW) et des eaux profondes dans l'Atlantique Nord (*North Atlantic Deep Water* - NADW) intervient dans la ventilation des océans du globe. Pendant le dernier cycle glaciaire-interglaciaire, le bassin de la Mer de Labrador a été le siège de changements importants pour ce qui concerne la circulation, la formation des eaux profondes, la productivité de surface, et le régime sédimentaire (e.g. Hillaire-Marcel *et al.*, 1994, 2001; Fagel, 2004). L'étude de ces changements a été abordée à partir de plusieurs traceurs tels les dinokystes et les isotopes stables de l'oxygène et du carbone dans les foraminifères (e.g. de Vernal *et al.*, 2006; Hillaire-Marcel *et al.*, 2001; Hillaire-Marcel *et al.*, 2011). Les assemblages de foraminifères benthiques ont permis aussi la reconstruction des changements dans la formation des masses d'eau profondes de la Mer du Labrador (Bilodeau, 1994; Bilodeau *et al.*, 1994). Par exemple, les assemblages dominés par *Epistominella exigua* (= *Pulvinulina exigua* Brady, 1884) illustrent une influence dominante de l'eau profonde de l'Atlantique du Nord-Est pendant le début de l'Holocène, alors que les assemblages dominés par *Fontbotia wuellerstorfi* (= *Anomalina wuellerstorfi* Schwager, 1881) illustrent l'influence de l'eau profonde formée dans l'Atlantique du Nord-Ouest depuis environ 5500 ans (Bilodeau *et al.*, 1994).

Dans cette étude, l'analyse des assemblages de foraminifères benthiques a été réalisée afin de mieux comprendre les conditions benthiques et les propriétés des masses d'eau profonde pendant le dernier interglaciaire qui correspond au sous-stade isotopique 5e (128-116 ka; Lisiecki et Raymo, 2005) et qui présente des différences océanographiques importantes par rapport à celles du présent interglaciaire (Hillaire-Marcel *et al.*, 2011; Bilodeau *et al.*, 1994). Des carottes sédimentaires prélevées à deux sites dans le bassin de la Mer de Labrador ont été analysées: les carottes du site IODP 1302, sur les flancs d'Orphan Knoll au large de Terre Neuve et la carotte HU-90-013P, prélevée sur Eirik Ridge au sud-

ouest du Groenland (Figure 1.1). Ces deux sites sont baignés par les courants profonds qui entrent dans le bassin interne de la Mer du Labrador à Eirik Ridge et qui sortent du bassin externe de la Mer du Labrador à Orphan Knoll (Figure 1.1). Les taxons de foraminifères benthiques ont fait l'objet de comptages pour quantifier la diversité et la composition des assemblages et aussi pour évaluer qualitativement les conditions du milieu benthique incluant le niveau d'oxygénation et le régime du flux de matière organique vers le milieu benthique. Des analyses multivariées (analyses par regroupements) ont été utilisées pour définir une écostratigraphie basée sur les assemblages. Nos données apportent des informations complémentaires à celles de la composition isotopique de l'oxygène et du carbone dans les tests de *Fontbotia wuellerstorfi* et d'*Uvigerina peregrina* Cushman, 1923 (cf. Hillaire Marcel *et al.*, 2001, 2011).

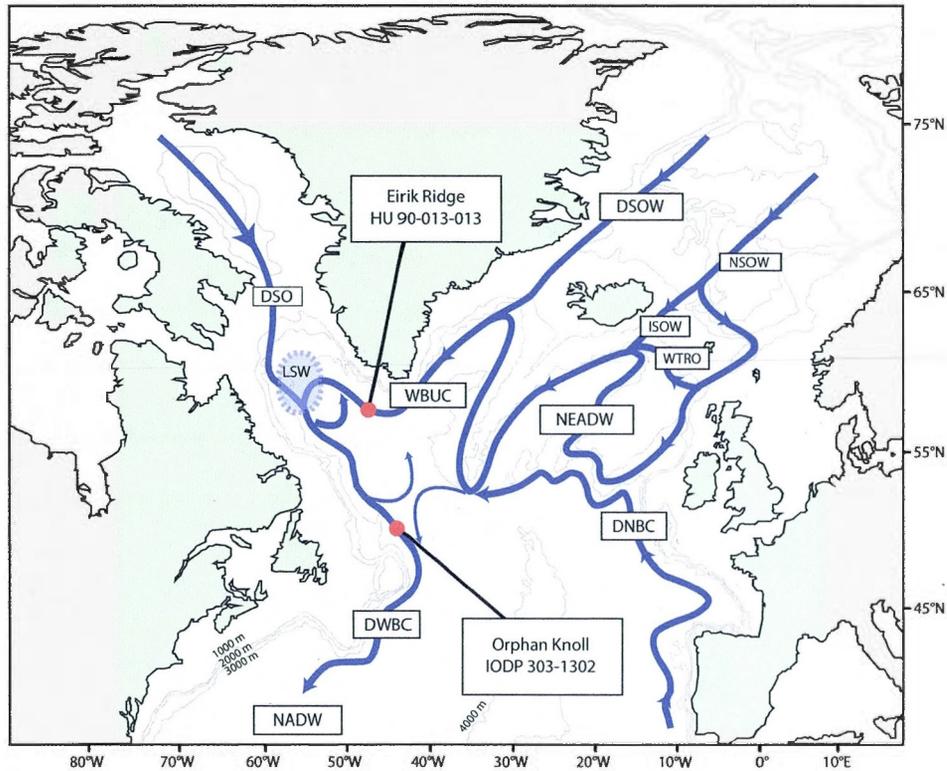


Figure 1.1 Circulation océanique profonde et localisation des sites étudiés. Les différentes composantes de la circulation profonde de l'Atlantique nord sont tracées en bleu avec des flèches tels que décrites par Hillaire-Marcel *et al.* (2011) et McCartney (1992). Les acronymes en anglais sont les suivants: DSO = *Davis Strait Overflow*, LSW = *Labrador Sea Water*, WBUC = *Western Boundary Undercurrent*, DSO = *Denmark Strait Overflow Water*, NSOW = *Norwegian Sea Overflow Water*, ISOW = *Iceland-Scotland Overflow Water*, WTRO = *Wyville-Thompson Ridge Overflow*, NEADW = *North East Atlantic Deep Water*, DNBC = *Deep North Boundary Current*, DWBC = *Deep Western Boundary Current* et NADW = *North Atlantic Deep Water*. Les deux sites étudiés (IODP-1302 à Orphan Knoll; 45.64°W, 50.17°N à 3563 m de profondeur et HU-90-013-013P à Eirik Ridge; 48.37°W, 58.21°N à 3380 m de profondeur) sont indiqués par des points rouges. Les isobathes correspondent à des profondeurs de 1000, 2000, 3000 et 4000 m. La zone en bleu correspondrait au site de formation d'eau de la LSW.

CHAPITRE I

CONTEXTE OCÉANOGRAPHIQUE DE LA MER DU LABRADOR

1.1 Masses d'eau et circulation océanique profonde

Plusieurs masses d'eau profondes sont distinguées dans la Mer du Labrador (Figures 1.2 et 1.3; Antonov *et al.*, 2006; Locarnini *et al.*, 2006). La plus profonde s'étend au-delà de 3000 mètres de profondeur au centre du bassin et à plus de 2600 m sur les marges du bassin. Elle est fortement influencée par le débordement de l'eau profonde issue des mers nordiques via le détroit de Danemark (*Denmark Strait Overflow Water* – DSOW). La DSOW est formée d'eaux très froides avec une salinité de l'ordre de 34,85, des températures comprises entre 1,5°C et 2,6°C et une densité supérieure à 27,84. Au-dessus de la DSOW, on distingue une eau profonde comprise entre 1100 m et le sommet de la DSOW. Sa température varie entre 2,6°C et 3,3°C, sa salinité est légèrement plus élevée que celle de la DSOW ($34,85 < S < 34,92$) et sa densité varie entre 27,77 et 27,83. La NEADW peut être subdivisée en deux sous-unités: la NEADW1, entre 1700 et 2200 m de profondeur, qui est caractérisée par un maximum de température ($\approx 3,3^\circ\text{C}$) et la NEADW2 plus froide, occupant la tranche d'eau entre 2000 et 3200 m de profondeur (Lucotte et Hillaire-Marcel, 1994). Enfin, au-dessus de la NEADW s'étend une masse d'eau qui se forme par convection dans la Mer du Labrador (*Labrador Sea Water* - LSW). Cette masse d'eau se caractérise par une température de 3,5°C, une salinité de $34,8 \pm 0,02$ et une densité de 27,75. La LSW, la NEADW et la DSOW contribuent à alimenter les eaux profondes de l'Atlantique Nord (*North Atlantic Deep Water* – NADW). Dans la Mer du Labrador les eaux de surface sont influencées d'une part par la branche occidentale de la dérive nord atlantique (*North Atlantic Drift* - NAD) dont les températures sont supérieures à 4°C et d'autre part par les courants est et ouest groenlandais et du Labrador plus au nord avec des températures inférieures à 3°C (Figures 1.2 et 1.3).

Aux sites étudiés (Orphan Knoll et Eirik Ridge), les masses d'eaux de surface présentent des variations saisonnières avec des valeurs hivernales et estivales de température et de salinité de l'ordre de $\sim 6^\circ\text{C}$ à $\sim 14^\circ\text{C}$ et de $\sim 34,1$ à $\sim 34,7$ respectivement. Ces variations

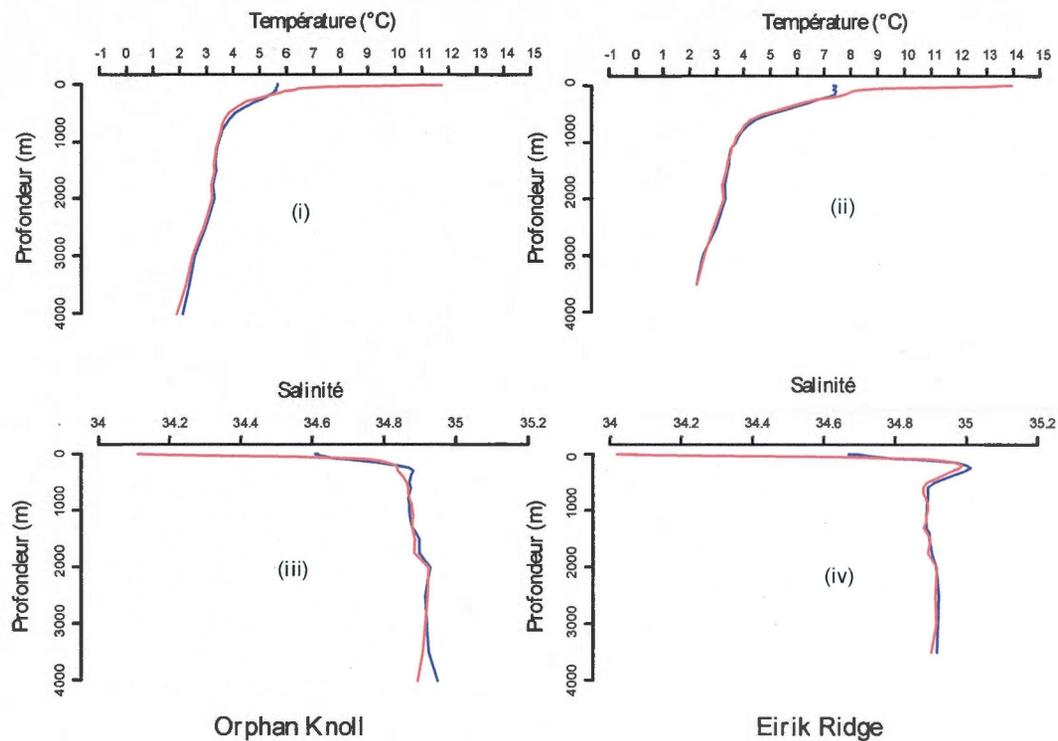


Figure 1.2 Profils de Température et de salinité dans la colonne d'eau aux sites étudiés. Les données proviennent du World Ocean Atlas 2005 et sont une compilation des mesures réalisées depuis 1900 (Locarnini et al., 2006; Antonov et al., 2006). Les lignes rouges correspondent aux valeurs d'été (juillet, août, septembre) et les lignes bleues aux valeurs d'hiver (janvier, février, mars).

saisonniers sont atténuées sous la thermocline à partir des profondeurs supérieures à 200 m. À environ 3500 m de profondeur, sur le site de Orphan Knoll la température moyenne est de 2,5°C et la salinité moyenne est de 34,9 et sur le site d'Eirik Ridge la température moyenne est de 2°C et la salinité moyenne est de 35,0 (Locarnini *et al.*, 2006; Antonov *et al.*, 2006) (Figures 1.2 et 1.3).

Le grand mouvement cyclonique dans lequel sont entraînées les trois grandes masses d'eau présentes dans l'Atlantique Nord (LSW, NEADW et DSOW), est caractérisé par un champ de vitesses très variable (Lucotte et Hillaire-Marcel, 1994). L'intensité de ce mouvement cyclonique est corrélée positivement à l'oscillation nord Atlantique (*North Atlantic Oscillation* - NAO; e.g. Sarafanov, 2009; Kieke *et al.*, 2009). Les endroits où l'intensité de ce mouvement océanique atteint un maximum sont bien localisés et constituent le cœur des courants côtiers profonds, c'est-à-dire le courant profond côtier du Nord (*Deep North Boundary Current* - DNBC) et le courant profond côtier de l'Ouest (*Western Boundary Under Current* - WBUC) dont la vitesse maximale est atteinte entre 2800 et 3400 mètres de profondeur (Mc Cartney, 1992; Fagel et Hillaire-Marcel, 2006). Le DNBC commence au sud du Chenal de Rockall vers le nord-est avec un transport de $1,9 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ d'eaux riches en nutriments et dont la température moyenne est de 2,2°C. Vers l'ouest le DNBC contourne l'extrémité sud de Groenland à environ 2800 m de profondeur (McCartney, 1992) où il se combine à la DSOW avec un transport de $3 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Lacan et Jeandel, 2005), pour contribuer au WBUC, qui circule vers le sud-ouest au large du Labrador à environ 2900 m de profondeur. Dans son trajet, le DNBC est influencé par les eaux de débordement des mers nordiques, qui sont plus riches en oxygène et plus salines (DSOW, *Norwegian Sea Overflow Water* - NSOW, *Iceland-Scotland Overflow Water* - ISOW et *Wyville-Thompson Ridge Overflow* - WTRO). Finalement, le WBUC contribue au Courant Profond Côtier de l'Ouest, le *Deep Western Boundary Current* - DWBC, influencé par les eaux formées au bassin du Labrador qui forment le NADW (Figure 1.1).

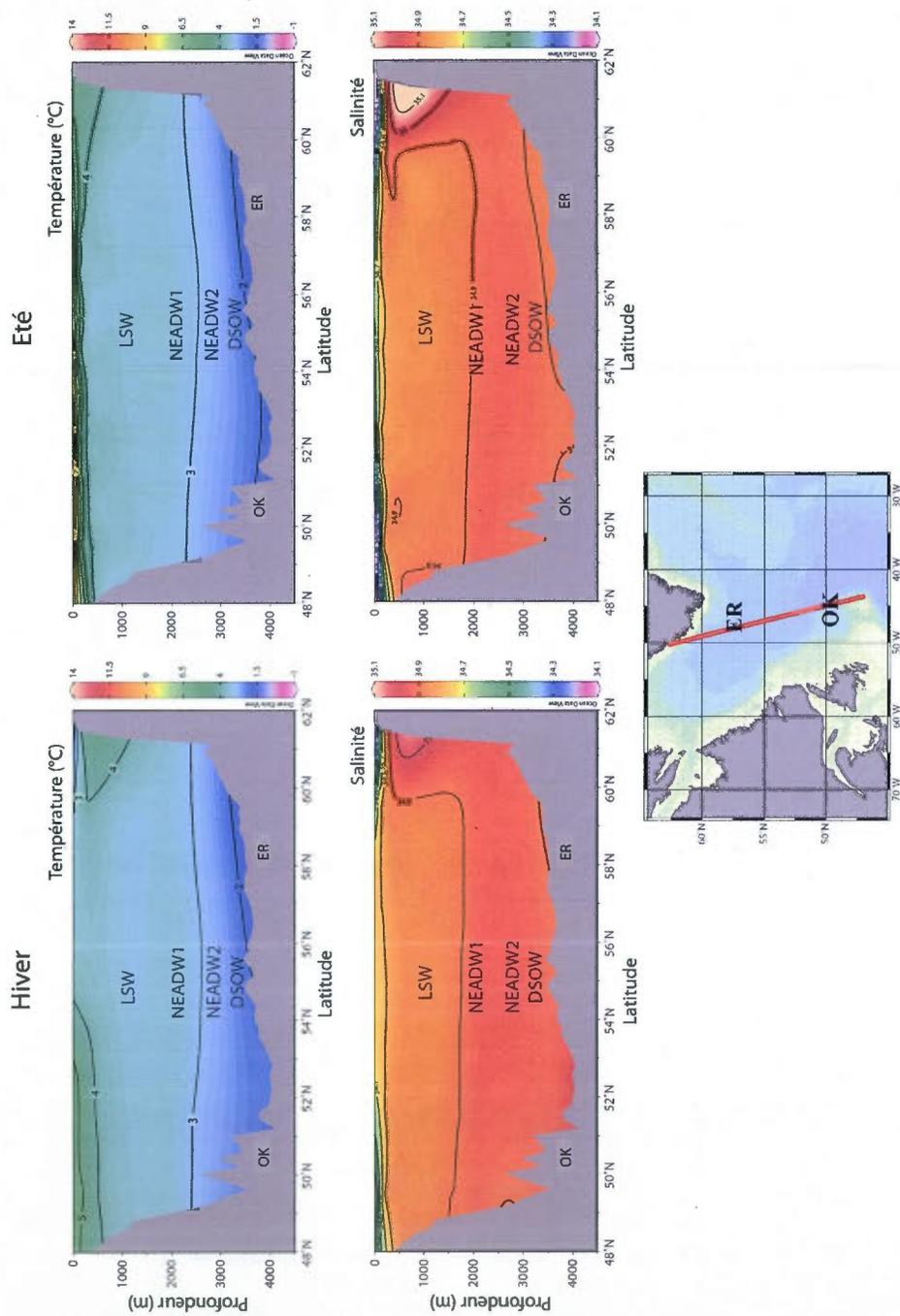


Figure 1.3 Profils de température et de salinité à travers la Mer du Labrador selon une orientation Sud-Nord, tels qu'illustrés dans le panneau inférieur. Les données proviennent du World Ocean Atlas 2005 (Locarnini *et al.*, 2006; Antonov *et al.*, 2006). OK = Orphan Knoll et ER = Eirik Ridge. Les masses d'eau sont indiquées par des acronymes en anglais (LSW=Labrador Sea Water; NEADW=North Eastern Atlantic Deep Water; DSOW=Denmark Sea Overflow Water). La carte de la partie inférieure montre la position géographique du profil qui passe par les deux sites étudiés (IODP-1302 à Orphan Knoll et HU-90-013-013P à Eirik Ridge).

1.2 Productivité primaire

La zone étudiée constitue une zone de transition entre le Gulf Stream et les apports d'eaux arctiques via l'Arctique canadien et le détroit de Fram. Cette zone de transition se singularise par une très forte saisonnalité.

Selon les données de productivité générées par le modèle de Behrenfeld et Falkowski (1997) utilisant des données satellitaires de la chlorophylle du programme SeaWiFS des années 1998-1999 (cf. http://marine.rutgers.edu/opp/swf/Production/results/all2_swf.html), la Mer du Labrador se caractérise par une productivité primaire faible à modérée, inférieure à $200 \text{ g C m}^{-2} \text{ an}^{-1}$. La production primaire de la Mer du Labrador peut atteindre 100 g C m^{-2} pendant l'été (juillet, août, septembre) alors qu'elle est inférieure à 25 g C m^{-2} pendant l'hiver (février, mars, avril).

Au site d'Eirik Ridge la production primaire annuelle est inférieure à 180 g C m^{-2} avec une production primaire mensuelle de $\sim 30 \text{ g C m}^{-2}$ en été et de $\sim 4 \text{ g C m}^{-2}$ en hiver. Au site d'Orphan Knoll, la production annuelle est estimée entre 200 et 250 g C m^{-2} avec une production primaire mensuelle de $\sim 45 \text{ g C m}^{-2}$ en été et de $\sim 7 \text{ g C m}^{-2}$ en hiver. Ces données de productivité sont comparables à celles fournies par les programmes CZCS (*Coastal Zone Color Scanner*) et MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) (cf. Radi et de Vernal, 2008).

1.3 Sédimentologie

Les sédiments du bassin de la Mer du Labrador sont composés de boues hémipélagiques plus ou moins riches en fragments lithiques apportés par les icebergs (*Ice Rafted Detritus* – IRD; e.g. Hesse and Khodabakhsh, 1998). En effet, un phénomène qui marque la paléocéanographie de la Mer du Labrador c'est la présence d'intervalles assez courts (~ 1000 ans) avec la formation massive d'icebergs, IRD et d'eau de fonte connus comme les événements Heinrich (e.g. Hemming, 2004). La composante détritique des sédiments fins (argiles et silts), serait due en partie au système de courants issus des chenaux

sous-marins, notamment le *North Atlantic Mid Ocean Channel* (NAMOC) et par les courants de contour, notamment le WBUC (Hesse *et al.*, 1987). Aux sites étudiés, le taux de sédimentation a été estimé être d'environ 10-15 cm/ka (Wu et Hillaire-Marcel, 1994; Hillaire-Marcel *et al.*, 1994).

CHAPITRE II

MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Échantillonnage

Au site d'Orphan Knoll, les échantillons ont été prélevés au Site 1302 lors de l'expédition de l'*Integrated Ocean Drilling Program* (IODP) 303 en 2004 (50°9.99'N, 45°38.29'W; 3563 m de profondeur). Au site d'Eirik Ridge la carotte a été prélevée à bord du navire de recherche CSS-Hudson en 1990 lors de la mission HU-90-013 (carotte 013P; 58°12.59'N, 48.22.40'W; 3380 m de profondeur; Tableaux 2.1 et 2.2).

La section qui correspond à l'optimum climatique du dernier interglaciaire (sous-stade isotopique 5e) a été identifiée à partir des données isotopiques $\delta^{18}\text{O}$ de foraminifères et par corrélation avec la stratigraphie isotopique de référence de Lisiecki et Raymo (2005). Les données isotopiques issues des foraminifères planctoniques appartenant à l'espèce *Neogloboquadrina pachyderma* ($\delta^{18}\text{O}_{Npl}$) ont été empruntées à la base de données du GEOTOP (<http://www.geotop.ca>). Les données isotopiques du site d'Eirik Ridge et d'Orphan Knoll ont été publiées par Hillaire-Marcel *et al.* (1994, 2001, 2011). Ces données ont permis de définir non seulement l'intervalle correspondant au sous-stade isotopique 5e mais aussi l'événement de Heinrich 11 qui marque la transition glaciaire-interglaciaire (cf. Hillaire-Marcel *et al.*, 2011)

Au site d'Orphan Knoll, la composition isotopique des foraminifères benthiques ($\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{O}$) est issue d'échantillons comprenant de 6 à 12 spécimens de *Fontbotia wuellerstorfi* (= *Anomalina wuellerstorfi* Schwager, 1881) de dimension comprise entre 150 et 250 μm . Un total de 37 échantillons ont été prélevés selon un pas d'échantillonnage d'environ 5 cm. Dans sept échantillons, les spécimens d'*U. peregrina* Cushman, 1923 ont également permis des analyses isotopiques. Les résultats sont reportés dans le Tableau 2.3.

Tableau 2.1 Échantillons du site d'Orphan Knoll

Site	Trou	Carotte	Section	Intervalle (cm)	Profondeur moyenne (m)	Volume (cm ³)	Poids sec (g)
IODP 1302	C	2	4	146	19,52	5	5,2055
IODP 1302	C	2	5	11	19,67	5	3,7498
IODP 1302	C	2	5	46	20,02	5	4,4377
IODP 1302	C	2	5	101	20,57	5	3,9537
IODP 1302	C	2	6	6	21,12	5	6,4260
IODP 1302	C	2	6	61	21,67	5	5,4634
IODP 1302	C	2	6	86	21,92	5	5,2296
IODP 1302	B	2	3	6	22,20	5	5,2077
IODP 1302	B	2	3	61	22,75	5	6,1658
IODP 1302	B	2	3	96	23,10	5	8,7043
IODP 1302	B	2	3	111	23,25	5	4,2628

Liste des échantillons qui ont fait l'objet d'analyse des populations de foraminifères dans le cadre de cette étude. La profondeur moyenne représente la profondeur de la série composite établie avec partie des forages dans les trous 1302A à 1302E du site IODP-1302.

Tableau 2.2 Échantillons du site d'Eirik Ridge

Carotte	Intervalle (cm)	Profondeur moyenne (cm)	Volume (cm ³)	Poids sec (g)
HU-90-013-013P	12,36 12,38	12,37	8,5	5,1404
HU-90-013-013P	12,46 12,48	12,47	8	4,8253
HU-90-013-013P	12,56 12,58	12,57	8	5,7649
HU-90-013-013P	12,86 12,88	12,87	5	9,9496
HU-90-013-013P	13,16 13,18	13,17	7	5,5350
HU-90-013-013P	13,46 13,48	13,47	7	5,9854
HU-90-013-013P	13,76 13,78	13,77	6	4,8012
HU-90-013-013P	14,06 14,08	14,07	7	5,8534
HU-90-013-013P	14,36 14,38	14,37	6,5	5,4329
HU-90-013-013P	14,46 14,48	14,47	3	2,0333
HU-90-013-013P	14,56 14,58	14,57	4,25	3,1351

Liste des échantillons de la carotte HU-90-013-013P du site d'Eirik Ridge qui ont fait l'objet d'analyse dans le cadre de cette étude.

Tableau 2.3 Résultats de l'analyse isotopique ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{18}\text{O}$)

Site	Trou	Carotte	Section	Intervalle (cm)		Profondeur moyenne (cm)	<i>F. wuellerstorfi</i>		<i>U. peregrina</i>	
							$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}$
1302	C	2	4	146	148	19,52	0,84	3,64		
1302	C	2	5	1	3	19,57			-0,20	4,20
1302	C	2	5	91	93	20,47	0,88	3,36		
1302	C	2	5	101	103	20,57	0,7	3,58		
1302	C	2	5	111	113	20,67	0,4	3,35		
1302	C	2	5	116	118	20,72	0,77	3,37		
1302	C	2	5	121	123	20,77	0,86	3,33		
1302	C	2	5	126	128	20,82	0,74	3,27		
1302	C	2	5	131	133	20,87	0,81	3,37		
1302	C	2	5	136	138	20,92	0,42	3,38		
1302	C	2	5	146	148	21,02	0,65	3,36		
1302	C	2	6	1	3	21,07	0,32	3,31		
1302	C	2	6	6	8	21,12	0,59	3,35		
1302	C	2	6	11	13	21,17	0,39	3,23		
1302	C	2	6	16	18	21,22	0,57	3,37		
1302	C	2	6	46	48	21,52	0,48	3,31		
1302	C	2	6	56	58	21,62	0,41	3,15		
1302	C	2	6	61	63	21,67	0,55	3,27		
1302	C	2	6	66	68	21,72	0,38	3,26		
1302	C	2	6	71	73	21,77	0,50	3,31		
1302	C	2	6	76	78	21,82	0,74	3,13		
1302	C	2	6	81	83	21,87	0,61	3,11		
1302	C	2	6	86	88	21,92	0,59	3,03		
1302	B	2	3	1	3	22,15	0,22	3,05		
1302	B	2	3	6	8	22,20	0,57	3,4		
1302	B	2	3	16	18	22,30	0,22	3,05		
1302	B	2	3	51	53	22,65	0,55	3,38		
1302	B	2	3	56	58	22,70	0,48	3,31		
1302	B	2	3	61	63	22,75	0,48	3,31		
1302	B	2	3	66	68	22,80	0,67	3,5		
1302	B	2	3	77	79	22,91	1,04	3,87		
1302	B	2	3	86	88	23,00			1,67	3,86
1302	B	2	3	91	93	23,05			1,92	4,11
1302	B	2	3	96	98	23,10			1,90	4,09
1302	B	2	3	101	103	23,15			1,91	4,1
1302	B	2	3	106	108	23,20			2,03	4,22
1302	B	2	3	111	113	23,25			1,74	3,93

Composition isotopique ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{18}\text{O}$) des foraminifères benthiques *Fontbotia wuellerstorfi* (= *Anomalina wuellerstorfi* Schwager, 1881) et *Uvigerina peregrina* dans les échantillons du site d'Orphan Knoll. Il est à noter que les valeurs isotopiques de *F. wuellerstorfi* ont été corrigées pour l'effet de fractionnement spécifique (+0.64‰).

Au site d'Orphan Knoll (IODP 1302), l'analyse des assemblages de foraminifères benthiques a été réalisée dans 11 échantillons selon un pas d'échantillonnage de 10 à 50 cm dans la section composite comprise entre 19,52 m et 23,25 m.

Au site d'Eirik Ridge (HU-90-013-013P), l'analyse des assemblages de foraminifères benthiques a été réalisée dans 11 échantillons selon un pas d'échantillonnage de 10 et 30 cm dans la section comprise entre 12,37 m et 14,57 m.

2.2 Traitement des échantillons pour l'analyse des assemblages de foraminifères

Pour chaque échantillon du Site IODP-1302, 5 cm³ de sédiment humide ont été séparés par déplacement d'eau (défloculation) dans un tube gradué. L'échantillon a été ensuite tamisé avec de l'eau afin de recueillir la fraction supérieure à 106 µm. Les échantillons du site d'Eirik Ridge ont été tamisés par Bilodeau (1994) de la même façon mais sur tamis de maille granulométrique de 125 µm. Les foraminifères benthiques ont été séparés manuellement à partir d'observations à la loupe binoculaire. Les foraminifères benthiques du site d'Orphan Knoll proviennent de la fraction supérieure à 106 µm et ceux du site d'Eirik Ridge proviennent de la fraction supérieure à 125 µm.

En raison de leur taille, certaines espèces de petite dimension telles *Epistominella exigua*, *Alabaminella weddellensis* et *Stainforthia* spp., pourraient ne pas être représentées de la même façon selon la dimension de la maille des tamis qui ont servis à extraire les assemblages du sédiment (Gooday et Alve, 2001; Cornelius et Gooday, 2004 ; Schroder *et al.*, 1987). Pour estimer l'effet de la différence de la maille des tamis utilisés lors de la préparation des échantillons d'Orphan Knoll (106 µm) et d'Eirik Ridge (125 µm), on a sélectionné cinq échantillons de la section correspondante au dernier interglaciaire du Site IODP 1302 en séparant les fractions granulométriques >106 µm et >125 µm (Annexes I et II). Les pourcentages des espèces séparées dans chacune des deux fractions et les concentrations totales de foraminifères benthiques ont été comparés pour vérifier quel est le biais éventuel dans la représentation de certaines espèces dû aux différences dans la taille

des mailles des tamis (Annexe III). Les résultats tendent à démontrer que le biais est minime (voir section 4.2.1).

2.3 Dénombrement des populations de foraminifères

Des observations à la loupe binoculaire (grossissement de 40x) ont été réalisées pour identifier et dénombrer les foraminifères aux fins d'étude des populations de foraminifères benthiques. Dans un premier temps, nous avons prélevé et placé la totalité des spécimens (1459 dans les échantillons d'Orphan Knoll et 911 dans ceux d'Eirik Ridge) sur des lames pré encollées. Des spécimens de certains morphotypes ont été sélectionnés pour observation au microscope électronique à balayage (MEB). La détermination taxonomique au niveau du genre a été basée sur l'ouvrage de référence de Loeblich et Tappan (1988). Pour les déterminations au niveau de l'espèce, nous avons combiné plusieurs sources bibliographiques (e.g. Cole, 1981, Thomas *et al.*, 1990; Loeblich et Tappan, 1994; Collins *et al.*, 1996), en incluant aussi le catalogue en ligne des foraminifères d'Ellis et Messina (<http://www.micropress.org/em/login.php>). La liste des taxons et les résultats des dénombrements sont reportés dans les Tableaux 2.4 et 2.5.

2.4 Analyses multivariées

L'analyse multivariée utilisée dans cette étude est une analyse hiérarchique par regroupements, dans la modalité UPGMA (*Unweighted Pair-Group Method using arithmetic Averages*) telle que suggérée par Borcard *et al.* (2011). Les valeurs de concentration (nombre de spécimens par cm³) ont été utilisées pour les analyses. Les espèces représentant moins de 3% de la somme totale ont été exclues des traitements quantitatifs pour limiter le nombre de variables (= espèces) par rapport au nombre d'échantillons. Cette opération permet de réduire le nombre de regroupements associés aux taxons rares tout en donnant plus de poids aux taxons qui sont de dominants à fréquents (IOC, 1993; Legendre et Legendre, 1998). Le coefficient de similarité de Bray-Curtis (Bray et Curtis, 1957; Beals, 1984) a été utilisé pour l'analyse des regroupements afin d'identifier les groupes

d'échantillons en tenant compte de la présence/absence et des proportions relatives des espèces. Nous avons établi un seuil de 50% de similarité pour séparer les regroupements.

Tableau 2.4 Dénombrement des foraminifères benthiques d'Orphan Knoll.

Espèces	Profondeur moyenne des échantillons dans la carotte (mètres)										Total
	19,62	19,67	20,02	20,67	21,12	21,67	21,92	22,20	22,76	23,10	
<i>Abditodentrix pseudothalmanni</i>	7	4	12	1	2	0	2	1	0	0	29
<i>Alabaminella weddellensis</i>	3	0	2	3	12	6	2	16	3	0	47
<i>Angulogerina angulosa</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Astrononion gallowayi</i>	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	4
<i>Bolivinelina pseudopunctata</i>	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0	5
<i>Buccella tenerima</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	3
<i>Bulimina aculeata</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Bulimina alazanensis</i>	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	3
<i>Bulimina sp. A</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Cassidulina delicata</i>	0	0	4	14	4	1	0	0	0	0	23
<i>Cassidulina laevigata</i>	0	0	0	2	3	1	0	0	0	0	6
<i>Cassidulina obtusa</i>	0	1	11	16	12	0	3	8	0	0	51
<i>Cassidulina reniforme</i>	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	4
<i>Cassidulina subglobosa</i>	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
<i>Chilostomella oolina</i>	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	4
<i>Cibicides lobatulus</i>	0	0	5	13	14	3	0	10	2	2	50
<i>Cibicides refulgens</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
<i>Cibicides bradyi</i>	0	0	3	1	12	0	2	7	4	7	36
<i>Cibicides cf. bradyi</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Dentalina frobisherensis</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
<i>Dentalina litai</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Elphidium excavatum forma clavata</i>	4	3	3	1	0	0	0	2	0	1	14
<i>Elphidium incertum</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Elphidium subarcticum</i>	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	3
<i>Epistominella exigua</i>	12	16	53	122	31	8	4	35	0	0	261
<i>Fissurina cf. carinata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Fissurina fasciata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Fissurina sp. A</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Fissurina sp. C</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	4
<i>Fissurina sp. D</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2
<i>Fissurina sp. E</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Fontbotia wuellerstorfi</i>	5	6	7	9	11	0	14	1	0	2	55
<i>Francisita advena</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Fursenkoina cf. squamosa</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Gavelinopsis praegeri</i>	0	0	1	0	2	0	0	2	0	0	5
<i>Gavelinopsis sp. A</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Gyroidina orbicularis</i>	1	2	2	15	10	3	2	0	0	0	35
<i>Gyroidina polia</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Gyroidina soldanii</i>	4	2	2	1	2	4	0	4	0	0	19
<i>Hoeglundina elegans</i>	0	0	0	16	9	4	7	9	1	0	46
<i>Hyalinonettion gracilimum</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Ioanella tumidula</i>	0	0	0	4	4	1	0	7	1	0	17
<i>Islandiella helena</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
<i>Islandiella norcrossi</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Karreriella bradyi</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
<i>Karreriella sp. A</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Lagena sp. A</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Lagena sp. B</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Laticarinina pauperata</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Lenticulina angulata</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
<i>Margulinina sp. A</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Melonis barleeianum</i>	6	5	5	4	6	0	1	2	0	0	29
<i>Melonis pompiiloides</i>	0	0	0	22	11	2	0	3	1	0	39
<i>Nummulopyrgo globulus</i>	1	0	0	6	0	0	0	0	0	0	7
<i>Nuttallides umbonifera</i>	0	0	7	11	0	0	2	9	0	0	29
<i>Oolina caudigera</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Oolina parisoana</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Oolina sp. A</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
<i>Oridorsalis tener</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Oridorsalis umbonatus</i>	12	12	6	10	18	3	0	28	1	0	90
<i>Parafissurina arctica</i>	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
<i>Parafissurina fusuliformis</i>	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	4
<i>Parafissurina lateralis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
<i>Parafissurina lateralis forma carinata</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Parafissurina tricarinata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Parafissurina ventricosa</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	2
<i>Procerolagena wiesneri</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Protoglobulimina pupoides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Pullenia bulloides</i>	6	2	32	43	19	5	2	24	0	0	133
<i>Pullenia osloensis</i>	3	8	4	6	15	0	0	1	0	0	37
<i>Pullenia quinqueloba</i>	1	3	0	5	3	0	1	6	0	0	19
<i>Pygmaeoeseiron hispidum</i>	0	3	2	2	0	0	0	0	2	0	9
<i>Pyrgo murrhina</i>	0	1	2	5	0	1	0	3	0	0	12
<i>Pyrgo williamsoni</i>	3	0	3	20	5	1	4	4	0	0	40
<i>Pyrgine paradoxa</i>	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	4
<i>Quinqueloculina arctica</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Quinqueloculina ectypha</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Quinqueloculina seminula</i>	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5
<i>Quinqueloculina sp.</i>	0	0	0	0	0	1	0	7	0	0	8
<i>Quinqueloculina sp. A</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Reophax bacillaris</i>	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	5
<i>Reusoolina sp. A</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Sigmoilopsis schlumbergeri</i>	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	3
<i>Siphotextularia rolshauseni</i>	0	1	9	1	4	3	0	12	0	0	30
<i>Siphovigerina spinescens</i>	0	0	0	0	13	0	0	0	1	0	14
<i>Spiroloculina pusilla</i>	2	2	1	13	4	1	1	0	0	0	24
<i>Stainforthia complanata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Stainforthia concava</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	3
<i>Stainforthia fusiformis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Tappanella arctica</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Tosaia hanzawai</i>	3	0	2	7	11	4	2	15	0	0	44
<i>Triloculina frigida</i>	2	1	2	8	5	0	0	5	0	1	24
<i>Uvigerina hispida</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Uvigerina peregrina</i>	2	0	0	0	2	0	0	0	22	3	18
<i>Vasicostella singulara</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Total	87	79	193	398	264	59	55	244	38	29	1466

La table inclut tous les taxons séparés du point de vue morphologique, mais seulement ceux qui ont été identifiés au niveau d'espèce sont considérés pour l'étude systématique.

Tableau 2.5 Dénombrement des foraminifères benthiques d'Eirik Ridge.

Espèces	Profondeur moyenne des échantillons dans la carotte (mètres)										Total	
	12,37	12,47	12,57	12,87	13,17	13,47	13,77	14,07	14,37	14,47		14,57
<i>Abditodentrix pseudothalmanni</i>	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	4
<i>Alabaminella weddellensis</i>	0	1	0	0	4	3	1	0	0	0	0	9
<i>Angulogerina angulosa</i>	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	6
<i>Angulogerina cf. astoriensis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Astronion gallowayi</i>	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	6
<i>Bolivinelina pseudopunctata</i>	0	0	0	0	1	4	1	0	0	0	0	6
<i>Buccella tenerima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Cassidulina laevigata</i>	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	3
<i>Cassidulina laevigata var. carinata</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cassidulina reniforme</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2
<i>Cassidulina subglobosa</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Chilostomella oolina</i>	2	2	1	0	0	9	6	1	0	0	0	21
<i>Cibicides lobatulus</i>	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3
<i>Cibicoides bradyi</i>	0	0	0	2	2	12	4	1	0	0	1	22
<i>Dentalina frobisherensis</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Dentalina ittai</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>cf. Discorbis columbiensis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Epistominella exigua</i>	0	5	11	10	10	23	0	0	1	0	0	60
<i>Fissurina apiculata</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Fissurina sp. A</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Fissurina sp. B</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
<i>Fontbotia wuellerstorfi</i>	1	0	5	8	22	7	0	1	0	0	0	44
<i>Francesita advena</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Gavelinopsis sp. A</i>	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	5
<i>Glandulina laevigata</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Gyroidina orbicularis</i>	0	0	9	2	8	16	0	0	0	0	0	35
<i>Gyroidina soldanii</i>	0	0	2	1	5	1	0	0	0	0	0	9
<i>Gyroidina umbonata</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
<i>Hoeglundina elegans</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
<i>Hyalinonetrion gracilimum</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
<i>Hyalinonetrion gracilis</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
<i>Ioanella tumidula</i>	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	4
<i>Karrerella bradyi</i>	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
<i>Lenticulina angulata</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Melonis barleeianum</i>	0	4	15	3	13	10	2	1	0	0	0	48
<i>Melonis pompilioides</i>	0	0	8	16	39	21	3	0	0	1	4	92
<i>Nonionella iridea</i>	0	0	0	4	0	3	0	0	0	0	0	7
<i>Nonionella turgida</i>	0	0	1	0	2	3	0	0	0	0	0	6
<i>Nuttalides umbonifera</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	2
<i>Oridorsalis umbonatus</i>	0	1	2	1	3	11	0	1	2	0	0	21
<i>Palliatella palliolata</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
<i>Parafissurina fusuliformis</i>	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	4
<i>Parafissurina lateralis</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Parafissurina sp. C (in Lagoe)</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
<i>Parafissurina tricarinata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Procerolagena wiesneri</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Pullenia bulloides</i>	2	9	22	21	65	60	18	3	4	3	10	217
<i>Pullenia osloensis</i>	3	7	2	8	12	11	4	1	0	0	1	49
<i>Pullenia quinqueloba</i>	0	1	9	1	7	9	2	0	0	1	0	30
<i>Pygmaeosestron hispidum</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
<i>Pyrgo murrhina</i>	0	0	6	1	8	1	0	0	0	0	0	16
<i>Pyrgo williamsoni</i>	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	7
<i>Pytine paradoxa</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Pytine petaloskelis</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2
<i>Quinqueloculina seminula</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Reophax bacillaris</i>	2	0	0	0	2	1	0	0	1	0	0	6
<i>Reussolina cf. stellula</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
<i>Siphotextularia rolshauseni</i>	0	0	4	1	7	7	1	0	0	0	1	21
<i>Spiroloculina pusilla</i>	1	1	4	0	2	2	0	0	0	0	0	10
<i>Stainforthia complanata</i>	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	4
<i>Stainforthia concava</i>	0	0	0	1	1	5	1	0	0	14	8	30
<i>Stainforthia fusiformis</i>	0	0	2	0	1	15	2	0	0	0	0	20
<i>Tosaia hanzawai</i>	0	1	0	1	7	3	0	0	0	0	4	16
<i>Triloculina frigida</i>	0	0	6	4	8	22	1	0	1	0	0	42
<i>Valvulineria arctica</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
Total	11	37	121	94	250	298	50	10	9	20	30	930

La table inclut tous les taxons séparés du point de vue morphologique, mais seulement ceux qui ont été identifiés au niveau d'espèce sont considérés pour l'étude systématique.

2.5 Analyses isotopiques

La composition isotopique de l'oxygène ($\delta^{18}\text{O}$) et du carbone ($\delta^{13}\text{C}$) des tests de *Fontbotia wuellerstorfi* et de *Uvigerina peregrina* Cushman (1923) a été mesurée dans 37 échantillons du site d'Orphan Knoll, entre 19,52 et 23,25 m de profondeur. Les échantillons ont été chauffés à 250°C pendant 2 heures sous vide pour éliminer la matière organique. Environ 80 μg de CaCO_3 ont été introduits dans des fioles à couvercle hermétique et maintenus à 90°C. Trois gouttes de H_3PO_4 à 100% de concentration ont servi à dissoudre le CaCO_3 . Le CO_2 produit a été déshydraté à -80°C et récupéré avec de l'azote liquide à -180°C. Ensuite, le CO_2 a été libéré à -60°C et analysé avec spectromètre de masse IRMS (*Isotope Ratio Mass Spectrometry*) universel MICROMASS ISOPRIME™ à double système d'introduction et triple collecteur. Les résultats sont reportés avec la notation δ en pour mille (‰) par rapport au standard de référence international V-PDB (Vienna-PeeDee Belemnite; Coplen, 1995,1996). L'incertitude analytique totale est estimée à $\pm 0,05\%$ ($\pm 1\sigma$).

La composition isotopique ($\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$) de *Neogloboquadrina pachyderma* dans la fraction granulométrique supérieure à 150 μm à Orphan Knoll et à Eirik Ridge est reportée dans Hillaire-Marcel *et al.* (1994, 2001, 2011). Elle a été déterminée de la façon décrite ci-dessus à partir d'échantillons prélevés à des intervalles de 5 à 10 cm.

CHAPITRE III

SYSTÉMATIQUE DES FORAMINIFÈRES BENTHIQUES

141 taxons ont été répertoriés aux deux sites étudiés (131 au site d'Orphan Knoll et 65 au site d'Eirik Ridge). Parmi ces taxons, 96 ont été identifiés au niveau de l'espèce. Les espèces identifiées se distribuent en 17 superfamilles, 33 familles et 56 genres. 46 espèces sont communes aux deux sites. La classification utilisée est celle de Loeblich et Tappan (1988) jusqu'au niveau des genres. Pour la nomenclature au niveau de l'espèce, on a utilisé principalement les descriptions originales du catalogue Ellis et Messina (<http://www.micropress.org/em/login.php>). La liste est présentée par ordre alphabétique des superfamilles. Les dimensions constituent les moyennes des spécimens mesurés. Ce chapitre est suivi de 17 planches-photos qui illustrent les 96 espèces identifiées.

Super-famille Asterigerinacea d'Orbigny, 1839

Famille Epistomariidae Hofker, 1954

Sous-famille Nuttallidinae Saidova, 1981

Genre *Nuttalides* Finlay, 1939

Nuttalides umbonifera (Cushman, 1933)

Planche 11, Numéros 4, 5 et 6

Nom original: *Pulvinulina umbonifera* Cushman, 1933 = *Pseudoparrella? rugosa* Phleger et Parker, 1951

Description: Test lenticulaire, biconvexe, trochospiralé, avec trois tours visibles du côté spiral. Les loges sont larges et basses, incurvées, avec les sutures fortement obliques. Nos spécimens présentent entre six et sept loges du côté ombilical avec des sutures qui se recourbent vers la périphérie. L'ombilic est recouvert d'accumulations irrégulières de calcite. Les spécimens observés présentent les mêmes rugosités à la surface de leur test que le spécimen-type, mais leur périphérie est généralement moins carénée. L'ouverture est assez étroite, ornementée de pustules et munie d'une lèvre.

Dimensions: Longueur = 370 μm , Largeur = 110 μm (n = 3)

Distribution: Cette espèce a été signalée à des profondeurs supérieures à 3500 m. Elle est associée aux eaux profondes antarctiques (*Antarctic Bottom Water*; AABW) par Bilodeau *et al.* (1994).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48.

Super-famille Bolivinivacea Glaessner, 1937

Famille Bolivinidae Glaessner, 1937

Genre *Bolivinellina* Saidova, 1975

Bolivinellina pseudopunctata (Höglund, 1947)

Planche 1, Numéros 11, 12 et 13

Nom original: *Bolivina pseudopunctata* Höglund, 1947

Description: Le test est allongé, étroit et ovale en coupe transversale. Les loges sont étroites, moins élevées que larges, légèrement gonflées et ont un arrangement bisérié. Les sutures sont obliques et un peu déprimées. Nos spécimens ont une loge finale légèrement plus longue que celui du spécimen-type. Cette espèce est maintenant attribuée au genre *Bolivinellina* en se basant sur le fait que les pores se présentent seulement dans la moitié proximale de chaque loge et sont plus gros près des sutures. La plupart de nos spécimens sont mégalosphériques, c'est à dire avec la première loge (proloculus) bien développée par rapport au reste du test.

Dimensions: Longueur = 330 µm, Largeur = 100 µm (n = 3)

Distribution: Cette espèce est associée aux environnements pauvres en oxygène et elle est très largement mentionnée en Amérique du Nord, souvent comme *Bolivina pacifica* (e.g., Murray, 2000). *Bolivinellina pseudopunctata* a été recensée dans les eaux côtières européennes, de la Mer Méditerranée à la Mer de Norvège. Elle constitue souvent un taxon accompagnateur de *Stainforthia fusiformis* dans les fjords de la Suède et de la Norvège (Alve et Golstein, 2010).

Échantillons: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 101-103. Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1346-1348 cm.

Super-famille Bolivinitacea Cushman, 1927

Famille Bolivinitidae Cushman, 1927

Genre *Abditodentrix* Patterson, 1985

Abditodentrix pseudothalmanni (Boltovskoy et Giussani de Kahn, 1981)

Planche 1, Numéros 1 et 2

- Nom original:** Bien que Patterson (1985) présente *Abditodentrix asketocomptella* comme nouvelle espèce, il faut signaler qu'elle a déjà été décrite comme *Bolivinita pseudothalmanni* par Boltovskoy et Giussani de Kahn. (1981). En effet, les spécimens du Musée Argentin de Sciences Naturelles «Bernardino Rivadavia» à Buenos aires (Argentine) étudiés par ces deux derniers auteurs, sont similaires à ceux présentés par Patterson (1985). Par ailleurs, les échantillons collectés par Boltovskoy et Giussani de Khan (1981) d'une part, et Patterson (1985) d'autre part, proviennent tous de l'Atlantique du sud-ouest.
- Description:** Test allongé en forme de losange avec les côtés aplatis. Arrangement bisérié des loges. Les dernières loges deviennent plus concaves aux deux côtés avec des sutures épaissies et ornées de réticulations. Les marges du test sont dentelées et tronquées, parfois irrégulières. L'ouverture est terminale et elliptique. Nos spécimens sont très typiques et présentent peu de variation de taille. Cette espèce n'est plus considérée comme appartenant au genre *Bolivinita* à cause des réticulations de la surface du test.
- Dimensions:** Longueur = 230 μm , Largeur = 130 μm (n = 3)
- Distribution:** Cette espèce a été recensée sur la plateforme continentale et la zone bathyale de l'Atlantique méridional (Boltovskoy et Guissani de Kahn, 1981; Patterson, 1985) et du Golfe du Mexique (Denne et Gupta 1991). Elle est mentionnée aussi sur la dorsale de Chaham, à l'est de la Nouvelle Zélande, entre 600 et 2000 m de profondeur (Patterson et Richardson, 1988).
- Échantillon:** IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48 cm.

Super-famille Buliminacea Jones, 1875

Famille Buliminidae Jones, 1875

Genre *Bulimina* d'Orbigny, 1826

Bulimina aculeata d'Orbigny, 1826

Planche 1, Numéros 15 et 16

- Synonymie:** Cette espèce peut être considérée comme synonyme de *Bulimina acaenapeza* Loeblich et Tappan (1994). Une succession complète de formes transitionnelles entre *Bulimina aculeata* et *B. marginata* d'Orbigny a été

observée dans le Golfe du Mexique (Burgess et Schnitker, 1990), ce qui suggère que ces deux taxons appartiennent à la même espèce cryptique.

- Description:** Test trisérié large avec des épines dans les loges inférieures. Chez les formes typiques, les épines sur les premières loges peuvent être très longues ($\approx 200 \mu\text{m}$). Les épines de nos spécimens sont plus courtes que celles de la description originale. Le spécimen de notre étude est caractérisé par des sutures recouvertes de dépôts de calcite. L'ouverture est entourée d'une lèvre distincte en forme de boucle.
- Dimensions:** Longueur = $450 \mu\text{m}$, Largeur = $260 \mu\text{m}$ (n = 1)
- Distribution:** *B. aculeata* a été recensée dans le Golfe du Mexique (Burgess et Schnitker, 1990). Elle est également mentionnée comme abondante dans les sédiments de l'Holocène du secteur nord-ouest de l'Océan Pacifique (Kaiho et Nishimura, 1992). Très abondante sur la plateforme NE de l'Amérique du Nord, incluant le Chenal Laurentien (Guilbault, comm. pers.).
- Échantillon:** IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 6, intervalle: 6-8 cm.

Bulimina alazanensis Cushman, 1927

Planche 1, Numéros 17 et 18

- Description:** Test trisérié avec des côtes longitudinales très saillantes qui dissimulent les sutures et les loges. Les loges qui deviennent beaucoup plus larges vers l'ouverture. Les parois sont hyalines et ornées de projections épineuses. L'ouverture est allongée et en forme de virgule. Nos spécimens sont très proches de celui décrit par Cushman (1927), mais ont des dimensions moindres.
- Dimensions:** Longueur = $300 \mu\text{m}$, Largeur = $190 \mu\text{m}$ (n = 3)
- Distribution:** L'holotype provient d'une formation de l'Éocène de Veracruz (Mexique). Cette espèce a été signalée comme très abondante dans les sédiments du Pliocène supérieur du sud de la Mer de Chine (Huang *et al.*, 2007) qui sont associés à des eaux pauvres en oxygène.
- Échantillon:** IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46- 48 cm.

Genre *Protoglobobulimina* Hofker, 1951

Protoglobobulimina pupoides (d'Orbigny 1846)

Planche 14, Numéro 4.

Nom original: *Bulimina pupoides* d'Orbigny, 1846

Description: Test oblong et lisse, formé de quatre spires larges et peu distinctes. La dernière spire, occupant le tiers de la longueur du test, est composée de trois loges convexes. Les loges grossissent rapidement après le proloculus et sont à peu près de la même taille jusqu'à l'ouverture qui est arrondie. Le spécimen observé dans cette étude présente les dernières loges moins gonflées que chez le spécimen-type.

Dimensions: Longueur = 425 µm, Largeur = 200 µm (n = 1)

Distribution: Cette espèce a été signalée dans les sédiments de l'Holocène de la marge continentale de la Colombie Britannique (Patterson, 1993; Patterson *et al.*, 1998), dans les sédiments récents du Golfe de Beagle au nord de l'Australie (Loeblich et Tappan, 1994) et dans les fjords du nord de la Colombie Britannique (Vazquez-Riveiros et Patterson, 2008).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: B, carotte: 2, section: 3, intervalle: 96-98 cm

Famille Uvigerinidae Haeckel, 1894

Sous-famille Angulogerininae Galloway, 1933

Genre *Angulogerina* Cushman, 1927

Angulogerina angulosa (Williamson, 1858)

Planche 1, Numéros 6 et 7

Nom original: *Uvigerina angulosa* Williamson, 1858

Description: Test oblong avec une coupe transversale fortement triangulaire et composée de loges arrangées de façon légèrement asymétrique. Les loges sont à peu près de la même taille et présentent une surface couverte de côtes longitudinales irrégulières. Les côtes centrales sont plus développées et forment un angle discontinu tout au long du test, lequel présente trois angles au total. La partie finale du test s'allonge vers une ouverture de position

terminale. La texture du test est semi-hyaline et très finement perforée. Nos spécimens présentent une coupe transversale moins angulaire que celui de la description originale.

Dimensions: Longueur = 250 μm , Largeur = 90 μm (n = 3)

Distribution: *Angulogerina angulosa* a été reporté dans le talus continental de la Mer de Béring (Burmistrova *et al.*, 2004), le talus continental au large de la côte est des États-Unis (Smart et Gooday, 2006), l'Atlantique sud-oriental (Mackensen *et al.*, 1993) et le talus de la Mer de Weddell (Cornelius et Gooday, 2004).

Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1346-1348 cm

Famille Uvigerinidae Haeckel, 1894
Sous-famille Angulogerininae Galloway, 1933
Genre *Angulogerina* Cushman, 1927

Angulogerina fluens Todd, 1948

Planche 1, Numéro 3

Description: Test allongé et fusiforme. En coupe transversale, le test est triangulaire uniquement au niveau des premières loges, ce qui la distingue d'*A. angulosa* qui présente une coupe transversale triangulaire tout au long du test. Les loges suivantes deviennent irrégulièrement gonflées et les dernières plus comprimées. La surface est recouverte de côtes peu saillantes et courbées, tout au long de la ligne des sutures. L'ouverture est ovale, étroite et terminale. L'encolure n'est pas développée, mais toutefois ornée d'un bord.

Dimensions: Longueur = 310 μm (n = 1)

Distribution: Cette espèce a été recensée au large de l'Alaska, de la Californie et dans la plateforme continentale de l'Amérique du Sud (Bandy et Arnal, 1957). Elle est mentionnée aussi dans le Golfe du St-Laurent à des profondeurs de 18 à 400 m (Hooper, 1975).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 66-68 cm

Sous-famille Uvigerininae Haeckel, 1894
Genre *Siphouvigerina* Parr, 1950

Siphouvigerina spinescens Saidova, 1975

Planche 16, Numéro 9

- Description:** Test formé de 5 à 6 loges par tour. Les dernières loges semblent se détacher avec une forme de champignon. L'ouverture, ornée d'une bordure, se trouve à la fin du col. Les loges sont ornées de petites épines à leurs bases. Nos spécimens sont assez typiques mais beaucoup plus petits que le spécimen-type ($\approx 550 \mu\text{m}$).
- Dimensions:** Longueur = $370 \mu\text{m}$ ($n = 3$).
- Distribution:** *S. spinescens* est recensée dans le nord-ouest du Pacifique (Saidova, 1975).
- Échantillon:** IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 6, intervalle: 11-13 cm

Genre *Uvigerina* d'Orbigny, 1826

Uvigerina hispida Schwager, 1866

Planche 17, Numéro 9

- Description:** Test allongé avec une coupe transversale arrondie. Arrangement trisériel avec les dernières loges (environ trois ou quatre) plus gonflées. La surface est recouverte d'épines. Nos spécimens montrent une densité d'épines plus élevée que celle du spécimen-type. La dernière loge présente un long col cylindrique avec une ouverture en position terminale ornée d'une bordure élargie.
- Dimensions:** Longueur = $580 \mu\text{m}$ Largeur = $310 \mu\text{m}$ ($n = 3$)
- Distribution:** Cette espèce a été recensée dans les sédiments de l'Holocène de la dorsale de Cocos (Pacifique Équatorial Oriental) associée à une faible concentration en oxygène dissous (Ovsepyan et Ivanova, 2009). Elle a été également observée dans le talus continental intermédiaire du bassin d'Okinawa en dessus de la lysocline (Xiang *et al.*, 2003) et au nord-ouest de l'Océan Indien où elle est considérée comme opportuniste (Zhu, 2001).
- Échantillon:** IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48

Uvigerina peregrina Cushman, 1923

Planche 17, Numéro 10

- Description:** Test allongé, de coupe transversale arrondie, trisérié, avec les dernières loges (environ quatre ou cinq) plus gonflées. La surface est recouverte de côtes longitudinales (parfois discontinues) et d'épines. Le col est beaucoup plus court que celui d'*U. hispida*. Cette espèce présente une très grande variabilité intra-spécifique.
- Dimensions:** Longueur = 590 μm Largeur = 290 μm (n = 3)
- Distribution:** *Uvigerina peregrina* est une espèce cosmopolite avec une grande variabilité morphologique (Poag, 1981). Elle peut être opportuniste avec une préférence pour les phytodétritus frais (Shepherd *et al.*, 2007). Elle a été trouvée aussi dans les assemblages associés aux infiltrations de méthane de la dorsale Hydrate au large de l'Oregon (Hill *et al.*, 2004).
- Échantillon:** IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 6, intervalle: 6-8 cm

Super-famille Cassidulinacea d'Orbigny, 1839

Famille Cassidulinidae d'Orbigny, 1839

SubFamille Cassidulininae d'Orbigny, 1839

Genre *Cassidulina* d'Orbigny, 1826

Cassidulina delicata Cushman, 1927

Planche 2, Numéros 1, 2 et 3

- Description:** Test aplati généralement oval. Périphérie légèrement subaigüe. Loges distinctes et larges. Quatre paires de loges dans le dernier tour. Sutures assez marquées et déprimées. Paroi finement perforée, lisse et polie. Chez les spécimens observés l'ouverture n'est pas aussi allongée que chez le spécimen-type. Diffère de *Cassidulina reniforme* par l'ouverture qui n'est pas bordée par un volet (*flap*), mais par une lèvre très étroite. Les dimensions de nos spécimens sont en moyenne inférieures à celles du spécimen-type, qui mesure 400 μm de diamètre.
- Dimensions:** Diamètre = 200 μm (n = 3).

- Distribution: *C. delicata* a été trouvée pour la première fois dans l'Océan Pacifique, au large du Panama à environ 210 m de profondeur (Cushman, 1927). Elle a été recensée dans les sédiments récents de la marge continentale Pacifique de Costa Rica et du Nicaragua (Heinz et al., 2008) et dans les sédiments influencés par les hydrates de gaz naturels des marges continentales du Pacifique du nord-est (Heinz et al., 2005). On a aussi trouvé des spécimens dans les sédiments du Pliocène supérieur et du Pléistocène de la dorsale médio-atlantique (DSDP Leg 37; Hooper et Jones, 1977). Dans les océans modernes, *C. delicata* est largement répandue, mais généralement en petits nombres et à des profondeurs supérieures à 200 m (Guilbault, comm. Pers.)
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48 cm

Cassidulina laevigata d'Orbigny 1826

Planche 2, Numéros 4, 5 et 6

- Description: Test lenticulaire, aplati et ovoïde, avec la périphérie aigue. Les loges ont un arrangement planispiralé bisérié. L'ouverture est une fente étroite courbée et parallèle à la périphérie. Les dessins de la description originale montrent d'avantage de loges que nos spécimens.
- Dimensions: Diamètre = 210 μ m (n = 3)
- Distribution: *C. laevigata* est recensée comme une espèce dépendante du phytodétritus dans les fjords de Norvège (Alve, 2010; Alve *et al.*, 2011). Elle est associée à une salinité de l'ordre d'à peu près 35,1 et une températures moyenne entre 5,7 et 9.8°C dans la Mer de Norvège (Husum et Hald, 2004). Elle a été recensée aussi dans le sud de l'Océan Indien, associée aux flux épisodiques de phytodétritus (De et Gupta, 2010). Au nord-est de l'Afrique elle a été considérée (en association avec *Nonionella iridea*) comme indicatrice de conditions de haute productivité et une forte saisonnalité pendant le dernier maximum glaciaire (Eberwein et Mackensen, 2008).
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 101- 103 cm

Cassidulina laevigata d'Orbigny var. *carinata* Silvestri, 1896

Planche 2, Numéros 7, 8, et 9

- Description: Cette variante de *C. laevigata* présente, selon la description originale une carène assez développée. Nos échantillons présentent une distribution des loges très proche de celle de la description originale mais avec une carène plus étroite.
- Dimensions: Diamètre = 260 μm (n = 2)
- Distribution: Le lieu où a été trouvé l'holotype n'est pas précisé dans la description originale. Cette espèce a été mentionnée dans les eaux peu profondes (<700 m) de la plateforme continentale de Nouvelle-Zélande (Hayward *et al.*, 2007).
- Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1316-1318 cm

Cassidulina obtusa Williamson, 1858

Planche 2, Numéro 10, 11 et 12

- Description: Pour cette espèce nous avons utilisé la description de Sejrup et Guilbault (1980). Le caractère diagnostique est la forme tripartite de l'ouverture typique de tous nos spécimens.
- Dimensions: Diamètre = 190 μm (n = 3).
- Distribution: Cette espèce a été échantillonnée dans la zone de rencontre du courant côtier de Norvège et du courant atlantique de Norvège (en association avec *Cibicides lobatulus*) où la salinité varie entre 33,7 et 35,1 et la température entre 5,7 et 9,8°C (Husum et Hald, 2004). Gooday et Hughes (2002) ont trouvé un nombre significatif de tests de *C. obtusa* dans des échantillons du Chenal de Rockall au nord-est de l'Atlantique, avec une couche importante de phytodétritus, mais la proportion de spécimens vivants était peu significative.
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48cm

Cassidulina reniforme Nørvang, 1945

Planche 3, Numéros 1, 2 et 3

- Nom original: *Cassidulina crassa* d'Orbigny var. *reniforme* Nørvang, 1945
- Description: Originellement, cette espèce a été décrite comme une variante de *Cassidulina crassa*, avec le même type d'ouverture, mais un test plus aplati, des loges beaucoup moins gonflées et des sutures moins déprimées. Cependant, nos spécimens présentent des loges légèrement plus gonflés que ceux de la description originale.
- Dimensions: Diamètre = 170 μm (n = 3).
- Distribution: *Cassidulina reniforme* est mentionnée dans le bassin de la Skagerrak (NE de la Mer du Nord) à une profondeur de 320 m (Alve, 2010; Alve et Goldstein, 2010). Elle est aussi mentionnée par Collins et al. (1996) les sédiments du Quaternaire de la plaine abyssale ibérique (IODP, Leg 149). Elle est rapportée pour toute la côte nord-américaine pacifique à des profondeurs inférieures à 200 m (Culvert et Buzas, 1985). Elle a été aussi mentionnée dans l'Océan Arctique (Ishman et Foley, 1996).
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 11-13 cm

Cassidulina subglobosa Brady, 1881

Planche 3, Numéros 4, 5 et 6

- Description: Test de grandes dimensions, épais, subglobulaire, avec peu de loges. Le côté dorsal très arrondi, mais le côté ventral moins convexe. La position de l'ouverture est singulière chez nos spécimens : elle se trouve sur une suture tandis que celle de la description originale est au milieu de la deuxième loge.
- Dimensions: Diamètre majeur = 260 μm (n = 3).
- Distribution: *C. subglobosa* a été mentionnée pour la première fois à la station 120 du Challenger au large de Pernambuco (Brésil). Elle a été aussi mentionnée dans les assemblages abyssaux accompagnant *Nuttalides umbonifera* (3500-5000 m) au sud-est de la Nouvelle-Zélande (Hayward *et al.*, 2007).
- Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1286-1288 cm

Genre *Islandiella* Nørvang, 1959

Islandiella helenae Feyling-Hanssen et Buzas, 1976

Planche 9, Numéros 6 et 7

- Description: Test lenticulaire, biconvexe, planispiral, bisérié, avec une marge périphérique assez large. Enroulement évolutive qui rend visible les loges précédentes à travers le matériel translucide de l'ombilic. Les sutures sont distinctes, épaisses et l'ouverture se présente comme une courte fente parallèle à la périphérie. Nos spécimens sont un peu plus carénés que ceux de la description originale.
- Dimensions: Diamètre = 440 μm (n = 3).
- Distribution: *Islandiella helenae* est signalé dans les dépôts sédimentaires de plateforme continentale de l'Holocène à Svalbard (Kubischta et al., 2010). Avec *Cassidulina reniforme* elle compose le 57% des foraminifères benthiques entre 10-4,5 ka dans la carotte ARC3 (ArcticNet Program; Gregory et al., 2010).
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: B, carotte: 2, section: 3, intervalle: 61-63cm.

Islandiella norcrossi (Cushman, 1933)

Planche 9, Numéros 8 et 9

- Nom original: *Cassidulina norcrossi* Cushman, 1933:
- Description: Test biconvexe avec la périphérie parfois très aigue. Loges distinctes de forme triangulaire vues de côté, dont plusieurs arrivent à l'ombilic. La surface est très lisse, très finement perforée et presque translucide. L'ouverture est allongée et étroite, suivant la direction de l'enroulement. Nos spécimens montrent un certain degré d'abrasion, mais l'ouverture et les sutures sont toujours préservées.
- Dimensions: Diamètre = 300 μm (n = 1)
- Distribution: *Islandiella norcrossi* est recensée le long de la marge continentale du sud-est du Brésil (Burone et al., 2011), sur la plaine abyssale de l'Islande en association avec *I. helenae* (Jennings, 2004) et dans les sédiments de l'Holocène au large de la plateforme continentale de la Colombie Britannique (ODP, Leg 169S).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 6, intervalle: 61-63cm

Sous-famille Ehrenberginae Cushman, 1927

Genre *Ehrenbergina* Reuss, 1850

Ehrenbergina undulata Parker, 1953

Planche 5, Numéros 2 et 3

Description: Test bisérié, enroulé au début et évolue par la suite. Comprimé perpendiculairement au plan d'enroulement, de coupe transversale lenticulaire avec le côté dorsal convexe et le côté ventral aplati. Bords latéraux épineux. Surface finement perforée. Ouverture en fente allongée parallèle à la marge périphérique. Notre spécimen est identique à celui de la description originale.

Dimensions: Largeur = 330 μm (n = 1)

Distribution: *Ehrenbergina undulata* a été recensée dans des environnements très pauvres en oxygène de la plateforme interne de Namibie (Leiter et Altenbach, 2010). Elle a été aussi signalée dans le Néogène de l'Atlantique du nord-est (Belanger et Berggren, 1986).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 111-113 cm

Super-famille Ceratobuliminaea Cushman, 1927

Famille Epistominidae Wedekind, 1937

SubFamille Epistomininae Wedekind, 1937

Genre *Hoeglundina* Brotzen, 1948

Hoeglundina elegans (d'Orbigny, 1878)

Planche 8, Numéros 9, 10, 11 et 12

Nom original: *Rotalia (Turbinuline) elegans* d'Orbigny, 1826

- Description:** Test trochospiralé aux spires serrées, biconvexe avec des loges graduellement plus grandes (huit ou neuf au dernier tour). Sutures recourbées vers l'arrière à la périphérie du côté spirale, mais droits du côté ombilical. Périphérie carénée. Paroi aragonitique, finement perforée avec une surface très lisse. Ouverture latéromarginale en fente étroite parallèle à la périphérie.
- Dimensions:** Diamètre = 660 μm (n = 3)
- Distribution:** Bien que cette espèce soit plus abondante sur la plateforme externe et le talus du Golfe du Mexique, elle a été aussi observée à une profondeur d'environ 4330 m (Phleger et Parker, 1951). Elle est considérée comme cosmopolite, des milieux oligotrophiques, habitant l'interface eau-sédiment (Rosenthal et al., 2006)
- Échantillon:** IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 101-103cm

Super-famille Chilostomellacea Brady, 1881

Famille Chilostomellidae Brady, 1881

Genre *Chilostomella* Reuss, 1849

Chilostomella oolina Schwager, 1878

Planche 3, Numéro 7

- Description:** Test ovoïde, de coupe transversale circulaire, avec la dernière loge qui couvre presque tout l'individu. Paroi finement perforée, lisse et hyaline. Ouverture intérieure marginale avec une fente équatoriale. Nos spécimens présentent des pores légèrement plus grands que ceux du spécimen-type.
- Dimensions:** Longueur = 670 μm (n = 3)
- Distribution:** Cette espèce est recensée dans des environnements aussi divers que la marge continentale de l'Australie, à 2476 m de profondeur (Basak *et al.*, 2010), le Golfe de Gascogne à 150 m (Langezaal *et al.*, 2006) ou la plateforme continentale pacifique de l'Amérique Centrale (Culver et Buzas, 1987).
- Échantillon:** IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 101-103cm.

Famille Gavelinellidae Hofker, 1956
SubFamille Gavelinellinae Hofker, 1956
Genre *Gyroidina* d'Orbigny, 1826

Gyroidina orbicularis d'Orbigny, 1926

Planche 7, Numéros 5, 6 et 7

Nom original: *Rotalia orbicularis* d'Orbigny, 1926

Description: Test trochospiralé. Le côté spiralé est évolutive et légèrement convexe, comportant sept à huit loges dans le dernier tour. Le côté ombilical est involute et convexe avec des bords plus arrondis que ceux des types décrits originalement. La paroi est semi-transparente avec des sutures nettes. L'ouverture est une fente intériomarginale qui s'étend presque jusqu'à la périphérie et qui avance jusqu'à mi-chemin de l'ombilic (Loeblich et Tappan, 1988).

Dimensions: Diamètre = 200 μm (n = 3).

Distribution: *G. orbicularis* a été signalée comme espèce dominante des derniers 7000 ans dans les sédiments du Pacifique du nord-ouest, (Mer d'Okhotsk; Burmistrova et Belyaeva, 2006) et comme une espèce commune dans la Mer Méditerranée pendant tout l'Holocène (Abu-Zied *et al.*, 2008).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 6, intervalle: 146- 148 cm

Gyroidina polia (Phleger et Parker, 1951)

Planche 7, Numéros 8, 9 et 10

Nom original: *Eponides polius* Phleger et Parker, 1951

Description: Test biconvexe à trois spires. Périphérie assez aigue, légèrement lobulée. Entre neuf et dix loges dans le dernier tour. Les dernières loges se projettent un peu sur l'ombilic. Les sutures sont nettes et légèrement courbées et un peu déprimées du côté ventral. Ouverture très étroite.

Dimensions: Diamètre = 200 μm (n = 3).

Distribution: *Gyroidina polia* est signalée comme espèce dominante dans le bassin au sud-est du Venezuela (Gupta *et al.*, 1987), dans la plaine abyssale ibérique (Collins *et al.*, 1996) et dans les infiltrations d'hydrates de carbone de l'Atlantique du nord-ouest (Panieri et Gupta, 2008).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: B, carotte: 2, section: 3, intervalle: 61-63cm

Gyroidina soldanii (d'Orbigny, 1826)

Planche 8, Numéro 1, 2 et 3

Nom original: *Rotalia soldanii* d'Orbigny, 1826

Description: Test orbiculaire, déprimé, lisse, presque plane en dessus, très convexe et ombiliqué en dessous, formé de quatre tours étroits dont le dernier, anguleux extérieurement, est composé de neuf loges oblongs, arquées en dessus, triangulaires et un peu convexes en dessous.

Dimensions: Diamètre = 380 μm (n = 3).

Distribution: *G. soldanii* est mentionnée comme une espèce dominante des eaux profondes des Caraïbes (Gupta *et al.*, 1989) et dans le sud-est de l'Océan Indien, avec des conditions d'eaux froides et oxygénées dans un milieu oligotrophe, caractérisé par des apports épisodiques de matière organique (De et Gupta, 2010).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 6, intervalle: 61-63 cm

Gyroidina umbonata (Silvestri, 1898)

Planche 8, Numéros 4, 5 et 6

Nom original: *Rotalia soldanii* d'Orbigny var. *umbonata* Silvestri, 1898

Description: Cette espèce se distingue de *G. orbicularis* par des loges beaucoup plus gonflées et arrondies.

Dimensions: Diamètre = 200 μm (n = 3).

- Distribution: *G. umbonata* est présente dans la Mer Méditerranée à toutes les profondeurs en dessous de 150 m (Wright, 2007). Elle est aussi mentionnée dans les environnements de la plateforme externe du Miocène supérieur et du Pliocène inférieur du nord-ouest du Venezuela (Smith *et al.*, 2010).
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 6, intervalle: 146- 148 cm

Famille Oridorsalidae Loeblich et Tappan, 1984
Genre *Oridorsalis* Andersen, 1961

Oridorsalis tener (Brady, 1884)

Planche 12, Numéro 1, 2 et 3

- Nom original: *Truncatulina tenera* Brady, 1884
- Description: Le spécimen examiné est très similaire au spécimen-type d'*O. tener* (Brady, 1884), sauf pour des différences assez consistantes dans les dimensions du test. L'examen de matériel additionnel est nécessaire pour voir s'il existe des transitions dans les tailles.
- Dimensions: Diamètre = 430 µm (n = 1)
- Distribution: *O. tener* a été signalée dans les eaux profondes de l'Arctique (Ishman et Foley, 1996).
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 101-103cm

Oridorsalis umbonatus (Reuss, 1851)

Planche 12, Numéros 4, 5 et 6

- Nom original: *Rotalina umbonata* Reuss, 1851
- Description: Les deux côtés du test sont convexes. La périphérie est aigüe et lobulée. Parmi les trois tours (de même largeur) qui composent le test, le dernier est formé de cinq à six loges. Les sutures sont distinctes et légèrement

déprimées. L'ouverture en forme de fente, est courbée et ornée d'une lèvre épaisse à la marge interne de la dernière loge près de la périphérie. Il y a des ouvertures supplémentaires sur la face dorsale à la rencontre entre la suture spirale et les sutures camérales.

Dimensions: Diamètre = 210 μm (n = 3)

Distribution: *O. umbonatus* a été utilisée pour des reconstitutions des paléotempératures des eaux profondes et de la couverture de glace de mer de l'Atlantique Nord durant la transition du Pliocène-Pléistocène (Sosdian et Rosenthal, 2009). Elle serait présente à plus de 3000 m de profondeur dans le sud-ouest de l'Océan Indien (Jayaraju *et al.*, 2010). C'est une espèce largement répandue dans tous les océans à des profondeurs supérieures à 200 m.

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48 cm

Famille Trichohyalidae Saidova, 1981

Genre *Buccella* Andersen, 1952

Buccella tenerrima (Bandy, 1950)

Planche 1, Numéro 14

Nom original: *Rotalia tenerrima* Bandy, 1950

Description: Test presque circulaire, trochospiralé, biconvexe, avec généralement trois tours et demi et une périphérie légèrement lobulée. De huit à dix loges au dernier tour. La périphérie du test est aigüe avec un bord étroit. Sutures dorsales obliques et un peu courbées et sutures ventrales déprimées avec des forages près du bord du test. L'ombilic présente des accumulations de calcite. Ouverture composée d'une série de pores à la base de la face aperturale. Les tests de nos spécimens sont moins aplatis que ceux de la description originale.

Dimensions: Diamètre = 190 μm (n = 3).

Distribution: Actuellement, *B. tenerrima* est largement répandue dans les eaux froides des milieux subtidaux (<12 m) du Pacifique du nord-est, en Californie (Barrick *et al.*, 1989). Elle est dominante à Montague Harbour, Colombie Britannique (Reinhardt *et al.*, 1996). Elle a été signalée également dans l'Arctique et sur la côte est du Canada. C'est une espèce probablement représentative de la plate-forme continentale. (Guilbault, comm. pers.)

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 4, intervalle: 146-148cm

Super-famille Delosinacea Parr, 1950
Famille Caucasinidae N. K. Bykova, 1959
SubFamille Caucasininae N. K. Bykova, 1959
Genre *Francesita* Loeblich et Tappan, 1963

Francesita advena (Cushman, 1922)

Planche 6, Numéros 10 et 11

Nom original: *Virgulina* (?) *advena* Cushman, 1922

Description: Test allongé, fuselé et semi-circulaire, avec les parties initiale et aperturale largement arrondies (la partie aperturale étant plus arrondie que la partie initiale). Loges irrégulièrement bisériées, peu nombreuses et peu distinctes. Sutures peu visibles. Paroi translucide, lisse et finement perforée. Ouverture longue et étroite à la fin de la dernière loge. Sur nos spécimens, la surface présente des accumulations de calcite dans la première suture.

Dimensions: Longueur = 330 µm (n = 3).

Distribution: Cette espèce est présente dans les milieux profonds du nord-est de l'Océan Atlantique (Austin et Evans, 2000) et du Golfe du Mexique (Finger, 1981).

Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1376-1378 cm

Super-famille Discorbacea Ehrenberg, 1838
Famille Bagginidae Cushman, 1927
SubFamille Baggininae Cushman, 1927
Genre *Valvulineria* Cushman, 1926

Valvulineria arctica Green, 1959

Planche 17, Numéros 13, 14, 15 et 16

Description: Test ovale vu de côté, bord largement arrondi. Loges aplaties dans la portion initiale du test et un peu gonflées dans la portion finale. Entre huit et neuf loges dans le dernier tour. Omphalocentre ouvert dans le côté ventral. Ouverture

munie d'une plaque fine et transparente qui s'étend jusqu'à l'ombilic. Le spécimen observé est moins aplati et beaucoup plus petit que le spécimen-type.

- Dimensions: Diamètre = 210 μm (n = 1).
- Distribution: Il s'agit d'une espèce répertoriée pour la première fois dans l'Océan Arctique (Green, 1959; Lagoe, 1977).
- Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1376-1378 cm

Famille Eponididae Hofker, 1951
SubFamille Eponidinae Hofker, 1951
Genre *Alabaminella* Saidova, 1975

Alabaminella weddellensis (Earland, 1936)

Planche 1, Numéros 3, 4 et 5

- Nom original: *Eponides weddellensis* Earland, 1936
- Description: Test biconvexe avec trois à quatre tours du côté dorsal. Le côté ventral, plus aplati présente cinq loges au dernier tour. Sutures distinctes, déprimées, blanchâtres, contrastant avec la texture hyaline des loges. L'ouverture consiste en une petite fente du côté interne et ventral de la dernière loge.
- Dimensions: Diamètre = 230 μm (n = 3).
- Distribution: Signalée pour la première fois en Mer de Weddell, dans l'Océan Antarctique à plus de 2500 m de profondeur (Earland, 1936). Elle a été reportée dans des sédiments couvrant les derniers 20000 ans en association avec *Epistominella exigua* dans le secteur Indien de l'Océan Austral (Smart *et al.*, 2010). Actuellement elle est présente aussi en association avec *Epistominella exigua* dans les plaines abyssales au-delà de Porcupine Bank dans le nord-est de l'Océan Atlantique (Gooday *et al.*, 2011).
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48 cm

Genre *Ioanella* Saidova, 1975

Ioanella tumidula (Brady, 1884)

Planche 9, Numéros 3, 4 et 5

Nom original: *Truncatulina tumidula* Brady, 1884

Description: Test trochospiralé, plus ou moins déprimé avec trois tours dont le dernier est composé de près de six segments. Le côté dorsal est beaucoup plus convexe que le côté ventral. Légèrement concave à l'ombilic. Périphérie large et lobulée. Loges gonflées, surtout celles du dernier tour. Nos spécimens sont légèrement plus petits que celui de la description originale dont le diamètre est de 200 μm .

Dimensions: Diamètre = 160 μm (n = 3).

Distribution: Signalée d'abord à plus de 5000 m de profondeur au sud-ouest des îles Canaries (Brady, 1884), cette espèce a été aussi observée dans la zone bathyale au nord-ouest de l'Océan Pacifique (Kawagata et Ujiie, 1996).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 6, intervalle: 6- 8cm

Famille Rosalinidae Reiss, 1963

Genre Gavelinopsis Hofker, 1951

Gavelinopsis praegeri Hofker, 1951

Planche 7, Numéros 1, 2 et 3

Nom original: *Discorbina praegeri* Heron-Allen et Earland, 1913

Description: Test trochospiralé et conique, composé de trois ou quatre tours, en spirale concave avec cinq à six loges au dernier tour. Périphérie parfois carénée. Les sutures ne ressortent pas dans la face supérieure et peuvent être un peu déprimées du côté concave inférieur. L'ombilic présente une bosse de matériel calcaire.

Dimensions: Diamètre = 240 μm (n = 3).

Distribution: *G. praegeri* a été recensée dans le centre de la Mer Adriatique (Morigi *et al.*, 2005), au sud-est de la Nouvelle-Zélande entre 50 et 700 m de profondeur (Hayward *et al.*, 2007) et dans la Mer du Nord à 320 m de profondeur (Alve et Goldstein, 2010).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48 cm

Super-famille Discorbinellacea Sigal, 1952
Famille Discorbinellidae Sigal, 1952
SubFamille Discorbinellinae Sigal, 1952
Genre *Laticarinina* Galloway et Wissler, 1927

Laticarinina pauperata (Parker et Jones, 1865)

Planche 9, Numéro 12

Nom original: *Pulvinulina repanda* Fichtel et Moll var. *menardii* d'Orbigny subvar. *pauperata* Parker et Jones, 1865

Description: Test aplati, trochospiralé à subplanispiralé au début, bi-évolutive dans les dernières loges. Quille périphérique très étendue. La carène des premières loges constitue une séparation entre les loges successives. Paroi finement perforée et surface lisse. Ouverture subéquatoriale d'un côté. Aucune dimension n'est spécifiée dans la description originale mais elle est mentionnée comme «aussi grande que *Pulvinulina menardii*».

Dimensions: Longueur = 710 µm (n = 1).

Distribution: Présente entre 48°N et 52°N dans l'Océan Atlantique Nord (<http://www.micropress.org/em/login.php>).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 6, intervalle: 6-8 cm

Famille Parrelloididae Hofker, 1956
Genre *Cibicidoides* Thalmann, 1939

Cibicidoides bradyi (Trauth, 1918)

Planche 4, Numéro 7, 8 et 9

Nom original: *Truncatulina bradyi* Trauth, 1918

Description: Test lenticulaire, biconvexe et trochospiralé. Sutures courbées et limbées du côté spiralé mais droites et radiales au côté ombilical. Périphérie angulaire. Côté spiralé grossièrement perforé. Côté ombilical moins perforé. Ouverture intériormarginale avec un arc équatorial à la base de la face aperturale.

Présente une grande variabilité pour ce qui concerne la porosité de la surface.

Dimensions: Diamètre = 300 μm (n = 3).

Distribution: Cette espèce est présente dans les eaux dysoxiques à anoxiques de la Mer de Sulu, au sud-ouest des Philippines, entre 3000 et 4000 m de profondeur (Rathburn et Corliss, 1994). Elle a été recensée aussi dans une formation du Pliocène supérieur du sud-est de l'Espagne (Perez-Asensio et Aguirre, 2010).

Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1346-1348 cm

Famille Pseudoparrellidae Voloshinova, 1952
SubFamille Pseudoparrellinae Voloshinova, 1952
Genre *Epistominella* Husezima et Maruhasi, 1944

Epistominella exigua (Brady, 1884)

Planche 5, Numéros 10, 11, 12 et 13

Nom original: *Pulvinulina exigua* Brady, 1884

Description: Test trochospiralé avec les deux faces convexes (la face inférieure étant moins convexe que la face supérieure). Périphérie aigüe et lobulée. Test avec trois tours, dont le dernier porte généralement cinq loges. Sutures non limbées, marquées dans la face supérieure par des lignes épaissies de matériel opaque blanc calcaire et dans la face inférieure par des légères dépressions.

Dimensions: Diamètre = 230 μm (n = 3).

Distribution: Présente dans les sédiments récents du sud de la Mer de Chine entre 1200 et 2500 m de profondeur (Jian et Wang, 1997), dans le Pacifique tropical occidental entre 2500 et 3500 m de profondeur (Douglas et Woodruff, 1981) et à plus de 3000 m (Burke, 1981). Elle est aussi signalée à plus de 4000 m de profondeur dans le sud-est de l'Océan Indien. En général *E. exigua* se distribue dans les boues sableuses biopélagiques qui caractérisent des environnements avec une saisonnalité élevée, notamment en ce qui concerne les flux de phytodétritus (Hayward *et al.*, 2007). Cette espèce est décrite comme très opportuniste, pouvant profiter rapidement des apports de phytodétritus (Langezaal *et al.*, 2006).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48 cm.

Super-famille Hormosinacea Haeckel, 1894

Famille Hormosinidae Haeckel, 1894

SubFamille Reophacinae Cushman, 1910

Genre *Reophax* de Montfort, 1808

Reophax bacillaris Brady, 1881

Planche 16, Numéro 5

Nom original: *Lituola (Reophax) bacillaris* Brady, 1881

Description: Test très allongé, fuselé, légèrement arqué et formé de nombreuses petites loges. Les premières loges sont cylindriques avec des sutures non visibles. Les dernières loges sont semi-sphériques. Paroi agglutinée. La longueur réelle des spécimens ne se préserve généralement pas à cause de sa fragilité. La description originale mentionne que le test peut atteindre 4700 µm de longueur.

Dimensions: Longueur = 640 µm (n = 2).

Distribution: *R. bacillaris* a été observée pour la première fois au sud du plateau de Rockall à plus de 750 m de profondeur (Brady, 1881). Elle a été également recensée dans la Dorsale de Nouvelle-Écosse à plus de 4100 m de profondeur (Kaminski, 1985).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46- 48 cm

Super-famille Miliolacea, Ehrenberg, 1839

Famille Hauerinidae Schwager, 1876

SubFamille Hauerininae Schwager, 1876

Genre *Quinqueloculina* d'Orbigny, 1826

Quinqueloculina arctica Cushman, 1933

Planche 15, Numéros 11, 12 et 13

- Description: Test court et robuste. Légèrement plus long que large avec la périphérie tronquée et les côtés marqués par des angles bien définis. Chaque loge porte une double ou triple carène. Paroi lisse. L'ouverture ne se projette pas au-delà du contour général du test et présente une forme large, semi-circulaire avec une dent bifide. La surface est moins ornée que celle du type de la description originale.
- Dimensions: Longueur = 200 μm (n = 1).
- Distribution: Mentionnée par Hooper (1979) dans les eaux peu profondes de l'Océan Arctique au nord-est du Canada, entre 62 et 73 m, à des températures entre 3 et 5°C et une salinité de 33.
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 101-103 cm

Quinqueloculina ectypha Loeblich et Tappan, 1994

Planche 16, Numéros 1 et 2

- Description: Test de contour ovale avec quatre loges visibles, latéralement caréné avec la partie centrale très gonflée de côté. Sutures légèrement déprimées et un peu obliques. Paroi calcaire, porcelanée, à surface lisse. Ouverture en position terminale, de forme ovale et muni d'une petite dent. Les tests de nos spécimens sont plus arrondis que ceux de la description originale.
- Dimensions: Longueur = 360 μm (n = 1).
- Distribution: Elle fut signalée par Loeblich et Tappan (1994) à 62 m de profondeur, dans le Golfe de Beagle, au sud de l'Île de Bathurst, à l'est de la Mer de Timor et au nord-ouest de l'Australie.
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 101-103 cm

Quinqueloculina seminulum (Linnaeus, 1758)

Planche 16, Numéros 3 et 4

- Nom original: *Serpula seminulum* Linnaeus, 1758

- Description: À la différence de *Q. arctica* et *Q. ectypha*, *Q. seminulum* présente des loges arrondies sans carènes et son test est ovale dans sa coupe transversale. Les spécimens observés présentent des tailles assez variables.
- Dimensions: Longueur = 470 (n = 3).
- Distribution: Cette espèce, considérée comme cosmopolite, a été signalée dans la Mer Celtique (Scott, 2003), dans la plateforme continentale interne du sud-est de l'Inde (Kumar et Manivannan, 2001), à l'ouest de la Péninsule Antarctique et à 530 m de profondeur (Suhr *et al.*, 2003). Elle a été signalée aussi dans les eaux peu profondes de la côte nord de la Nouvelle-Zélande (Resig *et al.*, 1995). Le long des côtes du sud-ouest brésilien, elle a été observée uniquement dans des environnements avec une concentration d'oxygène dissous supérieure à 2 ml/L (Eichler *et al.*, 2003).
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 101-103 cm

SubFamille Miliolinellinae Vella, 1957

Genre *Pyrgo* DeFrance, 1824

Pyrgo murrhina (Schwager, 1866)

Planche 15, Numéros 1, 2 et 3

- Nom original: *Biloculina murrhina* Schwager, 1866
- Description: Test ovale biconvexe légèrement aplati et large chez la forme adulte et plutôt oblong et allongé chez les formes juvéniles. Périphérie aigüe avec deux petites prolongations (pas toujours évidentes) du côté opposé à l'ouverture. Ouverture ovale avec une dent centrale. Paroi porcelanée, lisse et blanchâtre. La variabilité de taille et de forme de nos spécimens est très large.
- Dimensions: Longueur = 450 µm (n = 3)
- Distribution: Cette espèce est présente au sud-est de l'Océan Indien dans un environnement d'eaux froides, oxygénés avec des flux de phytodétritus épisodiques (De et Gupta, 2010). Elle a été mentionnée également dans l'Océan Pacifique au large de l'Amérique centrale et du Mexique (Culver et Buzas, 1987). D'autre part elle est signalée dans le Golfe de l'Alaska (Bergen et O'Neil, 1979), dans la Mer de Weddell à environ 2000 m de profondeur (Cornelius et Gooday, 2004) et dans la Mer Méditerranée (Abu-

Zied et al., 2008). On peut alors la considérer comme une espèce cosmopolite dans les eaux profondes.

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 101-103 cm

Pyrgo williamsoni (Silvestri, 1923)

Planche 15, Numéros 5 et 6

Nom original: *Biloculina williamsoni* Silvestri, 1923

Description: Test plus oblong, plus petit et plus arrondi (en coupe transversale) que celui de *P. murrhina*. La dent est plus développée, aplatie, couvrant une partie de l'ouverture. Comparés au spécimen-type, nos spécimens présentent une ouverture plus étroite avec une dent moins développée.

Dimensions: Longueur = 350 μm (n = 3).

Distribution: Elle a été signalée dans les fjords de l'ouest Norvégien à 850 m de profondeur (Alve *et al.*, 2011), dans les sédiments quaternaires de la plaine abyssale ibérique (Site IODP 898; Collins *et al.*, 1996) et à plus de 3400 m de profondeur dans l'Océan Arctique (Ishman et Foley, 1996).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 101-103 cm

Genre *Triloculina* d'Orbigny, 1826

Triloculina frigida Lagoe, 1977

Planche 17, Numéros 5 et 6

Description: Test de contour ovale, de coupe transversale triangulaire avec des angles subaigus et des faces aplaties ou légèrement convexes. Loges un peu gonflées et sutures légèrement déprimées, parfois indistinctes. Surface très lisse et polie. Ouverture ovale, terminale avec un col proéminent mais court et une dent peu développée.

Dimensions: Longueur = 320 μm (n = 3).

- Distribution:** Elle a été signalée pour la première fois par Lagoe (1977) dans l'Océan Arctique entre 1069 et 3743 m de profondeur. Gooday et Hughes (2002) l'ont observé, pendant la période estivale (flux de phytodétritus élevé) dans un assemblage dominé par *Eponides pusillus* et *Nonionella iridea* au nord-est de l'Océan Atlantique (Chenal de Rockall) à 1920 m de profondeur.
- Échantillon:** IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 101- 103 cm

Triloculina trihedra Loeblich & Tappan, 1953

Planche 17, Numéros 7 et 8

- Description:** Cette espèce est très semblable à *T. frigida* sauf que d'une part, la paroi est plus hyaline et d'autre part l'ouverture, sans col, présente une dent plus développée et bifide.
- Dimensions:** Longueur = 270 µm (n = 1).
- Distribution:** Elle est signalée pour la première fois au large de Barrow (Alaska) à plus de 200 m de profondeur (Loeblich et Tappan, 1953). Culver et Buzas (1985) ont étendu sa distribution à la marge continentale Pacifique de l'Amérique du Nord à la même profondeur entre 50°N et 55°N.
- Échantillon:** IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 66-68 cm

SubFamille Sigmoilopsinae Vella, 1957

Genre *Sigmoilopsis* Finlay, 1947

Sigmoilopsis schlumbergeri (Silvestri, 1904)

Planche 16, Numéro 6

- Nom original:** *Sigmoilina schlumbergeri* Silvestri, 1904
- Description:** Test ovale, plus ou moins acuminé vers les pôles, comprimé sur les côtés. Ceux-ci ne sont pas symétriques. Les saillies résultant de l'arrangement sigmoïdal des loges sont alternativement plus prononcées vers les deux côtés opposés de la carène. Les sutures extérieures sont indistinctes. La surface est arénacée et rugueuse. L'ouverture au pôle est circulaire et bifide.

- Dimensions: Longueur = 410 μm (n = 3).
- Distribution: Elle a été signalée dans la Mer Méditerranée à 430 m de profondeur (Abu-Zied *et al.*, 2008). Elle est recensée aussi dans les sédiments du Miocène inférieur du bassin du Rockall dans le secteur nord-est de l'Océan Atlantique (Bélangier et Berggren, 1996). Dans les sédiments récents elle a été trouvée dans l'Océan Indien entre 1400 et 4100 m de profondeur (De et Gupta, 2010) où elle est associée aux eaux profondes tempérées (>3,5°C). Elle est mentionnée aussi faisant partie des assemblages récents au secteur nord-est de l'Océan Atlantique, au Chenal de Rockall, surtout au printemps, avant le grand flux de phytodétritus de juin (Gooday et Hughes, 2002).
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: B, carotte: 2, section: 3, intervalle: 6-8cm

Super-famille Miliolacea, Ehrenberg, 1839
Famille Spiroloculinidae Wiesner, 1920
Genre *Nummulopyrgo* Hofker, 1983

Nummulopyrgo globulus (Hofker, 1976)

Planche 11, Numéros 1, 2 et 3

- Nom original: *Pseudopyrgo globulus* Hofker, 1976 (non *Biloculina globulus* Bornemann, 1855)
- Description: Test globulaire avec deux loges hémisphériques visibles extérieurement. Sutures légèrement déprimées. Paroi calcaire, porcelanée et lisse. Ouverture large, de forme incurvée et presque fermée par une plaque plane et large.
- Dimensions: Longueur = 330 μm (n = 3).
- Distribution: Elle est signalée dans les assemblages récents au large de la Californie, dans un milieu pauvre en oxygène dissous (120 μM), à 3600 m de profondeur et à une température de 1,58°C (Ricketts *et al.*, 2009).
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 101-103 cm

Genre *Spiroloculina* d'Orbigny, 1826

Spiroloculina pusilla Earland, 1934

Planche 16, Numéros 10 et 11

- Description:** Test très mince, translucide, allongé et très aplati. Vu frontalement, le test a une forme fuselée. Les loges sont allongées et étroites avec une coupe transversale circulaire. Marge périphérique largement arrondie. Ouverture arrondie avec un col allongé sans dent distincte. Cette espèce est fréquemment attribuée au genre *Ophthalmidium* dont l'enroulement initial diffère beaucoup de celui de *Spiroloculina* qui se produit dans un seul plan de symétrie.
- Dimensions:** Longueur = 360 μm (n = 3).
- Distribution:** Elle fait partie des espèces quaternaires au Site IODP 898 dans la plaine abyssale ibérique (Collins *et al.*, 1996). Elle est mentionnée aussi dans les sédiments du Miocène supérieur du Site IODP 744, prélevée au sud de l'Océan Indien (Schröder-Adams, 1991).
- Échantillon:** IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48 cm

Super-famille Nodosariacea Ehrenberg, 1838
Famille Ellipsolagenidae A. Silvestri, 1923
Subfamille Ellipsolageninae A. Silvestri, 1923
Genre *Fissurina* Reuss, 1850

Fissurina apiculata Reuss, 1863

Planche 6, Numéros 1, 2 et 3

- Nom original:** *Oolina apiculata* Reuss, 1851
- Description:** Test oblong, lisse, légèrement fuselé vers l'ouverture et arrondi vers la base avec une épine courte et épaisse. Région aperturale en forme de bec de canard avec une ouverture en fente étroite. Spécimen très bien conservé qui présente clairement l'épine distale.
- Dimensions:** Longueur = 340 μm (n = 1).
- Distribution:** Cette espèce est présente au sud-est de l'Océan Indien à une profondeur de 3790 m (Jayaraju *et al.*, 2010).
- Échantillon:** Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1256-1258 cm

Genre *Palliolatella* Paterson et Richardson, 1987

Palliolatella palliolata (Earland, 1934)

Planche 12, Numéros 7, 8 et 9

Nom original: *Lagena palliolata* Earland, 1934

Description: Test en forme de vase ovale avec un long cou. La carène, d'épaisseur modérée, entoure le vase et continue sur les côtés du col en s'élargissant vers l'ouverture et en formant un crochet qui couvre la partie supérieure du col. La partie basale du vase est ornée par deux bords concentriques.

Dimensions: Longueur = 340 μm (n = 2).

Distribution: Cette espèce a été signalée dans le détroit de Drake en Antarctique à 3663 m de profondeur (Earland, 1935).

Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1316-1318 cm

SubFamille Oolininae Loeblich et Tappan, 1961

Genre *Oolina* d'Orbigny, 1839

Oolina caudigera (Wiesner, 1931)

Planche 11, Numéros 7 et 8

Nom original: *Lagena* (*Entosolenia*) *globosa* (Montagu) var. *caudigera* Wiesner, 1931

Description: Test ovoïde. Paroi hyaline. La base du test présente une prolongation en forme de tube. Ouverture radiaire terminale.

Dimensions: Longueur = 300 μm (n = 1).

Distribution: Elle est signalée par Wiesner (1931) dans l'Océan Antarctique à 3410 m de profondeur.

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 4, intervalle: 146-148 cm

Oolina melo d'Orbigny, 1839

Planche 11, Numéros 9 et 10

Description: Test globuleux, ovoïde, semi-transparent, à peine acuminé en avant, orné de petites excavations quadrangulaires, qui forment des lignes longitudinales régulières et qui deviennent inégales et plus petites vers les extrémités. Ouverture ronde, percée à l'extrémité d'une très légère saillie.

Dimensions: Longueur = 200 μm (n = 1).

Distribution: Elle a été fréquemment observée dans la plateforme et le talus du Pacifique au nord-est (e.g. Culver et Buzas, 1985). Elle a été mentionnée également dans les sédiments du Miocène et du Pliocène de la dorsale médio-atlantique (Hooper et Jones, 2007).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 66-68 cm

Oolina parisoïna Loeblich et Tappan, 1994

Planche 11, Numéro 11

Description: Test allongé et ovoïde avec des côtés parallèles et une base arrondie. Paroi calcaire avec une surface lisse entre les côtes longitudinales. Ouverture en position terminale, radiale et sans cou.

Dimensions: Longueur = 380 μm (n = 1).

Distribution: Elle est décrite comme nouvelle espèce dans la Mer de Timor à 1158 m de profondeur par Loeblich et Tappan (1994).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 6, intervalle: 6- 8 cm

Genre *Vasicostella* Patterson et Richardson, 1987

Vasicostella singulara Patterson et Richardson, 1987

Planche 17, Numéros 11 et 12

- Description: Test uniloculaire, en forme de vase, aplati avec la périphérie carénée. Paroi calcaire, hyaline et finement perforée. Les côtes latérales sont très évidentes et non fusionnées à la base. Ouverture légèrement ovale avec un bord épais.
- Dimensions: Longueur = 210 μm (n = 1).
- Distribution: Décrite à partir des sédiments récents de la Colombie Britannique (Patterson et Richardson, 1987).
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 101-103 cm

SubFamille Parafissurinae R. W. Jones, 1984**Genre** *Parafissurina* Parr, 1947*Parafissurina arctica* Green, 1959

Planche 12, Numéros 10 et 11

- Description: Test arrondi, légèrement ovale dans sa coupe transversale. Périphérie avec une carène large, aiguisée, ornée d'un nombre variable de longues épines. Paroi finement perforée. L'ouverture présente un tube entosolénien (tube interne de composition calcaire, semi-transparent) de longueur variable. Les spécimens décrits dans la littérature présentent des épines plus asymétriques que celles de la description originale.
- Dimensions: Longueur = 190 μm (n = 3).
- Distribution: Cette espèce a été répertoriée dans l'Océan Arctique à 878 m de profondeur (Green, 1959).
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 6, intervalle: 6-8cm

Parafissurina fusuliformis Loeblich et Tappan, 1953

Planche 12, Numéros 12 et 13

Description: Test allongé, étroit, légèrement courbé, arrondi à la base et fuselé vers l'extrémité aperturale. Paroi calcaire, hyaline, finement perforée et lisse. Ouverture excentrique en forme de petit trou arrondi, partiellement couverte d'une plaque et connectée à un tube entosolénien attaché à l'intérieur de la cavité aborale.

Dimensions: Longueur = 240 μm (n = 3).

Distribution: Elle est signalée pour la première fois près de l'Île de Baffin à 100.5 m de profondeur (Loeblich et Tappan, 1953). *Parafissurina fusuliformis* est aussi mentionné par Gooday et Hughes (2002) dans le Chenal de Rockall (secteur nord-est de l'Océan Atlantique).

Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1256-1258 cm

Parafissurina lateralis (Cushman, 1913)

Planche 13, Numéro 1, 2 et 3

Nom original: *Lagena lateralis* Cushman, 1913

Description: Test ovale légèrement allongé, un peu comprimé, plus large vers la base et un peu fuselé vers l'extrémité aperturale. Les deux extrémités sont arrondies. Paroi lisse et transparente. Ouverture en position latérale sous l'extrémité apicale, elliptique avec des bords en forme de lèvres. Présence d'un long tube entosolénien qui se dilate vers son extrémité interne.

Dimensions: Longueur = 390 μm (n = 3).

Distribution: Signalée dans l'Atlantique du nord-ouest à 2150 m de profondeur (Panieri et Gupta, 2008).

Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1256-1258 cm

Parafissurina lateralis (Cushman) forma *carinata* (Buchner, 1940)

Planche 13, Numéros 4, 5 et 6

Nom original: *Lagena lateralis* Cushman, forma *carinata* Buchner, 1940

- Description: Test ovale légèrement allongé, un peu comprimé, plus large vers la base et un peu fuselé vers l'extrémité aperturale. Les deux extrémités sont arrondies. Paroi lisse, transparente avec un bord légèrement carénée. Ouverture en position latérale sous l'extrémité apicale, elliptique avec des bords en forme de lèvres. Présence d'un long tube entosolénien.
- Dimensions: Longueur = 230 μm (n = 1).
- Distribution: Elle est signalée le long des côtes de la Colombie Britannique à des profondeurs entre 150 et 600 m (Vazquez-Riveiros et Patterson, 2008).
- Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1256-1258 cm

Parafissurina tricarinata Parr, 1950

Planche 13, Numéros 7, 8 et 9

- Description: Test aplati, pyriforme, entouré d'une carène épaisse qui s'élargit vers la base où elle peut devenir dentelée. Présente deux carènes supplémentaires plus petites avec des marges continues de chaque côté dans la moitié inférieure de chaque face. Paroi lisse. Ouverture en position terminale, en fente courbée vers une des faces, avec une lèvre élevée à chaque bord. Les deux lèvres sont de tailles différentes. Tube entosolénien qui s'étend sur plus de la moitié de la longueur du test. Nos spécimens ont des tests un peu plus arrondis mais correspondent à la forme typique de l'espèce.
- Dimensions: Longueur = 240 μm (n = 3).
- Distribution: *Parafissurina tricarinata* a été signalée au large du nord-est de la Tasmanie à 128 m de profondeur (Parr, 1950).
- Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1316-1318 cm

Parafissurina ventricosa (Silvestri, 1904)

Planche 13, Numéros 10, 11 et 12

Nom original: *Lagena ventricosa* Silvestri, 1904

- Description:** Test pyriforme très gonflé, avec une carène latérale qui commence à la moitié du test et qui s'élargit légèrement vers la base. Paroi lisse. Ouverture en croissant formé par un prolongement de la paroi en sorte de lèvre supérieure. Le tube entosolénien s'étend jusqu'à la moitié de la longueur du test, collé à la face interne de la paroi. L'ouverture des certains spécimens demeure peu typique du genre *Parafissurina*.
- Dimensions:** Longueur = 290 μm (n = 2).
- Distribution:** Cette espèce a été signalée à 3170 m de profondeur dans la Dorsale de Chatham, à l'est de la Nouvelle-Zélande (Hayward *et al.*, 2001).
- Échantillon:** Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1346-1348 cm

SubFamille Sipholageninae Patterson et Richardson, 1987
Genre *Pytine* Moncharmont Zei et Sgarrella, 1978

Pytine paradoxa (Sidebottom, 1912)

Planche 15, Numéros 7 et 8

- Nom original:** *Lagena foveolata* Reuss (?) var. *paradoxa* Sidebottom, 1912
- Description:** Test en forme de bouteille, allongé avec une encolure courte. Il est formé de deux couches reliées par des rangées de piliers très minces, semblables à de petites épines. La couche externe est munie de côtes minces, blanchâtres, longitudinales et parallèles. Des liaisons transversales peu saillantes relient les côtes, ce qui donne à l'ensemble l'aspect d'un panier. La couche interne est continue et plus solide que la couche externe qui est très fragile. Le col consiste en un tube mince qui part de la partie supérieure de la couche interne et qui est légèrement plus épais vers l'extrémité distale. Les dessins originaux manquent de détail mais la forme générale des tests est très semblable à celle de nos spécimens.
- Dimensions:** Longueur = 360 μm (n = 3).
- Distribution:** Cette espèce est présente dans la Mer de Timor entre 800 et 1100 m de profondeur (Loeblich et Tappan, 1994).
- Échantillon:** IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48 cm

Pytine petaloskelis Patterson et Richardson, 1988

Planche 15, Numéros 9 et 10

Description: Test pyriforme avec un col court, formé de deux couches reliées par des rangées de piliers aux extrémités épaissies. La couche externe présente des lamelles larges, blanchâtres, longitudinales et parallèles. La couche interne est continue et plus solide que l'externe, qui est très fragile comme dans le cas de *P. paradoxa*. Le col consiste en un tube mince qui part de la partie supérieure de la couche interne et qui est légèrement plus épais vers l'extrémité distale. Nos spécimens sont très typiques, sauf en ce qui concerne la longueur du col qui est légèrement plus court chez nos spécimens.

Dimensions: Longueur = 170 μm (n = 2).

Distribution: *Pytine petaloskelis* a été signalée dans les sédiments quaternaire de la dorsale de Benham, à l'ouest du bassin des Philippines (Site DSDP 292; Patterson et Richardson, 1988).

Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1346-1348 cm

Famille Glandulinidae Reuss, 1860
SubFamille Glandulininae Reuss, 1860
Genre *Glandulina* d'Orbigny, 1839

Glandulina laevigata (d'Orbigny, 1826)

Planche 7, Numéro 4

Nom original: *Nodosaria (Glanduline) laevigata* d'Orbigny, 1826

Description: Test ovale, très lisse, poli et très gonflé au milieu. Il est acuminé à ses deux extrémités. L'extrémité inférieure est pointue. Les loges sont très rapprochées mais ne forment pas de saillie extérieure. Ouverture petite, arrondie, positionnée à l'extrémité d'un prolongement et montrant un grand nombre de stries divergentes.

Dimensions: Longueur = 1180 μm (n = 1).

Distribution: Cette espèce a été mentionnée le long de la côte nord de l'Alaska, à 48 m de profondeur (Ishman et Foley, 1996) et dans l'Atlantique du nord-est à 889 m

de profondeur (Schönfeld *et al.*, 2011). C'est une forme largement distribuée, mais presque jamais abondante (Guilbault, comm. pers.)

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 6, intervalle: 6-8 cm

Genre *Tappanella* Gudina et Saidova, 1969

Tappanella arctica Gudina et Saidova, 1969

Planche 17, Numéros 1 et 2

Description: Test allongé fusiforme, fuselé vers les deux extrémités, circulaire en coupe transversale avec des loges bisériées au début, puis unisériées par la suite. Sutures invisibles de l'extérieur avec la dernière loge qui semble envelopper toutes les autres. Paroi lisse sans ornementation. Ouverture en position terminale, radiale et entourée d'un collier composé de cinq plaques. La description de cette espèce n'est pas incluse dans le catalogue d'Ellis et Messina (<http://www.micropress.org/em/login.php>), mais figure dans Loeblich et Tappan (1988) avec quelques différences par rapport à nos spécimens. Par exemple, les sutures sont légèrement visibles et le nombre de plaques qui composent le collier aperturale est plus élevé chez nos spécimens.

Dimensions: Longueur = 360 μm (n = 1).

Distribution: Mentionnée dans les sédiments du Pléistocène et l'Holocène au large du nord-ouest sibérien, au Japon, en Alaska, au Groenland et en Suède par Gudina et Saidova en 1969 (citées par Loeblich et Tappan, 1988).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 6, intervalle: 6-8 cm

Famille Lagenidae Reuss, 1862

Genre *Hyalinonetrion* Patterson et Richardson, 1987

Hyalinonetrion gracillimum (Seguenza, 1862)

Planche 9, Numéro 1

Nom original: *Amphorina gracillima* Seguenza, 1862

- Description: Test finement allongé variant de cylindrique à fusiforme avec les deux extrémités fuselées et allongées en forme de tubes très minces. La largeur maximum se trouve vers la moitié du test. Paroi hyaline et très finement perforée. La surface des tests de nos spécimens est plus lisse que celle des foraminifères décrits par Seguenza (1862).
- Dimensions: Longueur = 760 μm (n = 3).
- Distribution: Cette espèce est signalée le long des côtes de la Colombie Britannique entre 150 et 600 m de profondeur (Vazquez-Riveiros et Patterson, 2008).
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48 cm

Hyalinonetrion gracilis (Costa, 1856)

Planche 9, Numéro 2

- Nom original: *Amphorina gracilis* Costa, 1856
- Description: Test mince, allongé et fuselé vers les deux extrémités. Paroi lisse avec des côtes longitudinales très basses et séparées entre elles. Ouverture en position terminale arrondie. Selon Patterson et Richardson (1988) *Hyalinonetrion* se distingue de *Procerolagena* par sa surface lisse sans côtes, mais chez notre spécimen la surface est presque lisse si on le compare avec *Procerolagena gracilis* (Planche 14, numéro 1).
- Dimensions: Longueur = 300 μm (n = 1).
- Distribution: Cette espèce est signalée dans les sédiments côtiers du Golfe Persique (Al-Zamel, 2009).
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48 cm

Genre *Procerolagena* Puri, 1954

Procerolagena gracilis (Williamson, 1848)

Planche 14, Numéro 1

- Nom original: *Lagena gracilis* Williamson, 1848
- Description: Test très semblable à celui de *Hyalinonetrion gracillimum*. L'unique différence est la présence de nombreuses côtes longitudinales très distinctes couvrant la partie plus large du test.
- Dimensions: Longueur = 400 µm (n = 1).
- Distribution: *Procerolagena gracilis* est mentionnée par Cornelius et Gooday (2004) dans la Mer de Weddell entre 3038 et 3065 m de profondeur et aussi par Vazquez-Riveiros et Patterson (2008) au large de la Colombie Britannique.
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 66-68 cm

Procerolagena meridionalis (Wiesner, 1931)

Planche 14, Numéro 2

- Nom original: *Lagena gracilis* Williamson var. *meridionalis* Wiesner, 1931
- Description: Test assez gonflé, pyriforme et plus fuselé vers l'extrémité aperturale que vers la base. Paroi couverte de côtes longitudinales assez serrées. Notre spécimen est mal conservé et ne permet pas de mesurer la longueur exacte du test.
- Dimensions: Longueur = 330 µm (n = 1).
- Distribution: *Procerolagena meridionalis* est mentionnée le long des côtes de la Colombie Britannique (Vazquez-Riveiros et Patterson, 2008) et dans le Golfe de l'Alaska (Bergen et O'Neil, 1967).
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 66-68 cm

Procerolagena wiesneri (Parr, 1950)

Planche 14, Numéro 3

- Nom original: *Lagena striata* (d'Orbigny) var. *wiesneri* Parr, 1950

- Description: Test avec la partie centrale cylindrique plus allongé que celui de *P. meridionalis* et fuselé vers les deux extrémités. Un seul spécimen pas très bien conservé a été observé.
- Dimensions: Longueur = 370 μm (n = 1).
- Distribution: Cette espèce est mentionnée pour la première fois au sud de l'Océan Indien (Parr, 1950). Vazquez-Riveiros et Patterson (2008) l'on ensuite observée le long des côtes de la Colombie Britannique.
- Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1346-1348 cm

Genre *Pygmaeoseistron* Patterson et Richardson, 1987

Pygmaeoseistron hispidum (Reuss, 1863)

Planche 14, Numéros 11, 12 et 13

- Nom original: *Lagena hispida* Reuss, 1863
- Description: Test uniloculaire, globulaire-ovoïde. Paroi calcaire, semi-transparente, hispide. Ouverture petite et arrondie à la fin d'un long col étroit.
- Dimensions: Longueur = 420 μm (n = 3).
- Distribution: Cette espèce est recensée dans des sédiments du Pliocène et du Pléistocène dans la dorsale médio-atlantique (DSDP Leg 37). Elle est associée à des environnements de profondeur supérieure à 100 m (Hooper et Jones, 2007).
- Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1346-1348 cm

Famille Nodosariidae Ehrenberg, 1838

SubFamille Nodosariinae Ehrenberg, 1838

Genre *Dentalina* Risso, 1826

Dentalina frobisherensis Loeblich et Tappan, 1953

Planche 4, Numéros 10 et 11

- Description:** Test assez long, légèrement courbé, de coupe transversale arrondie. Les loges sont nombreuses, dont les premières sont de petite taille et les suivantes de plus en plus gonflées. La loge finale est un peu allongée. Ouverture en position terminale. Les sutures sont distinctes et obliques dont les dernières sont déprimées. Paroi lisse, finement perforée et semi-transparente. Ouverture radiale, légèrement penchée vers la marge interne du test. Les critères diagnostiques principaux de cette espèce sont l'inclinaison des sutures lisses et les parois translucides.
- Dimensions:** Longueur = 890 μm (n = 3).
- Distribution:** *Dentalina frobisherensis* a été signalée au large du nord de l'Alaska entre les 50 et 100 m de profondeur de même qu'au large de l'Île de Baffin (Baie de Frobisher) et du Groenloand (Loeblich et Tappan, 1953).
- Échantillon:** IODP 303, site: 1302, forage: B, carotte: 2, section: 3, intervalle: 61-63 cm

Dentalina ittai Loeblich et Tappan, 1953

Planche 5, Numéro 1

- Description:** Test petit, allongé, étroit et courbé. Il présente environ six loges de forme elliptique, légèrement superposées. Sutures distinctes, contractées et droites. Paroi calcaire, très finement perforée et semi-transparente, avec une surface sans ornementation. Ouverture radiale, terminale et de position centrale. Spécimen très délicat et petit par rapport au spécimen-type.
- Dimensions:** Longueur = 550 μm (n = 1).
- Distribution:** *D. ittai* a été signalée au large du nord de l'Alaska entre 12 et 100 m de profondeur et aussi à plusieurs localités dans la l'Arctique de l'ouest (Loeblich et Tappan, 1953).
- Échantillon:** Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1286-1288 cm

Famille Vaginulinidae Reuss, 1880

SubFamille Lenticulininae Chapman, Parr et Collins, 1934

Genre *Lenticulina* Lamarck, 1804

Lenticulina angulata (Reuss, 1851)

Planche 10, Numéros 1, 2 et 3

Nom original: *Robulina angulata* Reuss, 1851

Description: Test planispiralé, biconvexe, avec une périphérie aigüe. Les loges augmentent de taille avec la croissance et la dernière est légèrement déroulée. Sutures courbées. Paroi calcaire, hyaline et lisse. Ouverture en position terminale saillante en forme de petite fente verticale alignée avec la périphérie.

Dimensions: Longueur = 250 μm (n = 2).

Distribution: *Lenticulina angulata* est présente dans les fjords de la Norvège à 850 m de profondeur (Alve *et al.*, 2011) et dans le secteur l'Atlantique du nord-est (Chenal de Rockall) à 1920 m de profondeur (Gooday et Hughes, 2002).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 6, intervalle: 6-8 cm

Super-famille Nonionacea Schultze, 1854

Famille Nonionidae Schultze, 1854

SubFamille Astrononioninae Saidova, 1981

Genre *Astrononion* Cushman et Edwards, 1937

Astrononion gallowayi Loeblich et Tappan, 1953

Planche 1, Numéros 1 et 2

Description: Test planispiralé, involute, comprimé et ayant une périphérie arrondie. Sutures courbées et profondes. Dernières loges gonflées avec des loges supplémentaires plus petites qui entourent l'ombilic de chaque côté. Paroi calcaire, hyaline, visiblement perforée dans les dernières loges. Ouverture en arc à la base de la dernière loge qui s'étend de chaque côté vers l'ombilic. Chaque loge supplémentaire possède aussi une petite ouverture sur sa marge externe postérieure.

Dimensions: Diamètre = 250 μm (n = 3).

Distribution: De la même façon que *Lenticulina angulata*, *A. gallowayi* est signalée par Alve *et al.* (2011) dans les fjords de la Norvège à 850 m de profondeur. Collins *et al.* (1996) la mentionnent aussi dans les carottes des sites 898 et 900 d'IODP (plaine abyssale ibérique). Elle est aussi signalée le long de la

côte nord-ouest américaine par Culver et Buzas (1985) et dans l'Océan Arctique entre 40 et 200 m de profondeur (Ishman et Foley, 1996).

Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1346-1348 cm

SubFamille Nonioninae Schultze, 1854
Genre *Haynesina* Banner et Culver, 1978

Haynesina orbicularis (Brady, 1881)

Planche 8, Numéros 7 et 8

Nom original: *Nonionina orbicularis* Brady, 1881

Description: Test symétrique, subglobulaire, un peu comprimé latéralement, et convexe à l'ombilic. Marge périphérique lobulée. Loges nombreuses avec environ dix loges au dernier tour. Sutures déprimées, surtout près de l'ombilic. Ouverture subdivisée par des projections de la marge supérieure.

Dimensions: Diamètre = 190 µm (n = 1).

Distribution: C'est une espèce très répandue sinon dominante dans les eaux peu profondes affectées par l'apport d'eau douce (Guilbault, comm. pers.). Elle est signalée dans le Chenal des Faroé à plus de 1100 m de profondeur et à l'ouest de l'Écosse, à 45 m de profondeur (Brady, 1881).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 66-68 cm

Genre *Nonionella* Cushman, 1926

Nonionella iridea Heron-Allen & Earland, 1932

Planche 10, Numéros 8, 9 et 10

Description: Test très petit, hyalin avec 12 à 14 loges plus ou moins gonflées et asymétriquement arrangées en spirale évolutive. Six ou sept loges exposées d'un côté. De l'autre côté, la totalité des loges sont exposées. Le proloculus apparaît comme un umbo central. Sutures déprimées et bord périphérique légèrement lobulé. Nos spécimens présentent une dernière loge moins allongée que celle décrite pour le type original.

- Dimensions: Longueur = 160 μm (n = 3).
- Distribution: Elle a été signalée dans le nord-est de la Mer du Nord à 320 m de profondeur et considérée comme une espèce opportuniste qui profite rapidement des apports de phytodétritus (Alve, 2010; Alve *et al.*, 2011). Elle a été également mentionnée dans la zone bathyale au nord-est de l'Atlantique Nord (Gooday et Hughes, 2002) et dans la Mer de Weddell à plus de 1100 m de profondeur (Cornelius et Gooday, 2004).
- Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1286-1288 cm

Nonionella turgida (Williamson, 1858)

Planche 10, Numéros 11, 12 et 13

- Nom original: *Rotalina turgida* Williamson, 1858
- Description: Test équilatéral au début et de plus en plus asymétrique dans les dernières loges. Le test comporte deux tours, dont le dernier consiste en neuf à dix loges. Cavité ombilicale très distincte et déprimée. Dernière loge très allongée vers une des faces, cachant la région ombilicale de ce côté. La périphérie est arrondie et les sutures sont déprimées. Ouverture petite, un peu en bas de la périphérie. Paroi hyaline et très finement perforée.
- Dimensions: Longueur = 190 μm (n = 3).
- Distribution: Elle a été observée dans les sédiments de l'Holocène de la Mer Méditerranée (Abu-Zied *et al.*, 2008), de la Mer du Nord à 320 m de profondeur (Alve, 2010; Alve *et al.*, 2011) et le long de la côte nord-ouest américaine (Culver et Buzas, 1985).
- Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1286-1288 cm

SubFamille Pulleniinae Schwager, 1877

Genre *Melonis* de Montfort, 1808

Melonis barleeaanum (Williamson, 1858)

Planche 10, Numéros 4 et 5

- Nom original: *Nonionina barleeana* Williamson, 1858
- Description: Test planispiralé, équilatéral, comprimé latéralement. Dernier tour avec neuf à douze loges tronquées. Cavité ombilicale profonde. Marge périphérique arrondie. Paroi très perforée et semi-transparente. Ouverture basale large, se prolongeant de chaque côté. L'ouverture de nos spécimens est plus arrondie que celle du spécimen-type.
- Dimensions: Diamètre = 380 μm (n = 3).
- Distribution: Elle est présente dans des sédiments de l'Holocène de la Mer Méditerranée, (Abu-Zied *et al.*, 2008). Cette espèce est mentionnée aussi au nord-est de la Mer du Nord où on a constaté qu'elle peut profiter des sources alimentaires qui proviennent du sédiment tel que les bactéries ou produits de dégradation, ce qui lui permet de résister au manque de phytodétritus (Alve, 2010). Elle a été signalée dans des sédiments du Pliocène et du Pléistocène correspondant à des environnements d'eaux intermédiaires dans l'Atlantique du nord-est (Site 984 d'IODP; Austin et Evans, 2000). Elle a été trouvée aussi au nord-ouest de la Mer d'Oman à environ 1400 m de profondeur (De et Gupta, 2010). Il s'agit vraisemblablement d'une espèce cosmopolite.
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48 cm

Melonis pompilioides (Fichtel et Moll, 1798)

Planche 10, Numéros 6 et 7

- Nom original: *Nautilus pompilioides* Fichtel et Moll, 1798
- Description: Test planispiralé, involute. Loges tronquées dont les dernières sont de plus en plus prolongées vers les côtés du plan bilatéral. Parois grossièrement perforées. Ouverture basale avec un bord mince.
- Dimensions: Diamètre = 290 μm (n = 3).
- Distribution: *Melonis pompilioides* constitue une partie importante des assemblages méso-bathyaux de la Mer Méditerranée durant le Néogène (Wright, 2007). Elle est a été signalée aussi dans des sédiments du Néogène (Site 116 du DSDP; Bélanger et Berggren, 1986) et récents (Gooday et Hughes, 2002) de l'Atlantique du nord-est, dans des sédiments de l'Holocène du Pacifique de Nord-ouest (Kaiho et Nishimura, 1992) et du Golfe d'Alaska (Bergen et O'Neil, 1979), et dans des sédiments couvrant les derniers 20000 ans de la carotte MD02-2488 au sud-est de l'Océan Indien (Smart *et al.*, 2010)

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 101-103 cm

Genre *Pullenia* Parker et Jones, 1862

Pullenia bulloides (d'Orbigny, 1846)

Planche 14, Numéros 5 et 6

Nom original: *Nonionina bulloides* d'Orbigny, 1846

Description: Test sphérique, presque aussi épais que large, lisse, de contour très arrondi et formé de quatre loges légèrement convexes, séparées par des faibles dépressions. La dépression ombilicale est petite. La dernière loge, arquée en croissant étroit présente une ouverture linéaire très longue. Nos spécimens ont presque la moitié du diamètre de celui de la description originale.

Dimensions: Diamètre = 280 μm (n = 3).

Distribution: Considérée comme espèce cosmopolite, elle est signalée dans les fjords de la Norvège à 850 m de profondeur (Alve *et al.*, 2011), au large des Aléoutiennes à 1988 m de profondeur et sur la marge méridionale de l'Australie à 2476 m de profondeur (Basak *et al.*, 2009), et dans l'Océan Indien entre 1500 et 4800 m de profondeur (De et Gupta, 2010).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48 cm.

Pullenia osloensis Feyling-Hanssen, 1954

Planche 14, Numéros 7 et 8

Description: Test planispiralé, involute, légèrement comprimé latéralement, très arrondi avec cinq loges visibles au dernier tour. Paroi lisse et finement perforée. Sutures déprimées et droites. Ouverture basale en croissant mais asymétrique comparée à celle de *P. bulloides*. Chez nos spécimens la dernière loge a une forme irrégulière. Il s'agit de l'espèce ayant la plus petite taille parmi les *Pullenia*.

Dimensions: Diamètre = 180 μm (n = 3).

Distribution: Similairement à *P. bulloides*, elle a été signalée dans l'Océan Indien entre 1500 et 4800 m de profondeur où elle est associée aux flux épisodiques de phytodétritus et aux masses d'eaux profondes assez froides (De et Gupta, 2010). Elle est signalée dans les fjords de la Norvège à 320 et 850 m de profondeur où elle fait partie des espèces qui s'adaptent bien aux variations de flux de phytodétritus (Alve, 2010; Alve *et al.*, 2011). Elle est présente aussi dans les sédiments du Néogène de l'Atlantique du nord-est (Site 116 du DSDP; Bélanger et Berggren, 1986).

Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1346-1348 cm

Pullenia quinqueloba (Reuss, 1851)

Planche 14, Numéros 9 et 10

Nom original: *Nonionina quinqueloba* Reuss, 1851

Description: Test planispiralé, involute, avec une périphérie arrondie, cinq loges (très comprimées latéralement) visibles au dernier tour. Paroi lisse et finement perforée. Sutures déprimées et droites. Loges gonflées. Ouverture basale, en croissant, bilatéralement symétrique et avec un bord mince. Quelques spécimens ont un diamètre plus grand que celui des autres espèces de *Pullenia*.

Dimensions: Diamètre = 300 µm (n = 3).

Distribution: Cette espèce a été signalée dans toute la section Pliocène et Pléistocène des carottes du site 984 d'IODP dans l'Atlantique nord-est (Austin et Evans, 2000) et dans toutes les sections du Miocène et du Pléistocène des carottes du Leg 37 du DSDP dans la dorsale médio-atlantique (Hooper et Jones, 2007). Elle a été aussi reporté dans les sédiments récents à 3790 m de profondeur dans l'Océan Indien sud-oriental (Jayaraju *et al.*, 2010) et dans le Pacifique du nord-ouest (Arc Izu-Bonin) entre 1100 et 4100 m de profondeur (Kaiho et Nishimuram, 1992).

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48 cm

Planorbulinacea Schwager, 1877
Famille Cibicididae Cushman, 1927
SubFamille Cibicidinae Cushman, 1927
Genre *Cibicides* de Montfort, 1808

Cibicides lobatulus (Walker et Jacob, 1798)

Planche 3, Numéros 8, 9 et 10

Nom original: *Nautilus lobatulus* Walker et Jacob, 1798

Description: Test trochospiralé plano-convexe avec le côté spiralé aplati, grossièrement perforé et concave adapté au substratum. Côté spiralé évolutive avec les sutures limbées. Côté ombilical très convexe, involute, finement perforé avec les sutures déprimées. Périphérie aigue ou carénée. Face aperturale angulaire et ouverture intériomarginale basse et équatoriale. La dernière loge peut être un peu détachée. Nos spécimens présentent une grande variabilité de déformation du test.

Dimensions: Diamètre = 260 μm (n = 3).

Distribution: *Cibicides lobatulus* est présent dans les derniers 30000 ans de la carotte LC-21 prélevée dans la Mer Méditerranée (Abu-Zied *et al.*, 2008). Elle fait partie des espèces épiphytes trouvées à 850 m de profondeur dans les fjords de la Norvège (Alve *et al.*, 2011). Elle est aussi mentionnée parmi les espèces caractérisant la plaine abyssale ibérique durant le Quaternaire (Collins *et al.*, 1996) et parmi les espèces communes de l'intervalle 4500-10000 ans dans carotte ARC-3 prélevée dans la région de l'Archipel Arctique Canadien (Gregory *et al.*, 2010). Culver et Buzas (1985) signalent sa présence dans les sédiments récents de toute la côte nord-américaine dans les eaux peu profondes (<200m). Il s'agit d'une espèce considérée comme cosmopolite.

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48 cm

Cibicides pseudoungerianus (Cushman, 1922)

Planche 4, Numéros 1, 2 et 3

Nom original: *Truncatulina pseudoungeriana* Cushman, 1922

Description: Test biconvexe, légèrement asymétrique. Périphérie subaigüe. Entre neuf et onze loges au dernier tour. Côté spiralé un peu convexe et grossièrement perforé. Nos spécimens présentent une bande étroite de calcite à la base de chaque loge du côté spiralé. Ouverture intériomarginale ornée d'un bord en forme de plaque.

- Dimensions: Diamètre = 490 μm (n = 3).
- Distribution: Comme *C. lobatulus*, *C. pseudoungerianus* fait partie des espèces épiphytes trouvées à 850 m de profondeur dans les fjords de la Norvège (Alve et al., 2011). Elle est mentionnée parmi les espèces qui se distribuent entre 200 et 2000 m de profondeur au large de l'Amérique Centrale du côté du pacifique (Culver et Buzas, 1987). Elle est signalée aussi dans des environnements anoxiques au large de la Namibie (Leiter et Altenbach, 2010). On peut la considérer comme cosmopolite.
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: B, carotte: 2, section: 3, intervalle: 77-79 cm

Cibicides refulgens Montfort, 1808

Planche 4, Numéros 4, 5 et 6

- Description: Test trochospiralé plano-convexe avec le côté spiralé aplati, grossièrement perforé et légèrement concave. Côté spiralé évolutive avec six loges visibles et les sutures un peu déprimées. Côté ombilical très convexe, involute, finement perforé avec les sutures déprimées. Périphérie aigue mais non carénée. Face aperturale angulaire et ouverture intériomarginale basse et équatoriale.
- Dimensions: Diamètre = 300 μm (n = 1).
- Distribution: Elle fait partie des espèces épiphytes mentionnées par Alve *et al.*, (2011) dans les fjords de la Norvège. Elle est mentionnée aussi dans l'Atlantique du nord-ouest à 2150 m de profondeur (Panieri et Gupta, 2008) et dans l'Atlantique du nord-est entre 500 et 1300 m de profondeur (Schönfeld *et al.*, 2011).
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48 cm

Genre *Fontbotia* González-Donoso et Linares, 1970

Fontbotia wuellerstorfi (Schwager, 1866)

Planche 6, Numéros 7, 8 et 9

- Nom original: *Anomalina wuellerstorfi* Schwager, 1866
- Synonymes: *Cibicidoides wuellerstorfi* = *Cibicides wuellerstorfi* = *Planulina wuellerstorfi*
- Description: Test comprimé latéralement, trochospiralé bas, avec toutes les loges visibles du côté spiralé plat. Enroulement légèrement involute. Entre dix et douze loges au dernier tour. Loges larges, courtes et très arquées, se recourbant vers l'arrière à la périphérie des deux côtés. Un peu convexe du côté ombilical involute. Sutures très courbées, limbées, élevées et avec une périphérie carénée. Paroi calcaire, grossièrement perforée du côté spiralé. Ouverture intériomarginale qui consiste en un petit arc équatorial avec un lèvre qui s'étend vers le côté spiralé.
- Dimensions: Diamètre = 460 µm (n = 3).
- Distribution: Cette espèce a été observée en Mer Méditerranée (Abu-Zied *et al.*, 2008; Wright, 2007), dans l'Océan Antarctique (Mackensen *et al.*, 1993, Smart *et al.*, 2010), dans le nord-est de l'Océan Atlantique (Bélanger et Berggren, 1986; Collins *et al.*, 1996; Schönfeld *et al.*, 2011), dans l'Atlantique du nord-ouest (Sen Gupta *et al.*, 2007), dans le Pacifique oriental (Culvert et Buzas, 1987), dans l'Océan Indien (De et Gupta, 2010), le long de la côte nord de africaine (Eberwein et Mackensen, 2006; 2008) et dans le Pacifique du nord-ouest (Kaiho et Nishimura, 1992). On peut la considérer cosmopolite pour les eaux profondes.
- Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 6, intervalle: 6-8 cm

Super-famille Rotaliacea Ehrenberg, 1839

Famille Elphidiidae Galloway, 1933

SubFamille Elphidiinae Galloway, 1933

Genre *Elphidium* de Montfort, 1808

Elphidium excavatum (Terquem) forma *clavata* Cushman, 1930

Planche 5, Numéros 4 et 5

- Nom original: *Elphidium incertum* (Williamson) var. *clavatum* Cushman 1930
- Description: Test biconvexe, planispiralé, involute, avec des nodules calcaires dans la région ombilicale. Entre sept et huit loges visibles au dernier tour. Sutures très profondes remplies de pustules calcaires. Paroi grossièrement perforée.

Ouverture en multiple petits trous intériomarginaux. Les ponts suturaux sont très variables.

Dimensions: Diamètre = 320 μm (n = 3).

Distribution: *Elphidium excavatum* est mentionnée dans le bassin de Skagerrak (Nord-est de la Mer du Nord) à une profondeur de 320 m (Alve, 2010; Alve et Goldstein, 2010). Elle est aussi mentionnée par Collins *et al.* (1996) dans des sédiments du Quaternaire de la plaine abyssale ibérique (Leg 149 d'IODP). Elle est présente le long des marges du Pacifique du nord-est à des profondeurs inférieures à 200 m (Culvert et Buzas, 1985). Elle a été aussi signalée dans l'Océan Arctique (Ishman et Foley, 1996). *Elphidium excavatum* forma *clavata* caractérise les plateformes continentales dans toutes les mers froides. Elle constitue l'espèce la plus courante dans les dépôts des mers glacio-isostatiques. (Guilbault, comm. pers.)

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: B, carotte: 2, section: 3, intervalle: 6-8 cm

Elphidium incertum (Williamson, 1858)

Planche 5, Numéros 6 et 7

Nom original: *Polystomella umbilicatula* var. *incerta* Williamson, 1858

Description: Test biconvexe, planispiralé, involute, avec des pustules calcaires dans la région ombilicale et le long des sutures. Paroi finement perforée. Ouverture avec deux trous intériomarginaux. Petit spécimen mal conservé.

Dimensions: Diamètre = 380 μm (n = 1).

Distribution: Elle est signalée sur la marge continentale et le talus au sud-ouest de l'Irlande (Schönfeld *et al.*, 2011). Elle est aussi mentionnée par Culvert et Buzas (1985) dans les eaux tempérées peu profondes (<200 m) du Pacifique du nord-est.

Échantillon: IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 6, intervalle: 86-88 cm

Elphidium subarcticum Cushman 1944

Planche 5, Numéro 8 et 9

- Description:** Test comprimé latéralement. Petite région ombilicale peu visible. Huit à dix loges dans la dernière spire. Sutures très légèrement déprimées. Paroi semi-transparente avec une aire étroite et opaque à chaque côté des sutures. L'ouverture consiste en une série de trous en position basale.
- Dimensions:** Diamètre = 360 µm (n = 3).
- Distribution:** Comme *E. incertum*, *E. subarcticum* est mentionnée par Culvert et Buzas (1985) dans les eaux tempérées peu profondes (<200 m) du Pacifique du nord-est.
- Échantillon:** IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 4, intervalle: 146-148 cm

Super-famille Textulariacea Ehrenberg, 1838
Famille Eggerellidae Cushman, 1937
SubFamille Eggerellinae Cushman, 1937
Genre *Karrieriella* Cushman, 1933

Karrieriella bradyi (Cushman, 1911)

Planche 9, Numéros 10 et 11

- Nom original:** *Gaudryina bradyi* Cushman, 1911
- Description:** Test robuste, un peu allongé, fuselé vers la base et devient soudainement très obtus. Trisérié au début, devient bisérié pour au moins les trois quarts du test. Paroi lisse, composée de matériel arénacé fin. Ouverture ovale, légèrement en arrière de la marge interne de la loge avec un bord soulevé et épaissi. Couleur gris clair ou fauve.
- Dimensions:** Longueur = 660 µm (n = 3).
- Distribution:** Hooper et Jones (2007) ont signalé cette espèce dans les sédiments de la dorsale médio-atlantique (carottes du Leg 37 du DSDP). Elle a été également signalée dans l'Océan Indien (Jayaraju *et al.*, 2010).
- Échantillon:** IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 6, intervalle: 6-8 cm

Famille Textulariidae Ehrenberg, 1838

SubFamille Siphotextulariinae Loeblich et Tappan, 1985
Genre *Siphotextularia* Finlay, 1939

Siphotextularia rolshauseni Phleger et Parker, 1951

Planche 16, Numéros 7 et 8

- Description:** Test légèrement aplati, périphérie arrondie, lobulée. Loges distinctes, gonflées, six paires dans la partie bisériée avec les dernières loges un peu plus grandes que les initiales. Sutures déprimées, droites. Paroi finement arénacée. Ouverture ronde avec une lèvre légèrement élevée. Nos spécimens sont plus comprimés latéralement que celui de la description originale.
- Dimensions:** Longueur = 320 μm (n = 3).
- Distribution:** Elle est signalée dans les sédiments quaternaires de la plaine abyssale ibérique (*carottes* du Leg 149 d'IODP; Collins *et al.*, 1996).
- Échantillon:** IODP 303, site: 1302, forage: C, carotte: 2, section: 5, intervalle: 46-48 cm

Famille Stainforthiidae Reiss, 1963
Genre *Stainforthia* Hofker, 1956

Stainforthia complanata (Egger, 1893)

Planche 16, Numéros 12 et 13

- Nom original:** *Virgulina schreibersiana* Czjzek var. *complanata* Egger, 1893
- Description:** Test étroit, fusiforme, de coupe transversale arrondie, gonflé, avec un arrangement trisérié au début et bisérié et tordu ensuite. Sutures obliques, non déprimées, donnant à l'ensemble du test un aspect très régulier. Paroi calcaire, hyaline, finement perforée et lisse. Ouverture en boucle en position latérale dans la dernière loge.
- Dimensions:** Longueur = 270 μm (n = 3).
- Distribution:** Cette espèce a été signalée en Mer Adriatique par Morigi *et al.* (2005).
- Échantillon:** Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1316-1318 cm

Stainforthia concava (Höglund, 1947)

Planche 16, Numéros 14 et 15

Nom original: *Virgulina concava* Höglund, 1947

Description: Test étroit, légèrement gonflé et fusiforme, de coupe transversale arrondie, avec un arrangement trisérié au début et bisérié et tordu ensuite. Sutures obliques et déprimées. Paroi calcaire, hyaline, finement perforée et lisse. Présence d'une épine distale assez distincte. Ouverture en boucle, positionnée latéralement dans la dernière loge. L'épine distale chez nos spécimens est moins longue que celle illustrée dans la référence originale.

Dimensions: Longueur = 420 μm (n = 3).

Distribution: Elle est présente dans l'Océan Arctique au nord de l'Alaska (Ishman et Foley, 1996).

Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1446-1448 cm

Stainforthia fusiformis (Williamson, 1858)

Planche 16, Numéros 16 et 17

Nom original: *Bulimina pupoides* var. *fusiformis* Williamson, 1858

Description: Test étroit, en général gonflé et légèrement fusiforme, de coupe transversale ovale, avec un arrangement trisérié au début et bisérié et tordu ensuite. Dernières loges beaucoup plus grandes et plus gonflées que les autres. Sutures obliques et déprimées. Paroi calcaire, semi-transparente, finement perforée et lisse. L'ouverture est en position latérale ou plus rarement, terminale.

Dimensions: Longueur = 240 μm (n = 3).

Distribution: Elle est signalée dans les sédiments quaternaires de la plaine abyssale ibérique (carottes du Leg 149 d'IODP; Collins *et al.*, 1996). Elle aussi mentionnée dans le nord-est de l'Atlantique (Gooday et Hughes, 2002). C'est une des formes les plus opportunistes pouvant tolérer des périodes prolongées d'anoxie (Bernhard et Bowser, 1999).

Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1346-1348 cm

Famille Tosaiidae Saidova, 1981

Genre *Tosaia* takayanagi, 1953

Tosaia hanzawai Takayanagi, 1953

Planche 17, Numéros 3 et 4

Description: Test petit, trisérié au début et bisérié ensuite. Extrémité initiale pointue. Les loges deviennent beaucoup plus globuleuses au fur et à mesure qu'elles s'ajoutent. Paroi calcaire, finement perforée et lisse de couleur fauve ou grise. Ouverture basale en fente étroite avec une lèvre supérieure.

Dimensions: Longueur = 260 μm (n = 3).

Distribution: Elle a été signalée dans les sédiments quaternaires de la plaine abyssale ibérique (carottes du Leg 149 d'IODP; Collins *et al.*, 1996).

Échantillon: Carotte: HU-P90-013-013, intervalle: 1316-1318 cm

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

PLANCHE 1

1. *Abditodentrix pseudothalmanni* (Boltovskoy et Giussani de Kahn, 1981); vue latérale.
2. *Abditodentrix pseudothalmanni* (Boltovskoy et Giussani de Kahn, 1981); vue aperturale.
3. *Alabaminella weddellensis* (Earland, 1936); vue ventrale.
4. *Alabaminella weddellensis* (Earland, 1936); vue aperturale.
5. *Alabaminella weddellensis* (Earland, 1936); vue dorsale.
6. *Angulogerina angulosa* (Williamson, 1858); vue latérale.
7. *Angulogerina angulosa* (Williamson, 1858); détail de l'ouverture.
8. *Angulogerina fluens* Todd, 1947; vue latérale.
9. *Astrononion gallowayi* Loeblich et Tappan, 1953; vue dorsale.
10. *Astrononion gallowayi* Loeblich et Tappan, 1953; vue aperturale.
11. *Bolivinellina pseudopunctata* (Höglund, 1947); vue latérale.
12. *Bolivinellina pseudopunctata* (Höglund, 1947); détail d'une loge qui montre la distribution hétérogène des pores.
13. *Bolivinellina pseudopunctata* (Höglund, 1947); vue aperturale.
14. *Buccella tenerrima* (Bandy, 1950); vue ventrale.
15. *Bulimina aculeata* d'Orbigny, 1826; vue latérale.
16. *Bulimina aculeata* d'Orbigny, 1826; détail de l'ouverture.
17. *Bulimina alazanensis* Cushman, 1927; vue latérale.
18. *Bulimina alazanensis* Cushman, 1927; détail de l'ouverture.

Planche 1

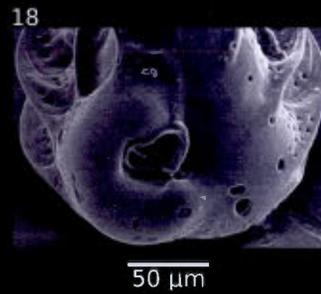
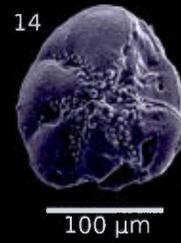
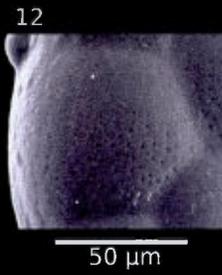
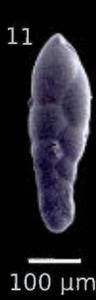
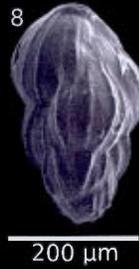
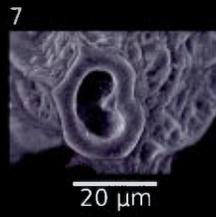
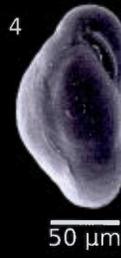
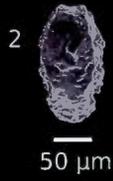


PLANCHE 2

1. *Cassidulina delicata* Cushman, 1927; vue aperturale.
2. *Cassidulina delicata* Cushman, 1927; détail de l'ouverture.
3. *Cassidulina delicata* Cushman, 1927; vue latérale.
4. *Cassidulina laevigata* d'Orbigny 1826; vue aperturale.
5. *Cassidulina laevigata* d'Orbigny 1826; détail de l'ouverture.
6. *Cassidulina laevigata* d'Orbigny 1826; vue latérale.
7. *Cassidulina laevigata* d'Orbigny var. *carinata* Silvestri, 1896; vue aperturale.
8. *Cassidulina laevigata* d'Orbigny var. *carinata* Silvestri, 1896; détail de l'ouverture.
9. *Cassidulina laevigata* d'Orbigny var. *carinata* Silvestri, 1896; vue latérale.
10. *Cassidulina obtusa* Williamson, 1858; vue aperturale.
11. *Cassidulina obtusa* Williamson, 1858; détail de l'ouverture.
12. *Cassidulina obtusa* Williamson, 1858; vue latérale.

Planche 2

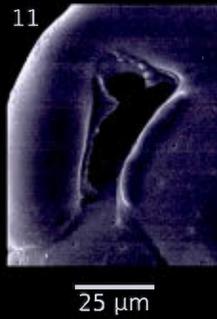
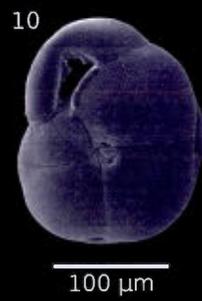
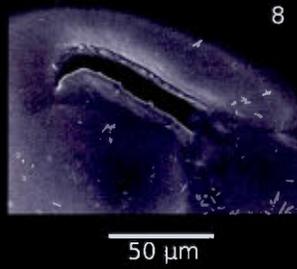
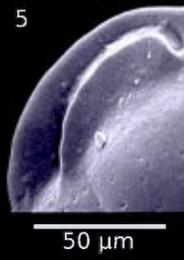
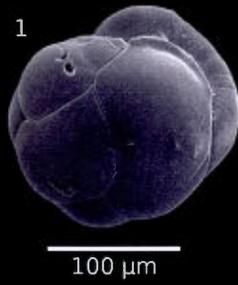


PLANCHE 3

1. *Cassidulina reniforme* Nørvang, 1945; vue aperturale.
2. *Cassidulina reniforme* Nørvang, 1945; détail de l'ouverture.
3. *Cassidulina reniforme* Nørvang, 1945; vue latérale.
4. *Cassidulina subglobosa* Brady, 1881; vue aperturale.
5. *Cassidulina subglobosa* Brady, 1881; détail de l'ouverture.
6. *Cassidulina subglobosa* Brady, 1881; vue latérale.
7. *Chilostomella oolina* Schwager, 1878; vue latérale.
8. *Cibicides lobatulus* (Walker et Jacob, 1784); vue dorsale.
9. *Cibicides lobatulus* (Walker et Jacob, 1784); vue aperturale.
10. *Cibicides lobatulus* (Walker et Jacob, 1784); vue ventrale.

Planche 3

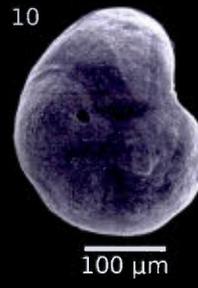
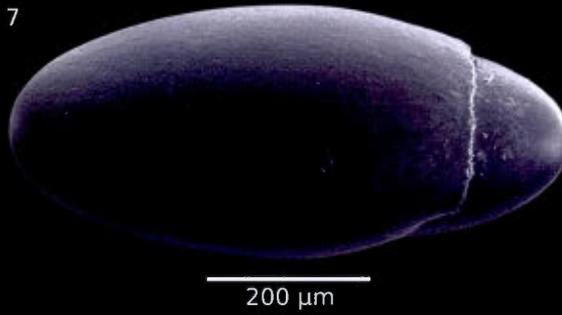
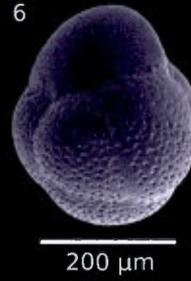
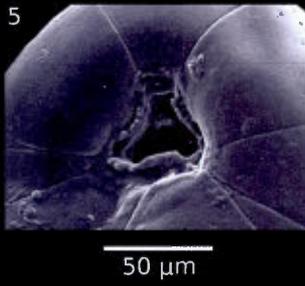


PLANCHE 4

1. *Cibicides pseudoungerianus* (Cushman, 1922); vue dorsale.
2. *Cibicides pseudoungerianus* (Cushman, 1922); vue aperturale.
3. *Cibicides pseudoungerianus* (Cushman, 1922); vue ventrale.
4. *Cibicides refulgens* Montfort, 1808; vue dorsale.
5. *Cibicides refulgens* Montfort, 1808; vue aperturale.
6. *Cibicides refulgens* Montfort, 1808; vue ventrale.
7. *Cibicidoides bradyi* (Trauth, 1918); vue dorsale.
8. *Cibicidoides bradyi* (Trauth, 1918); vue aperturale.
9. *Cibicidoides bradyi* (Trauth, 1918); vue ventrale.
10. *Dentalina frovisherensis* Loeblich et Tappan, 1953; vue latérale.
11. *Dentalina frovisherensis* Loeblich et Tappan, 1953; détail de l'ouverture.

Planche 4

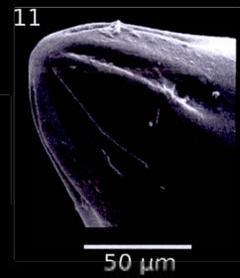
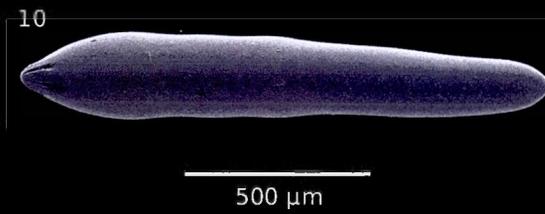
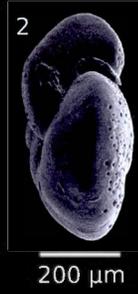
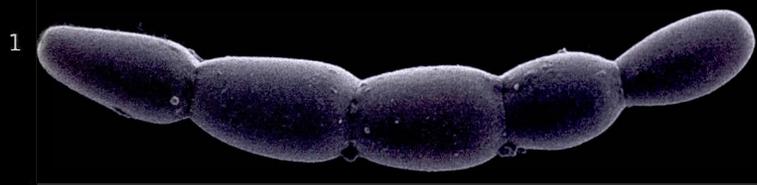


PLANCHE 5

1. *Dentalina ittai* Loeblich et Tappan, 1953; vue latérale.
2. *Ehrenbergina undulata* Parker, 1953; vue latérale.
3. *Ehrenbergina undulata* Parker, 1953; vue aperturale.
4. *Elphidium excavatum* (Terquem) forma *clavata* Cushman, 1930; vue dorsale.
5. *Elphidium excavatum* (Terquem) forma *clavata* Cushman, 1930; vue aperturale.
6. *Elphidium incertum* (Williamson, 1858); vue dorsale.
7. *Elphidium incertum* (Williamson, 1858); vue aperturale.
8. *Elphidium subarcticum* Cushman 1944; vue dorsale.
9. *Elphidium subarcticum* Cushman 1944; vue aperturale.
10. *Epistominella exigua* (Brady, 1884); vue ventrale.
11. *Epistominella exigua* (Brady, 1884); vue aperturale.
12. *Epistominella exigua* (Brady, 1884); vue dorsale.
13. *Epistominella exigua* (Brady, 1884); détail de l'ouverture.

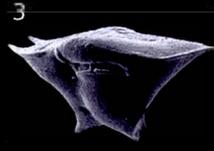
Planche 5



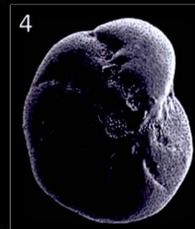
200 μm



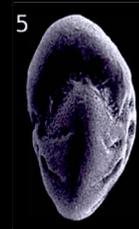
200 μm



200 μm



200 μm



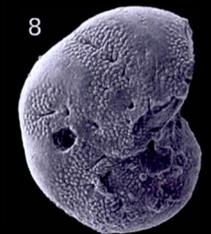
200 μm



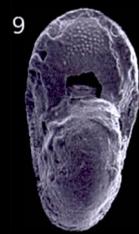
100 μm



100 μm



100 μm



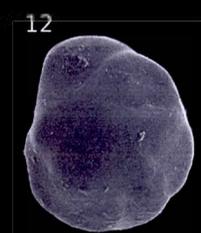
100 μm



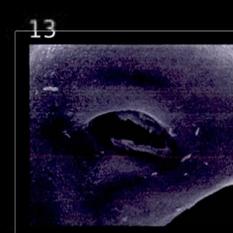
100 μm



100 μm



100 μm



50 μm

PLANCHE 6

1. *Fissurina apiculata* Reuss, 1863; vue latérale.
2. *Fissurina apiculata* Reuss, 1863; vue aperturale.
3. *Fissurina apiculata* Reuss, 1863; vue latérale (par la tranche).
4. *Fissurina fasciata* (Egger, 1857); vue latérale.
5. *Fissurina fasciata* (Egger, 1857); vue aperturale.
6. *Fissurina fasciata* (Egger, 1857); vue latérale (par la tranche).
7. *Fontbotia wuellerstorfi* (Schwager, 1866); vue dorsale.
8. *Fontbotia wuellerstorfi* (Schwager, 1866); vue aperturale.
9. *Fontbotia wuellerstorfi* (Schwager, 1866); vue ventrale.
10. *Francesita advena* (Cushman, 1922); vue latérale.
11. *Francesita advena* (Cushman, 1922); vue aperturale.

Planche 6

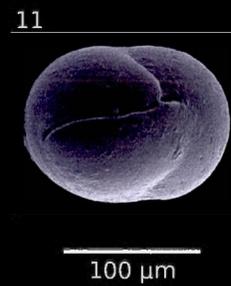
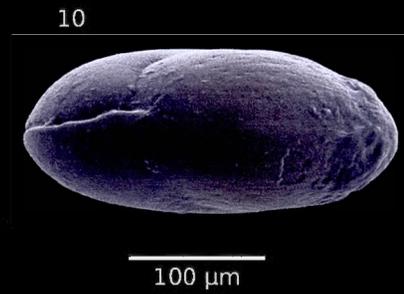
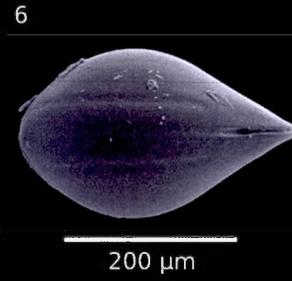
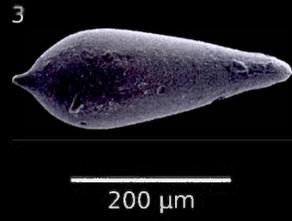
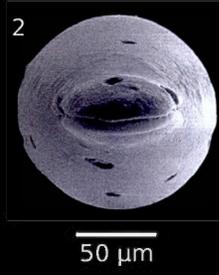


PLANCHE 7

1. *Gavelinopsis praegeri* Hofker, 1951; vue su côté ombilical.
2. *Gavelinopsis praegeri* Hofker, 1951; vue aperturale (par la tranche).
3. *Gavelinopsis praegeri* Hofker, 1951; vue dorsale.
4. *Glandulina laevigata* (d'Orbigny, 1826); vue latérale.
5. *Gyroidina orbicularis* d'Orbigny, 1926; vue ventrale.
6. *Gyroidina orbicularis* d'Orbigny, 1926; vue aperturale (par la tranche).
7. *Gyroidina orbicularis* d'Orbigny, 1926; vue dorsale.
8. *Gyroidina polia* (Phleger et Parker, 1951); vue ventrale.
9. *Gyroidina polia* (Phleger et Parker, 1951); vue aperturale (par la tranche).
10. *Gyroidina polia* (Phleger et Parker, 1951); vue dorsale.

Planche 7

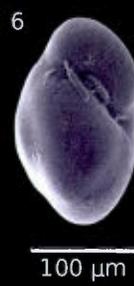
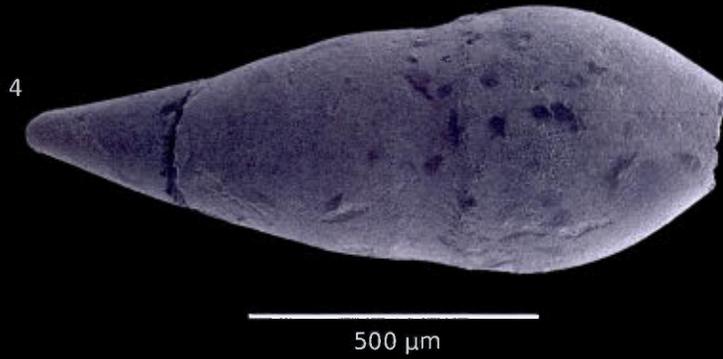
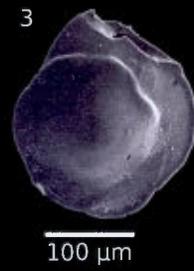


PLANCHE 8

1. *Gyroidina soldanii* (d'Orbigny, 1826); vue ventrale.
2. *Gyroidina soldanii* (d'Orbigny, 1826); vue aperturale (par la tranche).
3. *Gyroidina soldanii* (d'Orbigny, 1826); vue dorsale.
4. *Gyroidina umbonata* (Silvestri, 1898); vue ventrale.
5. *Gyroidina umbonata* (Silvestri, 1898); vue aperturale (par la tranche).
6. *Gyroidina umbonata* (Silvestri, 1898); vue dorsale.
7. *Haynesina orbicularis* (Brady, 1881); vue dorsale.
8. *Haynesina orbicularis* (Brady, 1881); vue aperturale.
9. *Hoeglundina elegans* (d'Orbigny, 1878); détail de l'ouverture périphérique.
10. *Hoeglundina elegans* (d'Orbigny, 1878); vue ventrale.
11. *Hoeglundina elegans* (d'Orbigny, 1878); vue aperturale (par la tranche).
12. *Hoeglundina elegans* (d'Orbigny, 1878); vue dorsale.

Planche 8

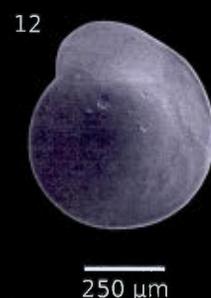
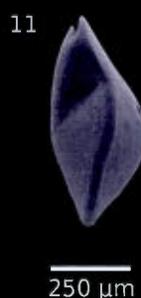
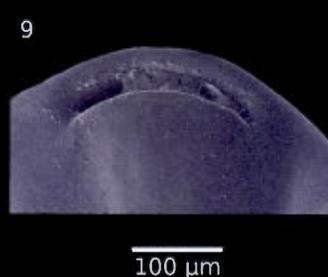


PLANCHE 9

1. *Hyalinonetrion gracilimum* (Seguenza, 1862); vue latérale.
2. *Hyalinonetrion gracilis* (Costa, 1856); vue latérale.
3. *Ioanella tumidula* (Brady, 1884); vue ventrale.
4. *Ioanella tumidula* (Brady, 1884); vue aperturale (par la tranche).
5. *Ioanella tumidula* (Brady, 1884); vue dorsale.
6. *Islandiella helenae* Feyling-Hanssen et Buzas, 1976; vue aperturale.
7. *Islandiella helenae* Feyling-Hanssen et Buzas, 1976; vue aperturale (par la tranche).
8. *Islandiella norcrossi* (Cushman, 1933); vue aperturale.
9. *Islandiella norcrossi* (Cushman, 1933); vue aperturale (par la tranche).
10. *Karreriella bradyi* (Cushman, 1911); vue latérale.
11. *Karreriella bradyi* (Cushman, 1911); détail de l'ouverture.
12. *Laticarinina pauperata* (Parker et Jones, 1865); vue dorsale.

Planche 9

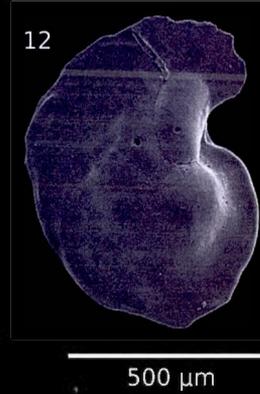
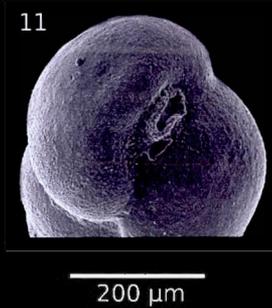
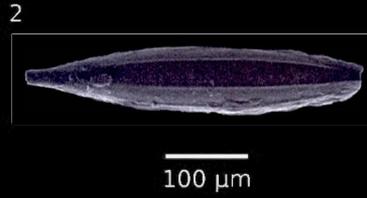
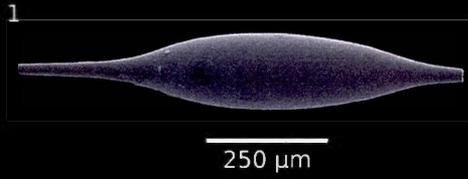


PLANCHE 10

1. *Lenticulina angulata* (Reuss, 1851); vue dorsale.
2. *Lenticulina angulata* (Reuss, 1851); vue aperturale (par la tranche).
3. *Lenticulina angulata* (Reuss, 1851); détail de l'ouverture.
4. *Melonis barleeanum* (Williamson, 1858); vue dorsale.
5. *Melonis barleeanum* (Williamson, 1858); vue aperturale (par la tranche).
6. *Melonis pompiloides* (Fichtel et Moll, 1798); vue dorsale.
7. *Melonis pompiloides* (Fichtel et Moll, 1798); vue aperturale (par la tranche).
8. *Nonionella iridea* Heron-Allen & Earland, 1932; vue ventrale.
9. *Nonionella iridea* Heron-Allen & Earland, 1932; vue aperturale (par la tranche).
10. *Nonionella iridea* Heron-Allen & Earland, 1932; vue dorsale.
11. *Nonionella turgida* (Williamson, 1858); vue ventrale.
12. *Nonionella turgida* (Williamson, 1858); vue aperturale (par la tranche).
13. *Nonionella turgida* (Williamson, 1858); vue dorsale.

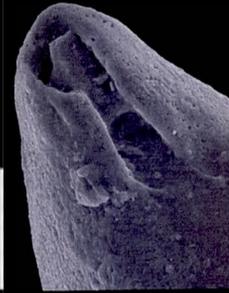
Planche 10



100 μ m



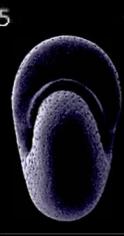
100 μ m



25 μ m



200 μ m



200 μ m



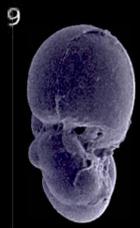
200 μ m



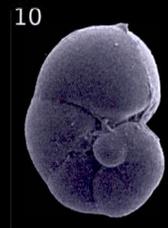
200 μ m



100 μ m



100 μ m



100 μ m



100 μ m



100 μ m



100 μ m

PLANCHE 11

1. *Nummulopyrgo globulus* (Hofker, 1976); vue latérale.
2. *Nummulopyrgo globulus* (Hofker, 1976); détail de l'ouverture.
3. *Nummulopyrgo globulus* (Hofker, 1976); vue latérale (par la tranche).
4. *Nuttalides umbonifera* (Cushman, 1933); vue ventrale.
5. *Nuttalides umbonifera* (Cushman, 1933); vue aperturale (par la tranche).
6. *Nuttalides umbonifera* (Cushman, 1933); vue dorsale.
7. *Oolina caudigera* (Wiesner, 1931); vue latérale.
8. *Oolina caudigera* (Wiesner, 1931); détail de l'ouverture.
9. *Oolina melo* d'Orbigny, 1839; vue latérale.
10. *Oolina melo* d'Orbigny, 1839; vue aperturale.
11. *Oolina parisoina* Loeblich et Tappan, 1994; vue latérale.

Planche 11

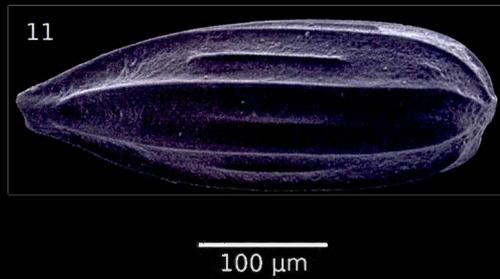
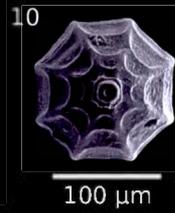
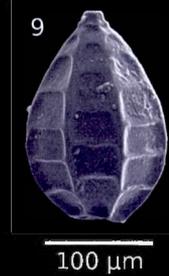
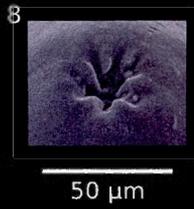
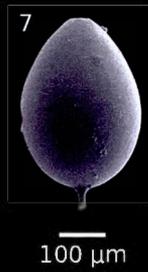
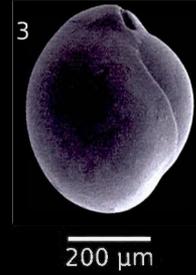
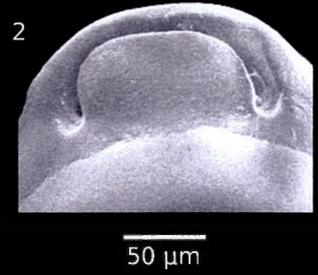
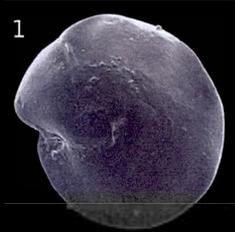


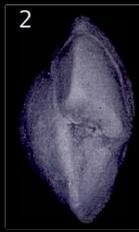
PLANCHE 12

1. *Oridorsalis tener* (Brady, 1884); vue ventrale.
2. *Oridorsalis tener* (Brady, 1884); vue aperturale (par la tranche).
3. *Oridorsalis tener* (Brady, 1884); vue dorsale.
4. *Oridorsalis umbonatus* (Reuss, 1851); vue ventrale.
5. *Oridorsalis umbonatus* (Reuss, 1851); vue aperturale (par la tranche).
6. *Oridorsalis umbonatus* (Reuss, 1851); vue dorsale.
7. *Palliolatella palliolata* (Earland, 1934); vue latérale.
8. *Palliolatella palliolata* (Earland, 1934); vue aperturale.
9. *Palliolatella palliolata* (Earland, 1934); vue latérale (par la tranche).
10. *Parafissurina arctica* Green, 1959; vue latérale.
11. *Parafissurina arctica* Green, 1959; vue aperturale.
12. *Parafissurina fusuliformis* Loeblich et Tappan, 1953; vue latérale.
13. *Parafissurina fusuliformis* Loeblich et Tappan, 1953; vue aperturale.

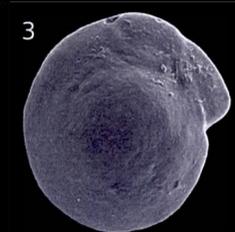
Planche 12



250 μ m



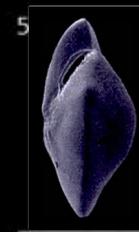
250 μ m



250 μ m



200 μ m



200 μ m



200 μ m



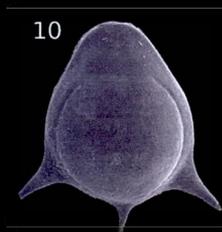
200 μ m



200 μ m



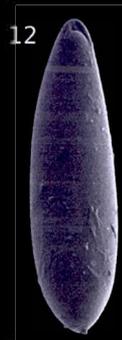
200 μ m



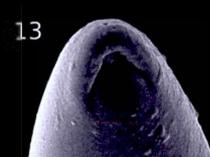
100 μ m



100 μ m



100 μ m



25 μ m

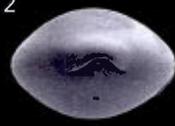
PLANCHE 13

1. *Parafissurina lateralis* (Cushman, 1913); vue latérale.
2. *Parafissurina lateralis* (Cushman, 1913); vue aperturale.
3. *Parafissurina lateralis* (Cushman, 1913); vue latérale (par la tranche).
4. *Parafissurina lateralis* (Cushman) forma *carinata* (Buchner, 1940); vue latérale.
5. *Parafissurina lateralis* (Cushman) forma *carinata* (Buchner, 1940); vue aperturale.
6. *Parafissurina lateralis* (Cushman) forma *carinata* (Buchner, 1940); vue latérale (par la tranche).
7. *Parafissurina tricarinata* Parr, 1950; vue latérale.
8. *Parafissurina tricarinata* Parr, 1950; vue aperturale.
9. *Parafissurina tricarinata* Parr, 1950; vue latérale (par la tranche).
10. *Parafissurina ventricosa* (Silvestri, 1904); vue latérale.
11. *Parafissurina ventricosa* (Silvestri, 1904); vue aperturale.
12. *Parafissurina ventricosa* (Silvestri, 1904); vue latérale (par la tranche).

Planche 13



100 μ m



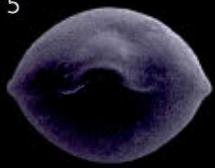
100 μ m



100 μ m



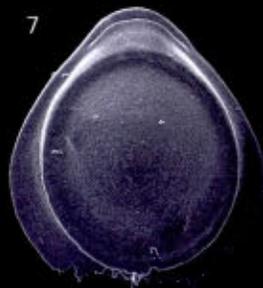
100 μ m



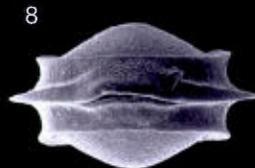
100 μ m



100 μ m



100 μ m



100 μ m



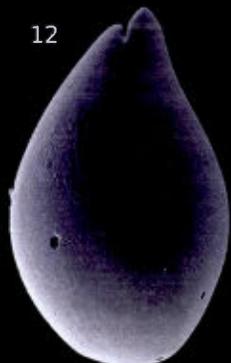
100 μ m



100 μ m



100 μ m



100 μ m

PLANCHE 14

1. *Procerolagena gracilis* (Williamson, 1848); vue latérale.
2. *Procerolagena meridionalis* (Wiesner, 1931); vue latérale.
3. *Procerolagena wiesneri* (Parr, 1950); vue latérale.
4. *Protoglobobulimina pupoides* (d'Orbigny 1846); vue latérale.
5. *Pullenia bulloides* (d'Orbigny, 1846); vue dorsale.
6. *Pullenia bulloides* (d'Orbigny, 1846); vue aperturale.
7. *Pullenia osloensis* Feyling-Hanssen, 1954; vue dorsale.
8. *Pullenia osloensis* Feyling-Hanssen, 1954; vue aperturale.
9. *Pullenia quinqueloba* (Reuss, 1851); vue dorsale.
10. *Pullenia quinqueloba* (Reuss, 1851); vue aperturale.
11. *Pygmaeoseistron hispidum* (Reuss, 1863); vue latérale.
12. *Pygmaeoseistron hispidum* (Reuss, 1863); détail de la base du col montrant les épines.
13. *Pygmaeoseistron hispidum* (Reuss, 1863); détail de l'ouverture.

Planche 14

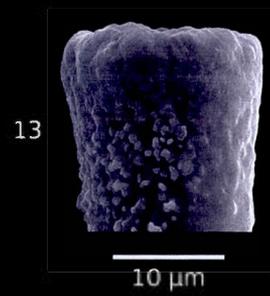
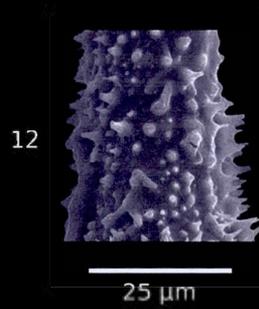
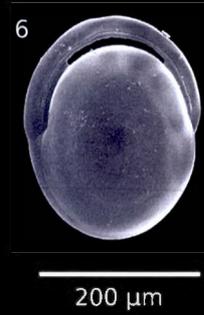
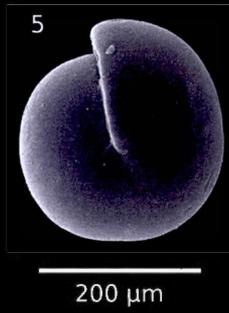
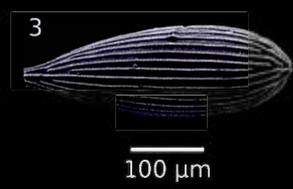
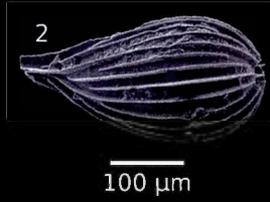
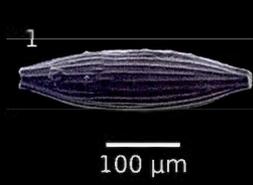


PLANCHE 15

1. *Pyrgo murrhina* (Schwager, 1866); vue latérale.
2. *Pyrgo murrhina* (Schwager, 1866); vue aperturale.
3. *Pyrgo murrhina* (Schwager, 1866); vue latérale (par la tranche).
4. *Pyrgo williamsoni* (Silvestri, 1923); vue latérale.
5. *Pyrgo williamsoni* (Silvestri, 1923); vue aperturale.
6. *Pyrgo williamsoni* (Silvestri, 1923); vue latérale (par la tranche).
7. *Pytine paradoxa* (Sidebottom, 1912); vue latérale.
8. *Pytine paradoxa* (Sidebottom, 1912); détail de la surface du test.
9. *Pytine petaloskelis* Patterson et Richardson, 1988; vue latérale.
10. *Pytine petaloskelis* Patterson et Richardson, 1988; vue de la double paroi du test.
11. *Quinqueloculina arctica* Cushman, 1933; vue latérale.
12. *Quinqueloculina arctica* Cushman, 1933; vue aperturale.
13. *Quinqueloculina arctica* Cushman, 1933; vue latérale (par la tranche).

Planche 15



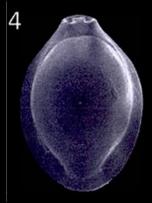
200 μ m



200 μ m



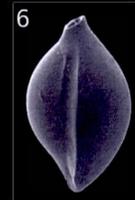
200 μ m



200 μ m



200 μ m



200 μ m



200 μ m



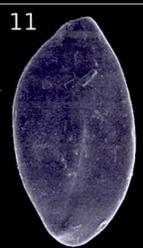
20 μ m



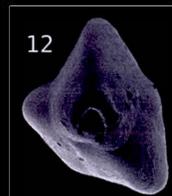
200 μ m



50 μ m



200 μ m



100 μ m



200 μ m

PLANCHE 16

1. *Quinqueloculina ectypha* Loeblich et Tappan, 1994; vue latérale.
2. *Quinqueloculina ectypha* Loeblich et Tappan, 1994; vue aperturale.
3. *Quinqueloculina seminula* (Linnaeus, 1758); vue latérale.
4. *Quinqueloculina seminula* (Linnaeus, 1758); détail de l'ouverture.
5. *Reophax bacillaris* Brady, 1881; vue latérale.
6. *Sigmoilopsis schlumbergeri* (Silvestri, 1904); vue latérale.
7. *Siphotextularia rolshauseni* Phleger et Parker, 1951; vue latérale.
8. *Siphotextularia rolshauseni* Phleger et Parker, 1951; vue aperturale.
9. *Siphouvigerina spinescens* Saïdova, 1975; vue latérale.
10. *Spiroloculina pusilla* Earland, 1934; vue latérale.
11. *Spiroloculina pusilla* Earland, 1934; vue aperturale.
12. *Stainforthia complanata* (Egger, 1893); vue latérale.
13. *Stainforthia complanata* (Egger, 1893); détail de l'ouverture.
14. *Stainforthia concava* (Höglund, 1947); vue latérale.
15. *Stainforthia concava* (Höglund, 1947); détail de l'ouverture.
16. *Stainforthia fusiformis* (Williamson, 1858); vue latérale.
17. *Stainforthia fusiformis* (Williamson, 1858); détail de l'ouverture.

Planche 16

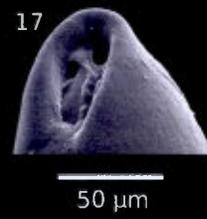
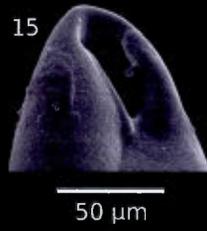
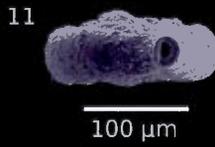
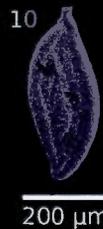
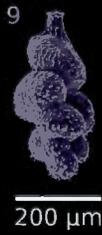
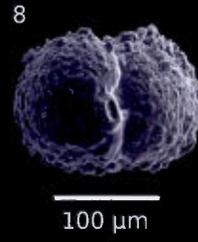
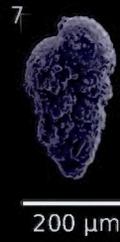
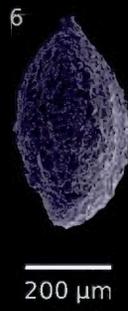
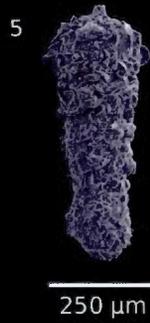
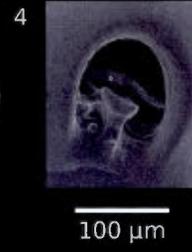
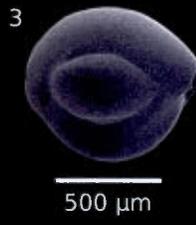
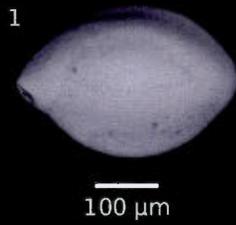


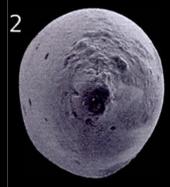
PLANCHE 17

1. *Tappanella arctica* Gudina and Saidova, 1969; vue latérale.
2. *Tappanella arctica* Gudina and Saidova, 1969; vue aperturale.
3. *Tosaia hanzawai* Takayanagi, 1953; vue latérale.
4. *Tosaia hanzawai* Takayanagi, 1953; vue aperturale.
5. *Triloculina frigida* Lagoe, 1977; vue latérale.
6. *Triloculina frigida* Lagoe, 1977; vue aperturale.
7. *Triloculina trihedra* Loeblich & Tappan, 1953; vue latérale.
8. *Triloculina trihedra* Loeblich & Tappan, 1953; vue aperturale.
9. *Uvigerina hispida* Schwager, 1866; vue latérale.
10. *Uvigerina peregrina* Cushman. 1923; vue latérale.
11. *Vasicostella singulara* Patterson et Richardson, 1987; vue latérale.
12. *Vasicostella singulara* Patterson et Richardson, 1987; vue aperturale.
13. *Valvulineria arctica* Green, 1959; vue dorsale.
14. *Valvulineria arctica* Green, 1959; vue aperturale.
15. *Valvulineria arctica* Green, 1959; détail de l'ouverture.
16. *Valvulineria arctica* Green, 1959; vue ventrale.

Planche 17



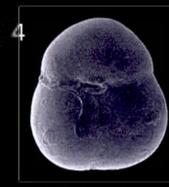
200 μ m



100 μ m



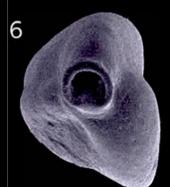
200 μ m



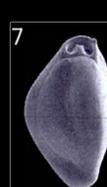
200 μ m



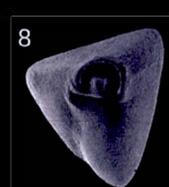
100 μ m



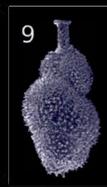
50 μ m



200 μ m



100 μ m



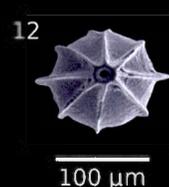
200 μ m



200 μ m



100 μ m



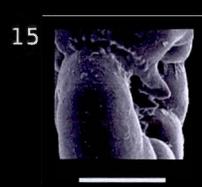
100 μ m



100 μ m



100 μ m



50 μ m



100 μ m

CHAPITRE IV

ASSEMBLAGES DE FORAMINIFÈRES BENTHIQUES

Ce chapitre présente les résultats des analyses isotopiques et des analyses des assemblages de foraminifères benthiques. Les résultats des assemblages seront discutés dans le chapitre V.

4.1 Composition isotopique des foraminifères

La composition isotopique ($\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$) des foraminifères planctoniques (*Neogloboquadrina pachyderma* - *Npl*) et benthiques (*Fontbotia wuellerstorfi* - *Fw*- et *Uvigerina peregrina* - *Up*) des échantillons interglaciaires des sites d'Orphan Knoll et Eirik Ridge est illustrée sur la Figure 4.1.

La courbe du $\delta^{18}\text{O}_{Npl}$ présente de très légères différences entre les deux sites étudiés. À Orphan Knoll, les valeurs du $\delta^{18}\text{O}_{Npl}$ du stade isotopique 5e (129-117 ka) varient entre $\sim 1,8$ et $2,5$ ‰, alors qu'à d'Eirik Ridge les valeurs sont un peu plus élevées et varient entre $\sim 2,25$ et $2,75$ ‰ (Hillaire-Marcel *et al.*, 1994, 2001, 2011). La distribution des valeurs $\delta^{13}\text{C}_{Npl}$ est comprise entre $-0,5$ ‰ et $0,25$ ‰ à Orphan Knoll, tandis qu'elles sont de 0 ‰ à $0,6$ ‰ à Eirik Ridge (<http://www.geotop.ca>).

La composition isotopique de l'oxygène ($\delta^{18}\text{O}$) de *Fontbotia wuellerstorfi* et *Uvigerina peregrina* ($\delta^{18}\text{O}_{\text{benthique}}$) est très différente selon le site. Elle présente un domaine de variation entre 3 et $3,5$ ‰ à Orphan Knoll et entre $2,5$ et 3 ‰ à Eirik Ridge. Après l'ajustement des courbes du $\delta^{18}\text{O}_{Fw}$ des deux sites étudiés avec la courbe de référence (*stack* benthique LR04) de Lisiecki et Raymo (2005) on a pu constater que la courbe du $\delta^{18}\text{O}_{Fw}$ d'Orphan Knoll est de $0,25$ ‰ inférieure à celle de la courbe du *stack* benthique LR04 tandis que la courbe du $\delta^{18}\text{O}_{Fw}$ d'Eirik Ridge, présente un écart d'environ $-0,75$ ‰ par rapport à la courbe du *stack* benthique LR04.

Les courbes du $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$ présentent une plus forte variabilité à Orphan Knoll qu'à Eirik Ridge. Cela pourrait être attribué à un lissage par la bioturbation plus important à

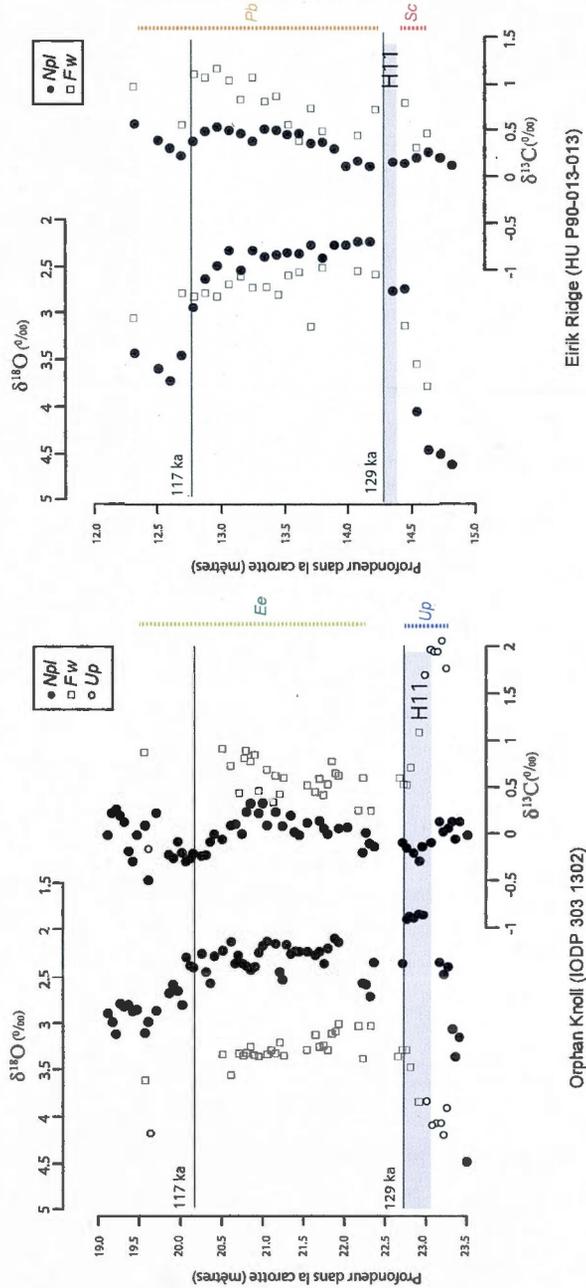


Figure 4.1 Composition isotopique ($\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$) des foraminifères planctoniques (*Neogloboquadrina pachyderma* lev.) et benthiques corrigées (+0.64; *Fontbotia wuellerstorfi* = *Anomalina wuellerstorfi* Schwager, 1881) dans les sédiments interglaciaires des sites d'Orphan Knoll et d'Eirik Ridge. Seulement les données benthiques d'Orphan Knoll ont été obtenues dans cette étude, dont sept, à partir des spécimens d'*Uvigerina peregrina*. Les données du site d'Eirik Ridge proviennent de Hillaire-Marcel *et al.* (2001). Les lignes pointillées en couleurs indiquent la coïncidence avec les assemblages dominés par *Epistominella exigua* (*Ee*), *Uvigerina peregrina* (*Up*), *Pullenia bulloides* (*Pb*) et *Stainforthia concava* (*Sc*). Les dates indiquées sont issues de la stratigraphie isotopique benthique de Lisiecki et Raymo (2005). Le rectangle gris indique l'évènement Heinrich 11 (H11). Les données du $\delta^{18}\text{O}_{\text{org}}$ du site d'Orphan Knoll proviennent de Hillaire-Marcel *et al.* (2011). La stratigraphie isotopique est définie par Hillaire-Marcel *et al.* (2001, 2011).

Eirik Ridge qu'à Orphan Knoll. Des différences régionales et une plus grande variabilité des masses d'eau au site d'Orphan Knoll sont également possibles.

Un lissage éventuel de la séquence sédimentaire ainsi que des particularités régionales doivent être pris en compte pour la définition stricte du stade isotopique 5e. Au site d'Eirik Ridge, la comparaison de la courbe du $\delta^{18}\text{O}_{Fw}$ avec celle de référence (LR04) est difficile parce que les transitions isotopiques 6/5e et 5e/5d n'y sont pas claires. Pour cette raison, on y a utilisé la courbe du $\delta^{18}\text{O}_{Npl}$ au lieu de celle du $\delta^{18}\text{O}_{Fw}$ pour la définition des transitions 6/5e et 5e/5d (cf. Hillaire-Marcel *et al.*, 2001, 2011). Au site d'Orphan Knoll, la transition 6/5e a été définie au-dessus d'une couche marquée par des apports détritiques et un pic de faibles valeurs du $\delta^{18}\text{O}_{Npl}$ qui correspondrait à l'événement Heinrich 11 (cf. Hillaire-Marcel *et al.*, 2011).

Le $\delta^{13}\text{C}$ de *Fontbotia wuellerstorfi* et *Uvigerina peregrina* ($\delta^{13}\text{C}$) varie entre 0,22 et 0,88‰ dans la carotte d'Orphan Knoll et entre 0,29 et 1,13‰ dans la carotte d'Eirik Ridge. Au centre du plateau du stade isotopique 5e, les courbes de $\delta^{13}\text{C}_{Npl}$ et de $\delta^{13}\text{C}_{Fw}$ montrent une tendance assez semblable dans les deux sites étudiés. Cependant, aux deux extrêmes du plateau, ces courbes $\delta^{13}\text{C}$ des foraminifères planctoniques et benthiques diffèrent d'à peu près 0,6‰ à Eirik Ridge et 1,6‰ à Orphan Knoll, site où les masses d'eau intermédiaire (*Npl*) et profondes (benthiques) paraissent avoir été beaucoup plus stratifiées pendant le dernier interglaciaire.

4.2 Les assemblages de foraminifères benthiques

4.2.1 Estimation de l'effet de la taille de maille au tamisage des échantillons

Les dénombrements réalisés sur des échantillons tamisés à 106 μm et 125 μm ont permis d'évaluer l'effet de la dimension granulométrique sur les assemblages (Annexes I et II). Les résultats (Annexe III) montrent des assemblages semblables qui ont des concentrations du même ordre de magnitude ($\sim 10^1$ - 10^2 ind/cm³) dans les échantillons issus de la fraction supérieure à 106 μm et ceux de la fraction supérieure à 125 μm . Seule l'espèce *Alabaminella weddellensis* présente des différences de représentation selon les fractions (Annexe II). Cependant, la prise en compte ou l'exclusion de cette espèce dans les analyses

numériques ne modifie pas les regroupements. On considère ainsi que les résultats issus des analyses dans les deux sites sont comparables.

4.2.2 Concentrations et abondances relatives

Les pourcentages des différents taxons, les concentrations totales ainsi que le nombre de taxons sont présentés sur la Figure 4.2. À Orphan Knoll (IODP-1302), la base de la section étudiée (entre 23,25 et 22,75 m; ~132-129 ka) est caractérisée par des concentrations très faibles (de 6 à 8 individus/cm³), un nombre faible d'espèces (entre 3 et 18) et la dominance d'*Uvigerina peregrina* (20% et 93%). L'échantillon situé à 22,2 m (~127 ka) est caractérisé par une concentration de 53 individus/cm³ et un nombre d'espèces élevé (n = 37). Il se singularise par la codominance d'*Epistominella exigua* (13,7%) et *Oridorsalis umbonatus* (11%). Entre 21,92 et 21,67 m (~126-124 ka), la concentration est de 10-13 individus/cm³ et un maximum de 23 taxons ont été identifiés.

La partie inférieure de cet intervalle montre d'abord la dominance de *Fontbotia wuellerstorfi* (27%), puis la dominance d'*Epistominella exigua* (12%) dans l'échantillon supérieur. Entre 21,12 et 20,02 m (~122-116 ka), on observe des concentrations de 38 à 76 individus/cm³ avec un nombre d'espèces élevé (35 à 43). Cet intervalle est marqué par la dominance d'*Epistominella exigua* et *Pullenia bulloides* (>27% et 12-17% respectivement). À partir de 19,67 m (après ~115 ka), la concentration est faible, de 15 à 17 individus/cm³, mais le nombre d'espèces est assez élevé (entre 24 et 28) avec la codominance d'*Epistominella exigua* et *Oridorsalis umbonatus* (13-21% et 13-16% respectivement) jusqu'au sommet de la section. (Figure 4.2).

À Eirik Ridge (HU-P90-013-013), les deux échantillons à la base de la section étudiée (14,57 et 14,47 m; ~131-130 ka) présentent des concentrations peu élevées, de 6 à 7 individus/cm³, et une faible diversité taxonomique (8 espèces). Les assemblages y montrent la codominance de *Stainforthia concava* (30-70%) et *Pullenia bulloides* (15-26%). Les échantillons entre 14,37 et 14,07 m (~129-127 ka) ont des concentrations très faibles (~1 individu/cm³) mais le nombre d'espèces y est comparable à ceux des deux premiers échantillons (5 et 7 espèces). Les assemblages y sont dominés par *Pullenia bulloides* (25-38%). L'échantillon à 13,77 m (~125 ka) est marqué par un grand nombre d'espèces (n =

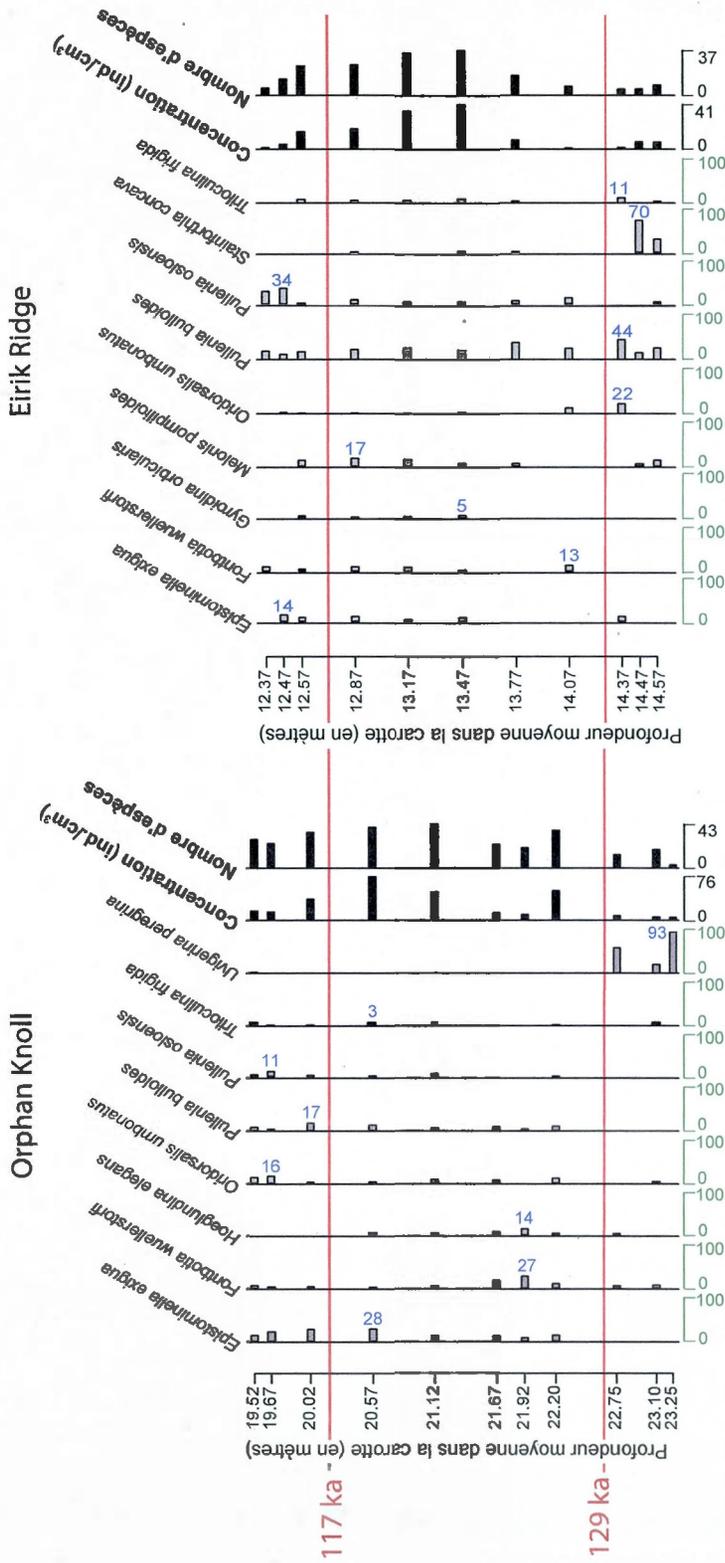


Figure 4.2 Pourcentages des espèces de foraminifères benthiques prélevés au site d'Orphan Knoll et Eirik. Seulement les taxons qui caractérisent les assemblages sont représentés. Les axes en vert indiquent les pourcentages par espèce dans chaque échantillon. Les axes des ordonnées indiquent les profondeurs moyennes des échantillons des carottes respectives (IODP 303-1302 pour Orphan Knoll et HU-90-013-013P pour Eirik Ridge) exprimés en mètres. Les numéros en bleu indiquent le pourcentage maximale atteint par chaque espèce au long de la séquence. Les concentrations totales par échantillon sont exprimées en individus/cm³. La dernière colonne de chaque graphique montre le nombre total d'espèces par échantillon. Les dates de référence indiquées en rouge sont issues de la chronologie isotopique benthique de Lisiecki et Raymo (2005) et la stratigraphie isotopique est définie par Hillaire-Marcel *et al.* (2001, 2011) (cf. section 4.1 et courbe du $\delta^{18}O_{Npl}$ de la figure 4.1).

16) et une concentration totale de l'ordre de 8 individus/cm³. Cet assemblage est dominé par *Pullenia bulloides* (38%). Les deux échantillons qui suivent dans la section (13,47 et 13,17 m; ~123-120 ka) présentent des concentrations totales relativement élevées de 41 et 35 individus/cm³ et un grand nombre d'espèces (>35). À 13,17 m, *Pullenia bulloides* et *Melonis pompilioides* co-dominent (27% et 16% respectivement). Les deux échantillons qui suivent (12,87 et 12,57 m; ~118-116 ka) présentent des concentrations de 16-18 individus/cm³ et un nombre d'espèces assez élevé (de 24 à 25) avec la codominance de *Pullenia bulloides* (17-22%), *Melonis pompilioides* (13-17%) et *Melonis barleeanum* (13%). Vers la partie supérieure de la section (12,47 et 12,37 m; ~115-114 ka) les concentrations sont très faibles (1-4 individus/cm³) et de 6 à 13 espèces y ont été répertoriées. *Pullenia osloensis* domine (27-34%) jusqu'au sommet de la section (Figure 4.2).

4.2.3 Comparaison entre Orphan Knoll et Eirik Ridge

D'une façon générale, les sédiments du dernier interglaciaire des deux sites étudiés présentent des différences dans la diversité et la composition taxonomique des assemblages de foraminifères benthiques (Figure 4.2). En effet, Le site d'Orphan Knoll montre une diversité taxonomique plus élevée que celle du site d'Eirik Ridge (92 vs. 56 taxons). La plupart des échantillons à Orphan Knoll présentent des assemblages dominés par *Epistominella exigua* avec des pourcentages de 12% à 28% tandis qu'au site d'Eirik Ridge, les assemblages sont dominés par *Pullenia bulloides* dont le pourcentage peut atteindre 44%. Il faut noter que les échantillons à la base de la section d'Orphan Knoll se distinguent par la dominance d'*Uvigerina peregrina* avec des pourcentages de 20% à 92%, tandis que ceux à la base de Eirik Ridge sont dominés par *Stainforthia concava*. Toutefois, les concentrations à Orphan Knoll et à Eirik Ridge ont le même ordre de magnitude (~10¹-10² ind./cm³).

Les espèces les plus fréquentes au site d'Orphan Knoll sont *Epistominella exigua*, *Fontbotia wuellerstorfi*, *Pullenia bulloides* et *Cibicides lobatulus* (8 échantillons), tandis que les espèces les plus fréquentes au site d'Eirik Ridge sont *Pullenia bulloides* (11 échantillons) et *Pullenia osloensis* (9 échantillons).

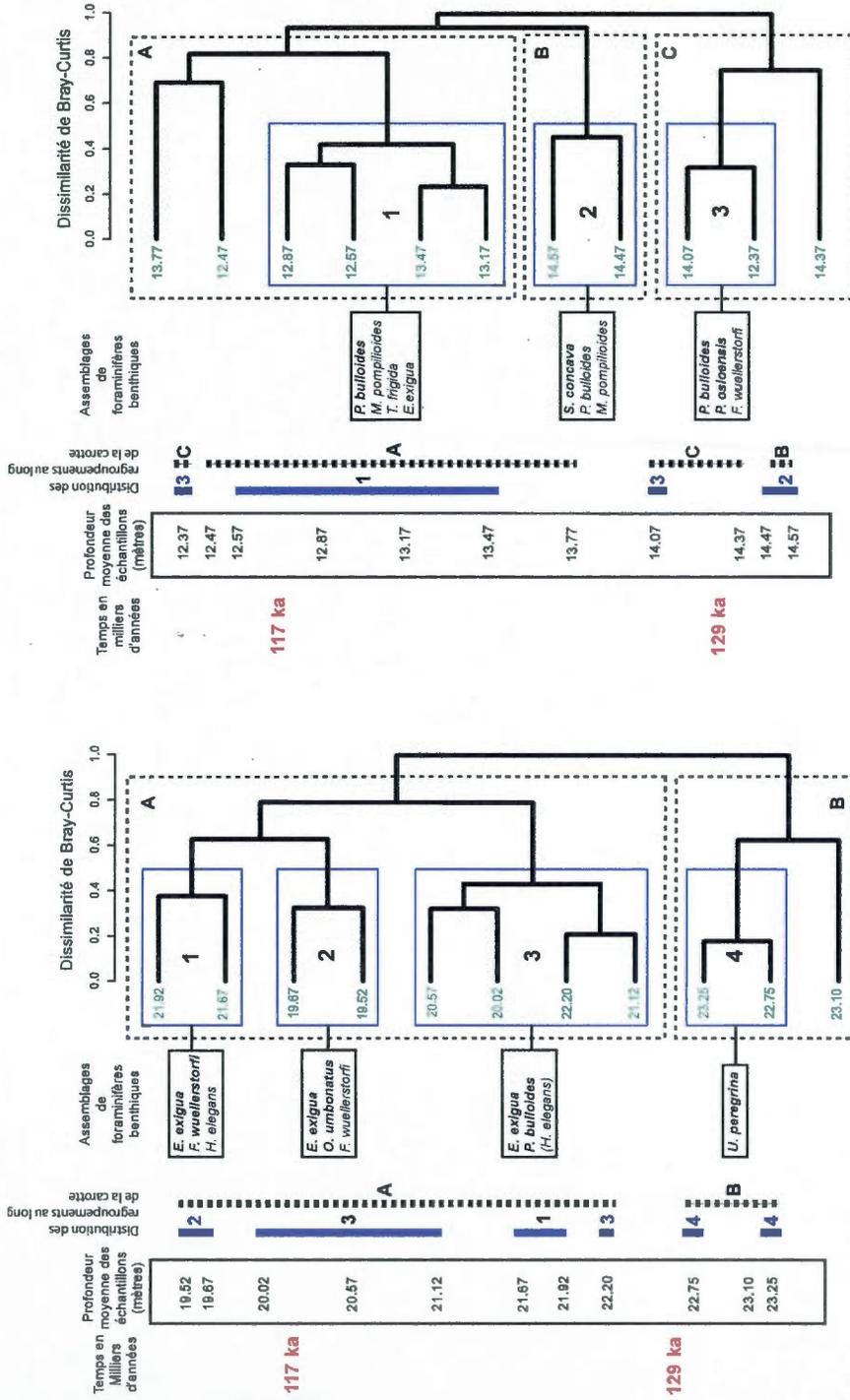
4.2.4 Résultats des analyses par regroupements

L'analyse par regroupements basée sur l'indice de Bray-Curtis a permis d'identifier des similitudes entre les échantillons à partir des concentrations spécifiques des foraminifères benthiques les plus abondants (>3% de la somme totale). Chaque regroupement est caractérisé par un petit nombre d'espèces (2 à 4) qui dominent leurs assemblages respectifs et expliquent la plus grande partie de la similarité. Des différences importantes singularisent les deux sites (Figure 4.3). À celui d'Orphan Knoll, on a identifié quatre assemblages (1-4) regroupés en deux grands ensembles (A et B); l'un des assemblages est dominé par *Uvigerina peregrina* (assemblage 4, groupe B) et les trois autres par *Epistominella exigua* (assemblages 1-3, groupe A). À Eirik Ridge, trois assemblages ont été distingués: deux sont dominés par *Pullenia bulloides* (assemblages 1 et 3) et un par *Stainforthia concava* (assemblage 2).

Au site d'Orphan Knoll, le groupe A comporte trois assemblages distincts (1, 2 et 3; Figure 4.3). L'assemblage 1 qui est observé aux profondeurs comprises entre 21,92 et 21,67 m est dominé par *Fontbotia wuellerstorfi* (= *Cibicides wuellerstorfi*), *Epistominella exigua*, *Hoeglundina elegans*. L'assemblage 2, composé d'*Epistominella exigua*, *Oridorsalis umbonatus* et *Fontbotia wuellerstorfi*, caractérise les deux échantillons supérieurs de la section étudiée. Enfin, l'assemblage 3 défini dans quatre échantillons (à 22,20 m et entre 21,12 et 20,02 m) est dominé par *Epistominella exigua* et *Pullenia bulloides* avec la présence de *Hoeglundina elegans*. Les trois échantillons de la partie inférieure du dernier interglaciaire (entre 23,25 et 22,75 m) présentent une similarité principalement expliquée par *Uvigerina peregrina* qui permet de définir le groupe B (similarité >35%) du dendrogramme. Enfin, l'assemblage 4 (similarité >80%) à l'intérieur du groupe B n'inclut toutefois pas l'échantillon à 23,10 m dominé par *Cibicidoides bradyi*, et caractérisé par une moindre abondance de *Uvigerina peregrina* (Figure 4.3)

Au site d'Eirik Ridge, l'analyse par regroupements met en évidence plusieurs échantillons isolés (à 14,37, 13,77 et 12,47 m) avec des degrés de similitude inférieurs à 40% par rapport au reste des échantillons (Figure 4.3). Trois groupes principaux et trois assemblages sont néanmoins distingués. L'assemblage 1 (groupe A) est dominé par *Pullenia bulloides*, *Melonis pompilioides*, *Triloculina frigida* et *Epistominella exigua* (Figure 4.3).

Entre 14,57 et 14,47 m, l'assemblage 2 (groupe B) est composé de *Stainforthia concava*, *Pullenia bulloides* et *Melonis pompilioides*. Enfin, dans un groupe distinct (C), l'assemblage 3 est composé par *Pullenia bulloides*, *Pullenia osloensis* et *Fontbotia wuellerstorfi*.



A. Orphan knoll

B. Eirik ridge

Figure 4.3 Résultats des analyses de regroupements pour les sites d'Orphan Knoll et d'Eirik Ridge avec l'indice de Bray-Curtis (Bray-Curtis, 1957) et la méthode Average (Legendre et Legendre, 1998). Le logiciel R version 2.12.2 pour Linux a été utilisé pour les calculs avec les techniques suggérées par Borcard *et al.* (2011). Les regroupements avec au moins 10% de similarité sont délimités par des rectangles à trait pointillé noir (A, B et C). Les regroupements avec au moins 50% de similarité sont indiqués par des rectangles à trait continu bleu (1, 2, 3 et 4). Les espèces qui caractérisent les différents assemblages sont indiquées au côté gauche des regroupements avec plus de 50% de similarité. Les feuilles des dendrogrammes (en vert) représentent les échantillons qui sont indiqués avec leur profondeur moyenne en mètres dans la carotte de chaque site étudié. Au côté gauche de chaque dendrogramme on représente la carotte respective avec la distribution des deux niveaux de regroupements par rapport aux profondeurs moyennes en mètres et les âges de référence montrés en rouge sont issus de la chronologie isotopique benthique de Lisiecki et Raymo (2005). La stratigraphie isotopique est définie par Hillaire-Marcel *et al.* (2001, 2011) (cf. section 4.1 et courbe $\delta^{18}O_{NPI}$ de la figure 4.1).

CHAPITRE V

DISCUSSION SUR LES ASSOCIATIONS DE FORAMINIFÈRES BENTHIQUES

5.1 Reconstitutions paléoenvironnementales du stade isotopique 5e.

Les différences entre les assemblages de foraminifères benthiques du dernier interglaciaire à Orphan Knoll et à Eirik Ridge reflètent des caractéristiques des masses d'eau distinctes aux deux sites. Elles sont probablement liées à des différences de la disponibilité des aliments et/ou de la concentration des teneurs en oxygène dissous qui seraient les paramètres les plus importants qui contrôlent la distribution des assemblages de foraminifères benthiques des milieux hauturiers profonds (e.g. Sun *et al.*, 2006, Jorissen *et al.*, 2007).

À Orphan Knoll, la base de la séquence qui coïnciderait avec l'événement Heinrich 11 (entre 23,25 et 22,75 m, ~132-129 ka) est caractérisée par la dominance d'*Uvigerina peregrina* et des concentrations de foraminifères très faibles (Figures 4.2 et 4.3), ce qui suggère des teneurs faibles en oxygène dissous et/ou une ventilation réduite. En effet, dans l'Océan moderne, *U. peregrina* est associée à des environnements de faibles concentrations d'oxygène dissous (Schönfeld et Altenbach, 2005) et a été signalée dans les zones d'upwelling très pauvres en oxygène dissous (Miller et Lohman, 1982; De et Gupta, 2010). Elle a été aussi proposée comme marqueur des conditions hypoxiques associées avec un flux élevé de matière organique (Fontanier *et al.*, 2002; Ovsepyan et Ivanova, 2009). Du point de vue morphologique, des taxons voisins tels *U. pigmea* et *U. peregrina parva*, dont la détermination au niveau spécifique est très difficile, peuvent compliquer les interprétations paléocéologiques (Boersma, 1984). Dans nos échantillons, toutefois, les deux espèces du genre *Uvigerina* mentionnées ci-dessus ne sont pas représentées.

Toujours à Orphan Knoll, À partir de 22,20 m (~127 ka), on note la dominance d'*Epistominella exigua*. Parmi les foraminifères d'eaux profondes, *E. exigua* est souvent considérée comme une espèce cosmopolite avec des populations très similaires du point de vue génétique (Lecroq *et al.*, 2009), ce qui réduit les possibilités de l'existence

d'écophénotypes qui apporteraient un biais important aux interprétations paléo-écologiques. *E. exigua* est reliée aux milieux benthiques modérément bien ventilés qui ont un apport saisonnier de phytodétritus (De et Gupta, 2010). Ainsi, la présence d'*E. exigua* au dernier interglaciaire pourrait indiquer une intensification de la variation saisonnière de l'apport des phytodétritus vers le milieu benthique (cf. Gooday, 1988). Entre 21,92 et 21,67 m (~126-124 ka), la ventilation des eaux profondes aurait été d'autant plus importante, comme en témoigne la présence plus importante de *Fontbotia wuellerstorfi* (Schnitker, 1980; Schmiel et Mackensen, 1997). Dans une partie assez étendue de la séquence (entre 21,12 et 21,02 m; ~122-116 ka), des concentrations très élevées et la présence simultanée d'*E. exigua* et *P. bulloides* suggèrent une augmentation des flux de matière organique et de la ventilation. Au sommet de la séquence (après ~115 ka), la diminution des concentrations et la diminution des pourcentages de *Fontbotia wuellerstorfi* dans les assemblages dominés par *E. exigua* sont probablement liées à une réduction de la productivité et de la ventilation.

À Eirik Ridge, les assemblages des deux premiers échantillons de la base de la série (entre 14,57 et 14,47 m; ~131-130 ka) sont dominés par *Stainforthia concava* (Figure 4.3). Cette espèce a une stratégie de vie opportuniste dans les milieux avec une forte variabilité dans l'apport de matière organique labile (Jorissen *et al.*, 1992; Mojtahid *et al.*, 2008). Le troisième échantillon (~129 ka) a des concentrations de foraminifères benthiques très faibles et un assemblage où domine l'espèce endobenthique *P. bulloides*, ce qui suggère une productivité pélagique très faible. En effet, cette espèce caractérise souvent des régions marquées par des concentrations élevées en éléments nutritifs mais une faible concentration de chlorophylle (*High Nutrient Low Chlorophyll*; Hughes *et al.*, 2007). Cette espèce est utilisée aussi comme marqueur stratigraphique du stade isotopique 5a dans les milieux profonds du nord de l'Atlantique Nord (Corliss et Chen, 1988; Van Nieuwenhove *et al.*, 2008). Vers ~127-125 ka (entre 14,07 et 13,77 m), les concentrations demeurent très faibles avec deux échantillons où co-dominent *P. bulloides* et *P. osloensis*. Il s'agit de deux espèces appartenant au groupe «Atlantique» qui reflètent l'influence d'eaux plus tempérées (Wollenburg *et al.*, 2001; 2004). Dans la deuxième moitié de la séquence (entre 13,47 et 12,87 m; ~123-118 ka), les concentrations de foraminifères sont élevées et les assemblages sont plus diversifiés (Figures 4.2 et 4.3). *Epistominella exigua* (espèce dominante) est alors accompagnée par *P. bulloides*, *Melonis pompilioides* et *Triloculina frigida*. De tels

assemblages suggèrent la prédominance d'un paléoenvironnement marqué par une ventilation plus intense et une disponibilité de matière organique labile plus importante. En effet, cet assemblage suggère la présence de sédiments riches en matière organique (Mackensen *et al.*, 1985; Rathburn et Corliss, 1994; Gooday et Hughes, 2002). Le sommet de la section (entre 12,57 et 12,37 m; ~116-114 ka) est marqué par une diminution progressive des concentrations, accompagné d'une réduction de l'importance de *P. bulloides* laissant place à *P. osloensis* dans un assemblage semblable à celui qu'on observe vers ~127 ka (Figures 4.2 et 4.3).

Actuellement, la région entre le centre de la Mer de Labrador et l'Atlantique nord est caractérisée par une variation intra-annuelle assez marquée de la productivité primaire, conséquence d'une forte saisonnalité (cf. Radi et de Vernal, 2008). Nos résultats suggèrent que pendant la majeure partie du stade isotopique 5e, entre 129 et 117 ka BP, la saisonnalité de la productivité primaire aurait été plus intense au site d'Orphan Knoll qu'au site d'Eirik Ridge. En effet, pendant le stade 5e les assemblages dominés par *Epistominella exigua* caractérisent le site d'Orphan Knoll (Figure 4.3). Or, dans l'océan moderne, de tels assemblages sont associés à des régions avec une forte variation saisonnière de la productivité et de l'apport de phytodétritus (e.g. Fariduddin et Loubere, 1997; Sun *et al.*, 2006; Smart, 2008; Gooday *et al.*, 2010). Au site d'Eirik Ridge, les assemblages sont plutôt dominés par *P. bulloides* pendant le stade 5e (Figure 4.3), ce qui suggère un environnement marqué par un apport continu de matière organique associée à une faible saisonnalité (Gupta *et al.*, 2006).

5.2 Comparaison entre les assemblages du stade isotopique 5e et de l'Holocène.

À Orphan Knoll, *U. peregrina* domine les assemblages durant un épisode associé à H11 à la base du stade 5e (Figures 4.1 et 4.3). La bathymétrie y est d'environ 3570 m, ce qui est compatible avec le domaine bathymétrique actuel de cette espèce dans l'Atlantique Nord, soit entre 1100 et 3600 m (Schönfeld et Altenbach, 2005). En général, dans l'Atlantique Nord, *U. peregrina* était présente pendant la dernière déglaciation et au début de l'Holocène (e.g., Schönfeld et Altenbach, 2005). Dans la Mer du Labrador, Bilodeau *et*

al. (1994) mentionnent un assemblage à *U. peregrina* entre 10,7 à 12,5 ka BP, ce qui a été associé à une pénétration septentrionale des masses d'eaux profondes antarctiques (e.g., Bilodeau et al., 1994).

Au site d'Orphan Knoll, les assemblages dominés par *Epistominella exigua* caractérisent une grande partie du stade 5e (Figure 4.1 et 4.3). Durant l'Holocène, des assemblages dominés par *E. exigua* sont généralement présents dans les hautes latitudes de l'Atlantique Nord tout au long de la dorsale médio-Atlantique, le bassin islandais, le bassin d'Irminger et le bassin du Labrador (Schnitker, 1979; Bilodeau et al., 1994; Sun et al., 2006). De ce point de vue, les assemblages de foraminifères benthiques du dernier interglaciaire au site d'Orphan Knoll se comparent à ceux des milieux profonds actuels des mers subpolaires de l'Atlantique Nord (e.g. Mackensen et al., 1985; Kubischta et al., 2010).

À Eirik Ridge, l'assemblage dominé par *Stainforthia concava* caractérise la base de la séquence qui précède un intervalle que l'on associe à l'événement H11 (Figures 4.1 et 4.3). Actuellement, on ne connaît pas d'assemblages dominés par cette espèce dans les sédiments Holocène de la Mer de Labrador. Cependant, Thomas et al. (1990) signalent la présence d'un assemblage co-dominé par *S. concava* et *Elphidium excavatum* forma *clavata* à la fin de l'Holocène au large de la Nouvelle Écosse à des profondeurs entre 2000 et 2500 m. La présence de *S. concava* au début de la transition glaciaire/interglaciaire à la base du stade 5e laisse supposer que cette espèce correspond à des conditions de circulation profonde peu intense. *S. concava* réapparaît au milieu de cette section interglaciaire avec des pourcentages assez faibles, ce qui pourrait indiquer un bref retour à une circulation profonde semblable à celle de la transition glaciaire interglaciaire.

Tout au long du plateau du stade isotopique 5e, les assemblages d'Eirik Ridge se caractérisent par la dominance de *Pullenia bulloides* (Figure 4.3). En ce qui concerne les sédiments holocènes de l'Atlantique Nord, cette espèce a été souvent observée, avec toutefois un pourcentage moyen de ~10% sauf vers 10-12 ka BP où elle atteint des pourcentages supérieurs à 50% (e.g., Schnitker, 1979). Le dernier interglaciaire au site d'Eirik Ridge paraît donc assez singulier comparativement au présent interglaciaire.

CONCLUSION

Les sédiments du dernier interglaciaire à Orphan Knoll et Eirik Ridge ont livré une microfaune de foraminifères benthiques très diversifiée. Au total, 96 espèces ont été identifiées, décrites et illustrées.

Les assemblages de foraminifères benthiques du dernier interglaciaire (stade isotopique 5e) aux sites d'Orphan Knoll et d'Eirik Ridge sont distincts. À Orphan Knoll, les assemblages sont caractérisés par la dominance d'*Epistominella exigua* à l'exception d'une courte période au début de la séquence qui est dominée par *Uvigerina peregrina*. De la même façon, à Eirik Ridge, les assemblages sont dominés par *Pullenia bulloides* sauf au début de la séquence où ils sont dominés par *Stainforthia concava*.

Le début des deux séquences analysées, qui coïnciderait avec l'événement Heinrich 11 (H11) se singularise par des assemblages de foraminifères benthiques qui suggèrent la présence de masses d'eau pauvres en oxygène dissous à Orphan Knoll et un environnement d'eau très froide et des apports épisodiques de phytodétritus à Eirik Ridge.

Pendant une grande partie du stade isotopique 5e, la dominance d'*E. exigua* dans les assemblages d'Orphan Knoll suggère une forte saisonnalité de la productivité primaire et évoque des conditions sans doute semblables à celles des milieux profonds de l'Atlantique Nord actuel. Des assemblages très différents caractérisent le dernier interglaciaire à Eirik Ridge où la dominance de *P. bulloides* n'a pas vraiment d'analogue dans les milieux profonds (> 2000 m) de l'Atlantique Nord et suggérerait plutôt un apport continu de matière organique associée avec une faible saisonnalité.

Tout au long du stade isotopique 5e, la grande amplitude des valeurs isotopiques de l'oxygène ($\delta^{18}\text{O}_{Npl}$, $\delta^{18}\text{O}_{Fw}$) au site d'Orphan Knoll suggère la présence de différentes masses d'eaux et d'une forte stratification. À Eirik Ridge, dans le bassin proprement dit de la Mer du Labrador, une masse d'eau uniforme aurait occupé la colonne d'eau sous une couche de surface (voir Hillaire-Marcel *et al.*, 2001, 2011). Le milieu profond y est caractérisé par des assemblages de foraminifères distincts de ceux du secteur d'Orphan Knoll.

Bien que des incertitudes persistent sur l'interprétation des assemblages de foraminifères benthiques, l'ensemble des résultats, qu'il s'agisse de la nature des assemblages microfaunistiques ou de leur composition isotopique, tend à illustrer un régionalisme important des masses d'eau profondes (> 3000 m) avec des différences significatives entre le bassin de la Mer du Labrador et le secteur d'Orphan Knoll dans l'Atlantique Nord-Ouest au cours du dernier interglaciaire.

ANNEXES

Annexe I. Échantillons additionnels du site d'Orphan Knoll

Site	Forage	Carotte	Section	Intervalle (cm)	Profondeur moyenne (m)	Volume (cm ³)	Poids sec (g)
IODP 1302	C	2	5	66	20,22	5	4,0084
IODP 1302	C	2	5	111	20,67	5	4,2399
IODP 1302	C	2	6	11	21,17	5	6,2806
IODP 1302	B	2	3	16	22,30	5	4,6768
IODP 1302	B	2	3	77	22,91	5	7,1482

Échantillons utilisés pour estimer l'écart dans les proportions de certaines espèces causé par un tamisage avec des tailles de maille différentes (125 μm et 106 μm). Ces cinq échantillons ont été choisis parce qu'ils contenaient un nombre suffisant de spécimens de foraminifères benthiques ($n > 100$) pour les comparaisons quantitatives.

Annexe II. Dénombrements des foraminifères benthiques
des échantillons additionnels du site d'Orphan
Knoll.

TAXONS	fraction granulométrique >106 µm					fraction granulométrique >125 µm				
	Profondeur moyenne des échantillons dans la carotte (m)									
	20,22	20,67	21,17	22,3	22,91	20,22	20,67	21,17	22,3	22,91
<i>Abditodentrix asketocomptella</i>	17	8	2	2	0	1	0	1	0	0
<i>Alabaminella weddellensis</i>	9	77	32	24	0	2	4	2	1	0
<i>Angulogerina angulosa</i>	0	10	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Angulogerina fluens</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Astacolus hyalaculus</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Astrononion gallowayi</i>	0	0	1	3	0	0	0	1	1	0
<i>Bolivina pseudopunctata</i>	2	10	4	2	1	0	1	0	0	1
<i>Buccella tenerima</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Bulimina alazanensis</i>	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0
<i>Cassidulina delicata</i>	3	40	11	0	0	1	11	7	0	0
<i>Cassidulina laevigata</i>	0	16	9	5	0	0	4	3	3	0
<i>Cassidulina laevigata var. carinata</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Cassidulina obtusa</i>	24	52	12	0	0	8	16	5	0	0
<i>Cassidulina reniforme</i>	0	2	0	3	2	0	1	0	0	2
<i>Cassidulina subglobosa</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Chilostomella oolina</i>	1	16	1	0	0	1	13	0	0	0
<i>Cibicides lobatulus</i>	8	37	20	6	4	3	15	10	6	4
<i>Cibicides pseudoungerianus</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
<i>Cibicoides bradyi</i>	1	4	11	8	1	1	2	11	8	1
<i>Dentalina sp.</i>	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1
cf. <i>Discorbis columbiensis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Ehrenbergina undulata</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Elphidium excavatum forma clavata</i>	1	0	1	4	0	0	0	1	3	0
<i>Elphidium subarcticum</i>	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1
<i>Epistominella exigua</i>	52	478	60	30	0	17	207	23	21	0
<i>Fissurina cf. carinata</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Fissurina fasciata</i>	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Fissurina cf. laevigata</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Fissurina sp.</i>	0	4	4	1	1	0	1	0	1	1
<i>Fissurina sp. C</i>	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0
<i>Fissurina sp. F</i>	0	4	4	0	0	0	2	0	0	0
<i>Fontbotia wuellerstorfi</i>	13	25	27	13	10	7	17	23	13	10
<i>Gavelinopsis praegeri</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Gavelinopsis sp. B</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gavelinopsis sp. C</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gyroidina orbicularis</i>	1	32	16	2	0	1	13	8	1	0
<i>Gyroidina cf. orbicularis</i>	0	13	5	0	1	0	1	0	0	1
<i>Gyroidina polia</i>	0	5	1	9	0	0	1	0	7	0
<i>Gyroidina cf. polia</i>	0	6	2	0	0	0	6	2	0	0
<i>Gyroidina soldanii</i>	1	3	11	3	0	1	3	7	3	0
<i>Gyroidina umbonata</i>	0	3	3	0	0	0	2	3	0	0
<i>Gyroidina cf. umbonata</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Haynesina orbicularis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hoeglundina elegans</i>	2	21	9	27	1	2	21	9	27	1
<i>Ioanella tumidula</i>	0	9	4	1	0	0	0	2	0	0
<i>Karreriella bradyi</i>	0	1	14	1	0	0	1	14	1	0
<i>Lagena gracilis</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Lagena sp.</i>	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0
<i>Lagena sp. C</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Laryngosigma sp.</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Melonis barleeaanum</i>	1	26	9	1	0	1	13	8	1	0
<i>Melonis pompilioides</i>	0	15	8	11	0	0	15	8	11	0
<i>Nonionella iridea</i>	0	3	1	0	1	0	0	1	0	1
<i>Nummulopyrgo globulus</i>	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Nuttalides umbonifera</i>	15	10	3	5	1	12	6	0	4	1

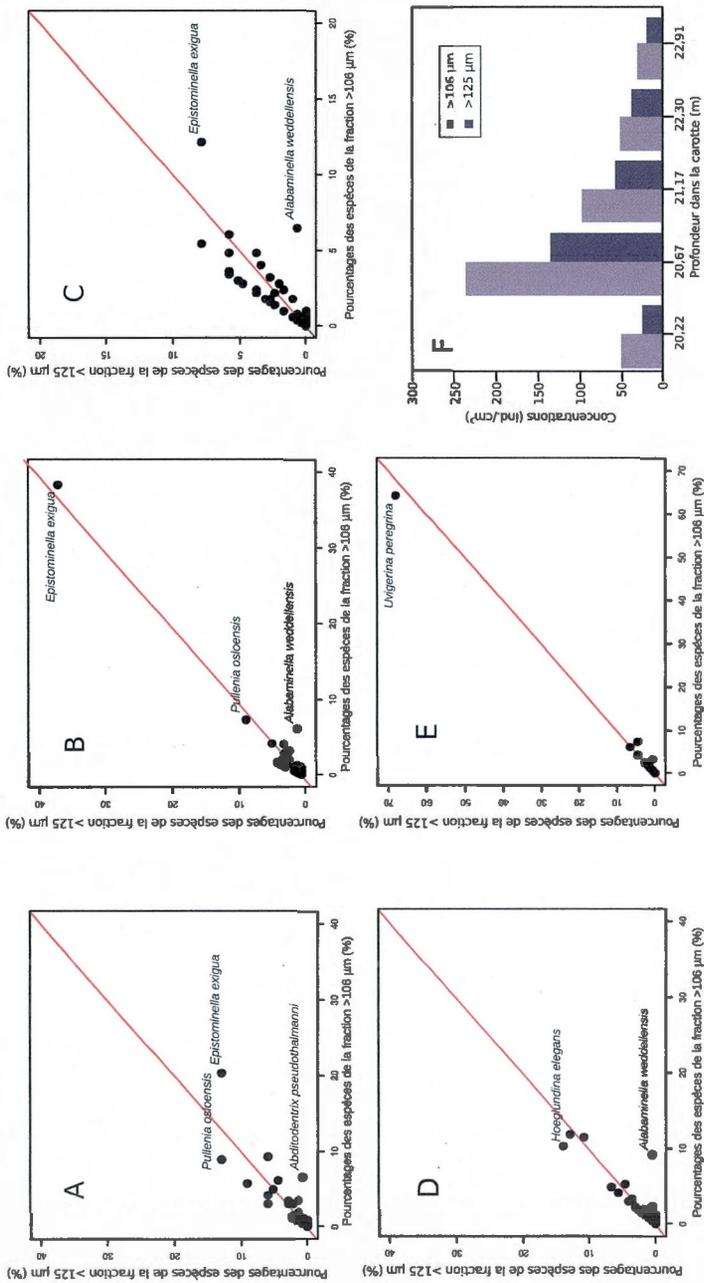
(Continue à la page suivante)

Annexe II (Suite)

TAXONS	fraction granulométrique >106 um					fraction granulométrique >125 um				
	Profondeur moyenne des échantillons dans la carotte (m)									
	20,22	20,67	21,17	22,3	22,91	20,22	20,67	21,17	22,3	22,91
<i>Oolina sp.</i>	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Oolina cf. borealis</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Oolina melo</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Oridorsalis umbonatus</i>	8	25	24	31	0	4	11	11	25	0
<i>Parafissurina arctica</i>	1	4	2	0	0	1	1	0	0	0
<i>Parafissurina fusuliformis</i>	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Parafissurina cf. himatostoma</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Parafissurina lateralis</i>	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0
<i>Parafissurina tricarinata</i>	0	3	3	1	2	0	1	1	1	2
<i>Parafissurina sp. C (in Lagoe)</i>	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0
<i>Parafissurina sp.</i>	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0
<i>Procerolagena gracilis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Procerolagena meridionalis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Procerolagena wiesneri</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Procerolagena cf. wiesneri</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Pullenia bulloides</i>	2	18	15	4	0	2	18	15	4	0
<i>Pullenia osloensis</i>	23	92	30	14	0	17	48	17	9	0
<i>Pullenia quinqueloba</i>	16	53	24	8	7	6	26	17	7	7
<i>Pygmaeosestron hispidulum</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
<i>Pygmaeosestron hispidum</i>	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
<i>Pyrgo murhina</i>	2	4	3	2	0	2	4	3	2	0
<i>Pyrgo cf. murhina</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
<i>Pyrgo williamsoni</i>	11	19	7	5	1	8	15	7	5	1
<i>Quinqueloculina akneriana</i>	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0
<i>Quinqueloculina sp.</i>	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0
<i>Quinqueloculina sp. B</i>	0	5	0	1	0	0	2	0	1	0
<i>Quinqueloculina sp. C</i>	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
<i>Ramulina sp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>cf. Saccamina sphaerica</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>Sigmoilopsis schlumbergeri</i>	2	4	1	1	0	2	2	1	0	0
<i>Siphotextularia rolshauseni</i>	9	21	12	2	0	4	17	11	2	0
<i>Siphovigierina spinescens</i>	0	1	5	0	0	0	1	5	0	0
<i>Spiroloculina pusilla</i>	4	13	18	0	0	3	6	17	0	0
<i>Stainforthia concava</i>	0	0	0	0	12	0	0	0	0	7
<i>Tosaia hanzawai</i>	0	14	17	13	0	0	14	17	13	0
<i>Triloculina frigida</i>	5	13	14	6	5	2	6	6	1	1
<i>Triloculina trihedra</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Uvigerina hispida</i>	8	0	0	0	0	8	0	0	0	0
<i>Uvigerina cf. hispida</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Uvigerina peregrina</i>	1	2	1	0	102	1	2	1	0	102
<i>Uvigerina sp.</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Valvulineria arctica</i>	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0
TOTAL	256	1243	488	260	159	135	565	291	193	150

Cette table inclut tous les taxons séparés du point de vue morphologique, mais seulement ceux qui ont été identifiés au niveau de l'espèce sont inclus dans l'étude systématique.

Annexe III. Comparaison des assemblages de foraminifères dans les fractions >106 µm et 125 µm.



La figure illustre le pourcentage des espèces dans 5 échantillons de la section correspondante à l'interglaciaire 5e de la carotte IODP-303-1302; à 20,22 m (A), à 20,67 m (B), à 21,17 m (C), à 22,30 m (D) et à 22,91 m de profondeur (E). Dans les comparaisons des pourcentages (A-E) la ligne rouge est le repère où se placeraient les points (= espèces) avec la même proportion dans les deux fractions granulométriques (>106 µm et >125 µm). Le diagramme (F) compare les concentrations totales de foraminifères benthiques dans les deux fractions mentionnées pour les mêmes échantillons.

RÉFÉRENCES

Abu-Zied, R.H., E.J. Rohling, F.J. Jorissen, C. Fontanier, J.S.L. Casford et S. Cooke, 2008. Benthic foraminiferal response to changes in bottom-water oxygenation and organic carbon flux in the eastern Mediterranean during LGM to Recent times. *Marine Micropaleontology* 67: 46–68.

Albani A.D. et I. Yassini, 1989. Taxonomy and distribution of shallow-water lagenid Foraminiferida from the south-eastern coast of Australia. *Australian journal of marine and freshwater research*, 40(4): 369-401.

Alve, E., 2010. Benthic foraminiferal responses to absence of fresh phytodetritus: A two-year experiment. *Marine Micropaleontology* 76: 67-75.

Alve E. et S.T. Goldstein, 2010. Dispersal, survival and delayed growth of benthic foraminiferal propagules. *Journal of Sea Research* 63: 36-51.

Alve E., J.W. Murray et J. Skei, 2011. Deep-sea benthic foraminifera, carbonate dissolution and species diversity in Hardangerfjord, Norway: An initial assessment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 92: 90-102.

Antonov, J. I., R. A. Locarnini, T. P. Boyer, A. V. Mishonov, et H. E. Garcia, 2006. *World Ocean Atlas 2005*, Volume 2: *Salinity*. S. Levitus, Ed. NOAA Atlas NESDIS 62, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 182 pp.

Austin, W.E.N. et J.R. Evans, 2000. NE Atlantic benthic foraminifera: modern distribution patterns and palaeoecological significance. *Journal of the Geological Society*, 157(3): 679-691.

Bandy, O. et R. Arnal, 1957. Distribution of Recent Foraminifera Off West Coast of Central America. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists (AAPG)*, Volume 41(9): 2037-2053.

Beals, E. W., 1984. Bray-Curtis ordination: an effective strategy for analysis of multivariate ecological data. *Adv. Ecol. Res.* 14: 1-55.

Behrenfeld, M.J. et P.G. Falkowski, 1997. Photosynthetic rates derived from satellite-based chlorophyll concentration. *Limnology and Oceanography*. 42(1): 1-20.

Belanger, P.E. et W.A. Berggren, 1986. Neogene Benthic Foraminifera of the Hatton-Rockall Basin. *Micropaleontology*, 32(4): 324-356.

Bergen, F.W. et P. O'Neil, 1979. Distribution of Holocene Foraminifera in the Gulf of Alaska. *Journal of Paleontology*. 53(6): 1267-1292.

Bilodeau, G., A. De Vernal et C. Hillaire-Marcel, 1994. Benthic foraminiferal assemblages in Labrador Sea sediments: relations with deep-water mass changes since deglaciation. *Revue canadienne de sciences de la Terre*, 31(1): 128-138.

Bilodeau, G., 1994. Paléocéologie des foraminifères benthiques et paléocéanographie de la Mer du Labrador au cours du Quaternaire récent. Thèse doctorale. Université du Québec à Montréal. 195 p.

Boersma, A., 1984. Handbook of common Tertiary Uvigerina. Microclimates Press, New York, 207 p.

Borcard, D., F. Gillet et P. Legendre, 2011. Numerical Ecology with R. Springer, 306 p.

Boltovskoy, E. et G.M. Giussani de Kahn, 1981. Cinco nuevos taxones en el orden Foraminiferida. Museo Argentino de Ciencias Naturales, Comunicaciones, Hidrobiologia, 2(5): 43-51.

Bower, A. S., Lozier, M. S., Gary, S. F., et Boning, C.W., 2009. Interior pathways of the North Atlantic meridional overturning circulation, *Nature*, 459: 243–247.

Brady, H.B., 1881. Notes on some of the reticularian Rhizopoda of the Challenger. Expedition; Part III. *Quart. Jour. Micr. Sci.*, London, n.s., vol.21, p.49.

Brady, H.B., 1884. Report on the Foraminifera dredged by H.M.S. Challenger, during the years 1873-1876. *Reports of the Scientific Results of the Voyage of H.M.S. Challenger*, London, vol. 9, 814 pp.

Bray, J. R. et Curtis, J. T., 1957. An ordination of the upland forest communities of Southern Wisconsin: *Ecological Monographs*, 27: 325-349.

Broecker W.S. et G.H. Denton, 1989. The role of ocean-atmosphere reorganisations in glacial cycles. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 53: 2465–2501.

Burgess, M.V. et D. Schnitker, 1990. Morphometry of *Bulimina aculeata* Orbigny et *Bulivina marginata* Orbigny. *Journal of Foraminiferal Research*, 20(1): 37-49.

Burke, S., 1981. Recent benthic foraminifera of the Ontong Java Plateau. *J. Foraminiferal Res.*, 11: 1-19.

Burmistrova, I.I., Chekhovskaya, M.P. et N.V. Belyaeva, 2004. Benthic foraminifera in the continental slope of the Bering Sea. *Oceanology* 44 (5): 690–697.

Burone, L, de Sousa, S.H.M., de Mahiques, M.M., Valente, P., Ciotti, A. et C. Yamashita, 2011. Benthic foraminiferal distribution on the southeastern Brazilian shelf and upper slope. *Marine Biology*, 158(1): 159-179.

Channell, J.E.T., Kanamatsu, T., Sato, T., Stein, R., Alvarez Zarikian, C.A., Malone, M.J., et *Expedition 303/306 Scientists*, 2006. Proc. IODP, 303/306: College Station TX (*Integrated Ocean Drilling Program Management International, Inc.*). doi:10.2204/iodp.proc.303306.103.2006

Cole, F., 1981. Taxonomic Notes On The Bathyal Zone Benthonic Foraminiferal Species Off Northeast Newfoundland. Bedford Institute of Oceanography, report series BI-R-81-7, 121p.

Cole, F. et C. Ferguson, 1975. An illustrated catalogue of foraminifera and ostracoda from Canso Strait and Chedabucto Bay, Nova Scotia. Bedford Institute of Oceanography, report series BI-R-75-5, 55p.

Collins, E.S., D.B. Scott et J. Zhang, 1996. 9. Quaternary and Neogene Benthic Foraminifers from sites 898 AND 900, Iberia Abyssal Plain, In: Whitmarsh *et al.* (Eds.), 1996. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 149: 217-239.

Coplen, T.B., 1995. Discontinuance of SMOW and PDB. *Nature*, 375: 285.

Coplen, T.B., 1996. New guidelines for reporting stable hydrogen, carbon and oxygen isotope-ratio data. *Geochim. and Cosmochim. Acta.*, 60: 3359–3360.

Corliss, B.H., Martinson, D.G., et Keffer, T., 1986. Late Quaternary deep ocean circulation. *Geol. Soc. Am. Bull*, 97: 1106-1121.

Corliss, B.H., X. Sun, C.W. Brown et W.J. Showers, 2006. Influence of seasonal primary productivity on $\delta^{13}\text{C}$ of North Atlantic deep-sea benthic foraminifera. *Deep-Sea Research I* 53: 740–746.

Corliss, B.H., et Chen, C, 1988. Morphotype patterns of Norwegian Sea deep-sea benthic foraminifera and ecological implications. *Geology*, 16: 716-719.

Cornelius, N. et A.J. Gooday, 2004. Live (stained) deep-sea benthic foraminiferans in the western Weddell Sea: trends in abundance, diversity, and taxonomic composition along a depth transect. *Deep-Sea Research II* (51): 1571-1602.

Culver, S.J., et M.A. Buzas., 1985. Distribution of Recent Benthic Foraminifera off the North American Pacific Coast from Oregon to Alaska. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*, 26: 234 pp.

Culver, S.J., et M.A. Buzas., 1987. Distribution of Recent Benthic Foraminifera off the Pacific Coast of Mexico and Central America. *Smithsonian Contributions to the Marine Sciences*, 30:3-5.

Cushman, J.A., 1927. Recent foraminifera from off the west coast of America. *California University, Scripps Inst. Oceanogr., Tech. Ser.*, vol. 1, p.168.

De, S. et A.K. Gupta, 2010. Deep-sea faunal provinces and their inferred environments in the Indian Ocean based on distribution of Recent benthic foraminifera. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 291: 429-442.

Denne, R.A. et B.K. Sen Gupta, 1991. Association of bathyal foraminifera with water masses in the northwestern Gulf of Mexico, *Marine Micropaleontology*, 17(3-4): 173-193.

Denton, G. H. et Broecker, W. S., 2008. Wobbly ocean conveyor circulation during the Holocene? *Quaternary Science Reviews*, 27(21-22): 1939-1950.

de Vernal, A. , Rosell-Mele, A., Kucera, M., Hillaire-Marcel, C., Eynaud, F., Weinelt, M., Dokken, T. et M. Kageyama, 2006. Comparing proxies for the reconstruction of LGM sea-

surface conditions in the northern North Atlantic, *Quaternary Science Reviews*, 25: 2820-2834.

Douglas, R.G. et F. Woodruff, 1981. Deep-sea benthic foraminifera. In: C. Emiliani, Editor, *The Sea, The Oceanic Lithosphere* vol. 7, Wiley, New York, (1981): 1233–1327.

Earland, A., 1935. Foraminifera Part III - The falklands sector of the Antarctic (excluding South Georgia), *Discovery Repts.*, vol. 10 p. 158.

Earland, A., 1936. Foraminifera: Part IV - Additional records from the Weddel Sea sector from material obtained by the S.Y "Scotia". *Discovery Repts.*, vol.13, p.57.

Eberwein, A. et A. Mackensen, 2006. Regional primary productivity differences off Morocco (NW-Africa) recorded by modern benthic foraminifera and their stable carbon isotopic composition. *Deep-Sea Research. Part I. Oceanographic Research Papers* 53(8): 1379–1405.

Eberwein, A. et A. Mackensen, 2008. Last Glacial Maximum paleoproductivity and water masses off NW-Africa: Evidence from benthic foraminifera and stable isotopes. *Marine Micropaleontology* 67: 87–103.

Eichler, P.P.B., B.B. Eichler, L.B. de Miranda, E.-da-R.M. Pereira, P.B.P. Kfour, F.M. Pimenta; A.L. Bérnago et C.G. Vilela, 2003. Benthic Foraminiferal Response to Variations in Temperature, Salinity, Dissolved Oxygen and Organic Carbon, in the Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil, *Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ)*, 26: 36-51.

Fagel, N., C. Hillaire-Marcel, M. Humblet, R. Brasseur, D. Weis, et R. Stevenson, 2004. Nd and Pb isotope signatures of the clay-size fraction of Labrador Sea sediments during the

Holocene: Implications for the inception of the modern deep circulation pattern. *Paleoceanography*, 19, PA3002, doi:10.1029/2003PA000993.

Fagel, N. et C. Hillaire-Marcel, 2006. Glacial/interglacial instabilities of the Western Boundary Under Current during the last 365 kyr from Sm/Nd ratios of the sedimentary clay-size fractions at ODP Site 646 (Labrador Sea). *Marine Geology*, 232: 87-99.

Fariduddin M. et P. Loubere, 1997. The surface ocean productivity response of deeper water benthic foraminifera in the Atlantic Ocean. *Marine Micropaleontology* 32: 289-310.

Finger, K.L., 1981. Faunal reference list for Gulf of Mexico deep-water foraminifers recorded by Pflum and Frerichs in 1976. *The Journal of Foraminiferal Research*, 11(3): 241-251.

Fontanier, C., A. Mackensen, F.J. Jorissen, P. Anschutz, L. Licari et C. Griveaud, 2006. Stable oxygen and carbon isotopes of live benthic foraminifera from the Bay of Biscay: Microhabitat impact and seasonal variability. *Marine Micropaleontology* 58: 159-183.

Ganopolski, A. et Rahmstorf, S., 2001. Rapid changes of glacial climate simulated in a coupled climate model. *Nature*, 409: 153-158.

Gooday, A.J., 1988. A response by benthic Foraminifera to the deposition of phytodetritus in the deep sea. *Nature*, 332: 70-73.

Gooday, A.J., et E. Alve, 2001. Morphological and ecological parallels between sublittoral and bathyal foraminiferal species in the NE Atlantic: a comparison of *Stainforthia fusiformis* and *Stainforthia* sp. *Progress in Oceanography*, 50: 261-283.

Gooday, A.J., Bett, B.J. et Escobar, E., 2010. Habitat heterogeneity and its influence on benthic biodiversity in oxygen minimum zones *Marine Ecology*, 31 (1): 125-147.

Green, K.E., 1959. Ecology of some Arctic foraminifera. In: Bushnell, V. (Ed.) *Scientific studies at Fletcher's Ice Island, T-3 (1952-1955)*. 1(63): 78.

Gregory, T.R., C.W. Smart, M.B. Hart, G. Massé, L.L. Vare et S.T. Belt, 2010. Holocene palaeoceanographic changes in Barrow Strait, Canadian Arctic: Foraminiferal evidence. *Journal of Quaternary Science* 25(6): 903-910.

Gupta, A.K., Sarkar, S. et B. Mukherjee, 2006, Paleoceanographic changes during the past 1.9 Myr at DSDP Site 238, Central Indian Ocean Basin: Benthic foraminiferal proxies. *Marine Micropaleontology*, vol. 60: 157-166.

Hayward, B.W. , R. Carter, H.R. Grenfell, et J.J. Hayward, 2001. Depth distribution of Recent deep-sea benthic foraminifera east of New Zealand, and their potential for improving paleobathymetric assessments of Neogene microfaunas, *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 44, 4: 555-587.

Hayward B.W., H.R. Grenfell, A.T. Sabaa et H.L. Neil, 2007. Factors influencing the distribution of Subantarctic deep-sea benthic foraminifera, Campbell and Bounty Plateaux, New Zealand. *Marine Micropaleontology* 62: 141-166.

Heinz P., S. Sommer, O. Pfannkuche et C. Hemleben, 2005. Living benthic foraminifera in sediments influenced by gas hydrates at the Cascadia convergent margin, NE Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 304: 77-89.

Heinz P., W. Ruschmeier et C. Hemleben, 2008. Live benthic foraminiferal assemblages at the Pacific Continental Margin of Costa Rica and Nicaragua, *Journal of Foraminiferal Research*, 38(3): 215-227.

Hemming, S.R., 2004. Heinrich events: massive late pleistocenedetritus layers of the north atlantic and their global climate imprint, *Rev. Geophys.*, 42, RG1005, doi:10.1029/2003RG000128.

Hesse, R et S. Khodabakhsh, 1998, Depositional facies of late Pleistocene Heinrich events in the Labrador Sea. *Geology*, 26(2): 103-106.

Hesse, R., Chough, S.K. et A. Rakofsky, 1987. The Northwest Atlantic Mid-Ocean Channel of the Labrador Sea. V. Sedimentology of a giant deep-sea channel. *Revue canadienne de sciences de la Terre*. 24(8): 1595-1624.

Hill, T.M., Kennett, J.P. et D.L, Valentine, 2004. Isotopic evidence for the incorporation of methane-derived carbon into foraminifera from modern methane seeps, Hydrate Ridge, Northeast Pacific. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68(22): 4619-4627.

Hillaire-Marcel, C., A. de Vernal, G. Bilodeau et G. Wu, 1994. 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(1): 63-89.

Hillaire-Marcel, C., A. de Vernal, G. Bilodeau et A. J. Weaver, 2001. Absence of deep-water formation in the Labrador Sea during the last interglacial period. *Nature*, 410: 1073-1077.

Hillaire-Marcel, C., De Vernal, A. et J. McKay, 2011. Foraminifer isotope study of the Pleistocene Labrador Sea, northwest North Atlantic (IODP Sites 1302/03 and 1305), with emphasis on paleoceanographical differences between its "inner" and "outer" basins, *Marine Geology*, 279: 188-198.

Hooper, K., 1975. Foraminiferal ecology and associated sediments of the lower St. Lawrence Estuary. *Journal of Foraminiferal Research*. 5 (3): 218-238.

Hooper, K., 1979. Magnesium in 19 species of eastern Canadian Holocene foraminifera. *Maritime Sediments*, 14(2): 73-77.

Hooper, K. et P. Jones, 1977. Deep Sea Drilling Project, Initial Reports, Part VIII: Paleontologic Studies, 37(77): 963-965

Huang, B.Q., Z. Jian et P. Wang, 2007. Benthic foraminiferal fauna turnover at 2.1 Ma in the northern South China Sea. *Chinese Science Bulletin*, 52(6): 839-843.

Hughes, J.A., T. Smith, F. Chaillan, B.J. Bett, D.S.M. Billett, B. Boorman, E.H. Fisher, M. Frenz et G.A. Wolff, 2007. Two abyssal sites in the Southern Ocean influenced by different organic matter inputs: Environmental characterization and preliminary observations on the benthic foraminifera. *DeepSea Research*, 54(18-20): 2275-2290.

Husum, K. et M. Hald, 2004. Modern foraminiferal distribution in the subarctic Malangen fjord and adjoining shelf, Northern Norway. *Journal of Foraminiferal Research* 34(1): 34-48.

IOC/SOA, 1993. Training Workshop on Environmental Effects on Benthic Communities. IOC Training Course Report 19, Xiamen, China, 116 p.

Ishman, S.E., L.V. Polyak et R.Z. Poore, 1996. Expanded record of Quaternary oceanographic change: Amerasian Arctic Ocean. *Geology* 24: 139-142.

Ishman, S.E. et K.M. Foley, 1996. Modern Benthic Foraminifer Distribution in the Amerasian Basin, Arctic Ocean. *Micropaleontology*, 42(2): 206-220.

Jayaraju, N., B.C.S.R. Reddy, K.R. Reddy et A.N. Reddy, 2010. Deep-Sea Benthic Foraminiferal Distribution in South West Indian Ocean: Implications to Paleoecology. *International Journal of Geosciences*, 1: 79-86.

Jennings, A.E., N.J. Weiner, G. Helgadottir et J.T. Andrews, 2004. Modern foraminiferal faunas of the Southwestern to Northern Iceland shelf: Oceanographic and environmental controls. *Journal of Foraminiferal Research* 34(3): 180-207.

Jian Z. et L. Wang, 1997. Late Quaternary benthic foraminifera and deep-water paleoceanography in the South China Sea. *Mar. Micropaleotol.* 32: 127-154.

Jorissen, F.J., Barmawidjaja, D., Puskaric, C. et G.J. Van der Zwaan, 1992. Vertical distribution of benthic foraminifera in the northern Adriatic Sea; the relation with the organic flux. *Marine Micropaleontology*, 19: 131-146.

Jorissen, F.J., C. Fontanier et E. Thomas, 2007. Paleooceanographic proxies based on deep-sea benthic foraminiferal assemblage characteristics. In: C. Hillaire-Marcel and A. de Vernal (Eds.) *Proxies in Late Cenozoic Paleooceanography*, Developments in Marine Ecology (1), Elsevier, pp. 263-325.

Kaiho, K. et A. Nishimura, 1992. Distribution of Holocene benthic foraminifers in the Izu-Bonin Arc. In: Taylor, B; Fujioka, K.; *et al.* (eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, College Station, TX (Ocean Drilling Program), 126: 311-320.

Kaminski, M.A., 1985. Evidence for control of abyssal agglutinated foraminiferal community structure by substrate disturbance: Results from the HEBBLE Area. *Marine Geology*, 66(1-4): 113-131.

Kawagata, S. et H. Ujiie, 1996. Distribution and environmental relationships of recent bathyal foraminifera in the Ryukyu Island Arc region, northwest Pacific Ocean. *Journal of Foraminiferal Research*, 26(4): 342-356.

Kieke, D., B. Klein, L. Stramma, M. Rhein, et K. P. Koltermann, 2009. Variability and propagation of Labrador Sea Water in the southern subpolar North Atlantic. *Deep-Sea Res. I*, 56(20): 1656-1674.

Knudsen, K.L et M-S Seidenkrantz, 1994. *Stainforthia Feylingi* new species from arctic to subarctic environments, previously recorded as *Stainforthia schreibersiana* (Czjzek). Cushman foundation Special Publication 32: 5-13.

Kubischta, F., K.L. Knudsen, A. Kaakinen et V.-P. Salonen, 2010. Late Quaternary foraminiferal record in Murchisonfjorden, Nordaustlandet, Svalbard. *Polar Research* 29(3): 283-297.

Kumar, V. et V. Manivannan, 2001. Benthic foraminiferal responses to bottom water characteristics in the Palk Bay, off Rameswaram, southeast coast of India, *Indian Journal of Marine Sciences*, 30(3): 173-179.

Lacan, F. et C. Jeandel, 2005. Acquisition of the neodymium isotopic composition of the North Atlantic Deep Water. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 6(12): doi: 10.1029/2005GC000956.

Lagoë, M.B., 1977. Recent benthic foraminifera from the central Arctic Ocean. *The Journal of Foraminiferal Research*, 7(2): 106-129.

Langezaal, A.M., F.J. Jorissen, B. Braun, G. Chaillou, C. Fontanier, P. Anschutz et G.J. van der Zwaan. 2006. The influence of seasonal processes on geochemical profiles and foraminiferal assemblages on the outer shelf of the Bay of Biscay. *Continental Shelf Research* 26: 1730–1755.

Lazier, J., R. Hendry, A. Clarke, I. Yashayaev et P. Rhines, 2002. Convection and restratification in the Labrador Sea, 1990–2000. *Deep-Sea Research I* 49: 1819–1835.

Lecroq, B., A.J. Gooday et J. Pawlowski, 2009. Global genetic homogeneity in the deep-sea foraminiferan *Epistominella exigua* (Rotaliida: Pseudoparrellidae). *Zootaxa* 2096: 23–32

Legendre, P. et L. Legendre, 1998. Numerical Ecology. 2e édition anglaise. Elsevier Science BV, Amsterdam. xv+853 p.

Leiter, C., et A.V. Altenbach, 2010. Benthic Foraminifera from the Diatomaceous Mud Belt Off Namibia: Characteristic Species for Severe Anoxia. *Paleontologia Electronica*. 13(2)11A: 1-19.

Lisiecki, L. E., et M. E. Raymo, 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records, *Paleoceanography*, 20, PA1003, doi:10.1029/2004PA001071

Locarnini, R. A., A. V. Mishonov, J. I. Antonov, T. P. Boyer, et H. E. Garcia, 2006. *World Ocean Atlas 2005*, Volume 1: *Temperature*. S. Levitus, Ed. NOAA Atlas NESDIS 61, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 182 p.

Loeblich, A.R. et H. Tappan, 1953. Studies of Arctic foraminifera. *Smithsonian Miscellaneous Collection*, 121 (7): 1-150.

Loeblich, A.R. et H. Tappan, 1988. Foraminiferal Genera and their Classification. Van Nostrand Reinhold, New York, 2 vols., 2047 p.

Loeblich, A.R. et H. Tappan, 1994. Foraminifera of the Sahul Shelf and Timor Sea. Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication, 31: 661 pp.

Lucotte, M. et C. Hillaire-Marcel, 1994. Identification and distribution of the main water masses in the Labrador and Irminger seas. *Revue canadienne des sciences de la terre*, 31(1): 5-13.

Mackensen, A., Sejrup, H.P. et E. Jansen, 1985. The distribution of living benthic foraminifera on the continental slope and rise off southwest Norway. *Marine Micropaleontology*, 9(4): 275-306.

Mackensen, A., H.W. Hubberten, T. Bickert, G. Fischer et D.K. Futterer, 1993. The $\delta^{13}\text{C}$ in benthic foraminiferal tests of *Fontbotia wuellerstorfi* (Schwager) relative to the $\delta^{13}\text{C}$ of dissolved inorganic carbon in Southern Ocean deep water: implications for glacial ocean circulation models. *Paleoceanography* 8: 587-610.

McCartney, M.S., 1992. Recirculating components to the deep boundary current of the northern North Atlantic. *Progress in Oceanography*. 29: 283-383.

Miller, K.G., et Lohmann, G.P., 1982. Environmental distribution of Recent benthic foraminifera on the northeast United States continental slope. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 93: 200-206.

Mojtahid, M., Jorissen, F. et T.H. Pearson, 2008. Comparison of benthic foraminiferal and macrofaunal responses to organic pollution in the Firth of Clyde (Scotland). *Marine Pollution Bulletin* 56: 42–76.

Morigi, C., F.J. Jorissen, S. Fraticelli, B.P. Horton, M. Principi, A. Sabbatini, L. Capotondi, P.V. Curzi et A. Negri, 2005. Benthic foraminiferal evidence for the formation of the Holocene mud-belt and bathymetrical evolution in the central Adriatic Sea. *Marine Micropaleontology*, 57(1-2): 25-49.

Murray J.W., 2000. *Ecology and applications of benthic foraminifera*, Cambridge University Press, 426 pp.

Ovsepyan E.A. et E.V. Ivanova, 2009. Benthic foraminiferal assemblages as indicators of the paleoceanographic conditions in the eastern Equatorial Pacific. *Oceanology*, 49(1): 121-129.

Panieri, G. et B.K. Sen Gupta, 2008. Benthic Foraminifera of the Blake Ridge hydrate mound, Western North Atlantic Ocean. *Marine Micropaleontology* 66: 91–102.

Parr, W.J. 1950. Foraminifera B.A.N.Z. Antarctic Research Exped. 1929-1931, Repts., Adelaide, 1950, ser. B, 5(6): 319.

Patterson, R. T., 1985. *Abditodendrix*, a new foraminiferal genus in the family Bolivinitidae. *The Journal of Foraminiferal Research*, 15 (2): 138-140.

Patterson, R.T., 1993. Late Quaternary benthic foraminiferal biofacies and paleoceanography of Queen Charlotte Sound and southern Hecate Strait, British Columbia. *The Journal of Foraminiferal Research*, 23(1): 1-18.

Patterson, R.T. et R.H. Richardson, 1988. Eight new genera of unilocular foraminifera. *Amer. Micr. Soc., Lawrence, Kansas*, 107(3): 240-258.

Pérez-Asensio, J.N. et J. Aguirre, 2010. Benthic foraminiferal assemblages in temperate coral-bearing deposits from the late Pliocene. *Journal of Foraminiferal Research*, 40(1): 61-78.

Phleger, F. B., et F. L. Parker, 1951. Ecology of foraminifera, northwest Gulf of Mexico, part II - Foraminifera species, *Mem. Geol. Soc. Am.*, 46: 1-64.

Poag, C.W., 1981. Ecologic atlas of benthic foraminifera of the Gulf of Mexico. *Marine Science International (Woods Hole, Massachusetts and New York)*, 174 pp., p.86-88.

Radi, T. et A. de Vernal, 2008. Dinocysts as proxy of productivity in mid-high latitudes of the Northern Hemisphere, *Marine Micropaleontology*, 68: 84-114.

Rathburn, A.E. et B.H. Corliss, 1994. The ecology of deep-sea benthic foraminifera from the Sulu Sea. *Paleoceanography* 9: 87-150.

Reinhardt, E.G., N.A. Easton et R.T. Patterson, 1996. Foraminiferal evidence of late holocene sea-level change and Amerindian site distribution at Montague Harbour, British Columbia. *Geographie Physique et Quaternaire*. 50(1): 35-46.

Resig, J.M., K. Ming et S. Miyake, 1995. Foraminiferal Ecology, Ala Wai Canal, Hawai'i. *Pacific Science*, 49(4): 341-366.

Ricketts, E.R., J.P. Kennett, T.M. Hill et J.P. Barry, 2009. Effects of carbon dioxide sequestration on California margin deep-sea foraminiferal assemblages. *Marine Micropaleontology* 72: 165–175.

Rosenthal, Y., C.H. Lear, D.W. Oppo, et B.K. Linsley, 2006. Temperature and carbonate ion effects on Mg/Ca and Sr/Ca ratios in benthic foraminifera: Aragonitic species *Hoeglundina elegans*. *Paleoceanography*, Vol. 21, PA1007.

Saidova, K.M., 1975. Benthonic foraminifera of the Pacific Ocean. *Academy of Sciences of U.R.S.S., Shirshov Institute of Oceanology*, 2: 297 p.

Sarafanov, A.A., A. V. Sokov, et A. S. Falina, 2008. Warming and Salinification of Labrador Sea Water and Deep Waters in the Subpolar North Atlantic at 60° N in 1997–2006. *Oceanology*, 49(2): 193–204.

Sarafanov, A., 2009. On the effect of the North Atlantic Oscillation on temperature and salinity of the subpolar North Atlantic intermediate and deep waters. *ICES Journal of Marine Science*, 66(7): 1448-1454.

Schmiedl G. et A. Mackensen, 1997. Late quaternary paleoproductivity and deep water circulation in the eastern South Atlantic Ocean: evidence from benthic foraminifera. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 130: 43–80.

Schnitker, D., 1979. The deep waters of the western North Atlantic during the past 24000 years, and the re-initiation of the Western Boundary Undercurrent. *Marine Micropaleontology*, 4: 265-280.

Schnitker, D., 1980. Quaternary deep-sea benthic foraminifera and bottom water masses. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 8: 343-370.

Schonfeld, J. et A.V. Altenbach, 2005. Late Glacial to Recent distribution pattern of deep-water *Uvigerina* species in the north-eastern Atlantic. *Marine Micropaleontology* 57: 1–24.

Schröder, C.J., Scott, D.B., et Medioli, F.S., 1987. Can smaller benthic foraminifera be ignored in paleoenvironmental analyses? *Journal of Foraminiferal Research*, 17: 101–105.

Schröder-Adams, 1991. Middle Eocene to Holocene benthic foraminifer assemblages from the Kerguelen Plateau (Southern Indian Ocean). *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 119: 611-630.

Scott, G.A., J.D. Scourse et W.E.N. Austin, 2003. The distribution of benthic foraminifera in the Celtic Sea: The significance of seasonal stratification. *Journal of foraminiferal research*, 33(1): 32-61.

Sejrup H.P. et Guilbault J.P. 1980. *Cassidulina reniforme* and *C. obtusa* (Foraminifera), taxonomy, distribution, and ecology. *Sarsia* 65: 79-85.

Sen Gupta, B.K., I.C. Shin et S.T. Wendler, 1987. Relevance of specimen size in distribution studies of deep-sea benthic foraminifera. *Palaios*, 2(4): 332-338.

Sen Gupta, B.K., J.J. Galluzzo et M. Pujos, 1989. Dominant benthic Foraminifera in deep-water environments of the Grenada Basin, Caribbean Sea. *Bulletin - Institut de Geologie du Bassin d'Aquitaine*, 46: 109-117.

Shepherd, A.S., A.E. Rathburn et M.E. Pérez, 2007. Living foraminiferal assemblages from the Southern California margin: A comparison of the > 150, 63-150, and > 63 μm fractions. *Marine Micropaleontology* 65(1-2): 54-77.

Smart, C.W., 2008. Abyssal NE Atlantic benthic foraminifera during the last 15 kyr: Relation to variations in seasonality of productivity. *Marine Micropaleontology* 69: 193-211

Smart, C. W. et A. J. Gooday, 2006. Benthic foraminiferal trends in relation to an organic enrichment gradient on the continental slope (850 m water depth) off North Carolina (USA). *Journal of Foraminiferal Research*, 36: 34-43

Smart, C.W., C. Waelbroeck, E. Michel et A. Mazaud, 2010. Benthic foraminiferal abundance and stable isotope changes in the Indian Ocean sector of the Southern Ocean during the last 20kyr: Paleooceanographic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 297(3-4): 537-548.

Smith, C.J., L.S. Collins, C. Jaramillo et L.I. Quiroz, 2010. Marine Paleoenvironments of Miocene-Pliocene Formations of North-Central Falcón State, Venezuela. *Journal of Foraminiferal Research*, 40(3): 266-282.

Sosdian, S. et Y. Rosenthal, 2009. Deep-Sea Temperature and Ice Volume Changes Across the Pliocene-Pleistocene Climate Transitions. *Science* 325: 306.

Suhr, S.B., D.W. Pond, A.J. Gooday et C.R. Smith, 2003. Selective feeding by benthic

foraminifera on phytodetritus on the western Antarctic Peninsula shelf: evidence from fatty acid biomarker analysis. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 262: 153–162.

Sun, X., B.H. Corliss, C.W. Brown et W.J. Shower, 2006. The effect of primary productivity and seasonality on the distribution of deep-sea benthic foraminifera in the North Atlantic. *Deep-Sea Research I* 53: 28–47.

Tachikawa, K. et H. Elderfield, 2004. Chemistry of benthic foraminiferal shells for recording ocean environments: Cd/Ca, $\delta^{13}\text{C}$ and Mg/Ca. In: M. Shiyomi *et al.*, (Eds.) *Global environmental Change in the Ocean and on Land*. pp. 249-263.

Thomas F.C., F.S. Mendioli et D.B. Scott, 1990. Holocene and latest Wisconsinan benthic foraminiferal assemblages and paleocirculation history, lower Scotian Slope and Sise. *Journal of foraminiferal Research*, 20(3): 212-245.

Van Nieuwenhove N., Bauch H.A. et J. Matthiessen, 2008. Last interglacial surface water conditions in the eastern Nordic seas inferred from dinocyst and foraminiferal assemblages. *Marine Micropaleontology* 66: 247–263.

Wahyudi, C., et M. Minagawa, 1997. Response of benthic foraminifera to organic carbon accumulation rates in the Okinawa Trough. *Journal of Oceanography* 53: 411–420.

Vázquez-Riveiros, N. et R.T. Patterson, 2008. Foraminifera from the Seymour-Belize Inlet Complex, northern British Columbia, Canada. *Palaeontologia Electronica*, v. 11, 45 p.

Wollenburg, J., W. Kuhn, et A. Mackenzie, 2001. Changes in Arctic Ocean paleoproductivity and hydrography during the last 145 kyr: The benthic foraminiferal record, *Paleoceanography*, 16: 65–77.

Wollenburg, J.E., J. Knies, J. et A. Mackensen, 2004. High-resolution paleoproductivity fluctuations during the past 24 ka as indicated by benthic foraminifera in the marginal Arctic Ocean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 204: 209–238.

Wright, R., 2007. 41.- Neogene Paleobathymetry of the Mediterranean based on benthic foraminifers from DSDP Leg 42A. DSDP Volume XLII Part 1, section 6, 41: 837-846.

Wu, G. et C. Hillaire-Marcel, 1994. Accelerator mass spectrometry radiocarbon stratigraphies in deep Labrador Sea cores: paleoceanographic implications. *Revue canadienne de sciences de la Terre*, 31(1): 38-47.

Xiang, R., T. Li, Z. Yang, J. Yan, et Q. Cao, 2003. Benthic foraminiferal distribution in surface sediments along continental slope of the southern Okinawa Trough: Dependence on water masses and food supply. *Acta Oceanologica Sinica* 22(1): 133-143.

Yashayaev, I., 2007. Hydrographic changes in the Labrador Sea, 1960–2005. *Progress in Oceanography* 73: 242–276.

Zhu, X., 2001. Characteristics of *Uvigerina* in the Northwestern Indian Ocean: Paleo-environmental implications. *Chinese Science Bulletin* 46 (Suppl.): 116-119.