



HAL
open science

Enregistrement de l'eustatisme dans les sédiments quaternaires du bassin des Loyauté (Nouvelle-Calédonie, Sud-Ouest Pacifique)

William Pannetier

► To cite this version:

William Pannetier. Enregistrement de l'eustatisme dans les sédiments quaternaires du bassin des Loyauté (Nouvelle-Calédonie, Sud-Ouest Pacifique). Sciences de la Terre. Université Claude Bernard Lyon 1, 1990. Français. NNT: . tel-01699845v1

HAL Id: tel-01699845

<https://theses.hal.science/tel-01699845v1>

Submitted on 2 Feb 2018 (v1), last revised 20 Aug 2019 (v3)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

N° d'ordre

AUTEUR

Année 1990

2



THESE

présentée

devant l'UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON I

pour l'obtention

du DIPLOME DE DOCTORAT

par

William PANNETIER

Enregistrement de l'eustatisme dans les sédiments quaternaires du bassin des Loyauté
(Nouvelle-Calédonie, Sud-Ouest Pacifique)

soutenu le 22 juin 1990

JURY : M. Pierre COTILLON Président
M. Lucien MONTAGGIONI Rapporteur
M. Michel ROUX Rapporteur
M. André SCHAAF Examineur
M. Christian GAILLARD Examineur
M. Bernard LAMBERT Examineur



Président de l'Université
1er Vice-Président Fédération Santé
1er Vice-Président Fédération Sciences
Président du Comité de Coordination
des Etudes Médicales
Secrétaire Général

M. le Professeur P. ZECH
M. le Professeur L.M. PATRICOT
M. Le Professeur UZAN

M. le Professeur P. ZECH
M. F. MARIANI

FEDERATION SANTE

- UFR de Médecine GRANGE-BLANCHE
- UFR de Médecine ALEXIS-CARREL
- UFR de Médecine LYON-NORD
- UFR de Médecine LYON-SUD
- Institut des Sciences Biologiques
et Pharmaceutiques
- UFR d'ODONTOLOGIE
- INSTITUT DES TECHNIQUES DE
READAPTATION
- Département de BIOLOGIE HUMAINE
- Département d'INNOVATION ET DE
COORDINATION PEDAGOGIQUE

Directeur : Mme le Pr. PELLET
Directeur : M. le Pr. EVREUX
Directeur : M. le Pr. PATRICOT
Directeur : M. le Pr. DEJOUR
Directeur : M. le Pr. VILLARD

Directeur : M. le Pr. MAGLOIRE
Directeur : M. le Pr. EYSSETTE

Directeur : M. le Pr. BRYON
Directeur : M. le Pr. LLORCA

FEDERATION SCIENCES

- Institut DES SCIENCES DE LA MATIERE
- Institut DES SCIENCES DE L'INGE-
NIERIE ET DU DEVELOPPEMENT
TECHNOLOGIQUES
- Institut DE CHIMIE ET BIOLOGIE
- Institut d'ANALYSE DES SYSTEMES
BIOLOGIQUES ET SOCIO-ECONOMIQUES
- Institut DES SCIENCES DE LA TERRE
DE L'OCEAN, DE L'ATMOSPHERE, DE
L'ESPACE ET DE L'ENVIRONNEMENT
- UFR des ACTIVITES PHYSIQUES ET
SPORTIVES
- I.U.T. A
- I.U.T. B
- Département de 1er Cycle
pluridisciplinaire Sciences
- Département de 2ème Cycle
 - Sciences de la Vie et de la
Terre
 - Sciences pour l'Ingénieur
 - Sciences de l'Analyse et de
la Matière

Directeur : M. le Pr. ELBAZ
Directeur : M. le Pr. FONTAINE

Directeur : Mme VARAGNAT, M.C.
Directeur : M. le Pr. LEGAY

Directeur : M. le Pr. ELMI

Directeur : M. le Pr. CAMY

Directeur : M. le Pr. GIELLY
Directeur : M. le Pr. PIVOT
Directeur : M. PONCET, M.C.

Directeur : M. le Pr. BLANCHET
Directeur : M. le Pr. BETHOUX

Directeur : M. le Pr. VIALLE

*Cet ouvrage est dédié
à mes parents pour leur
aide.*

AVANT-PROPOS

Ce travail de trois années a été réalisé en partie dans le cadre d'un contrat d'allocation d'enseignement et de recherche.

Je tiens à remercier les personnes suivantes :

Monsieur Pierre COTILLON, professeur à l'Université C. BERNARD, qui a bien voulu m'accueillir dans son laboratoire.

Monsieur Lucien MONTAGGIONI, professeur à l'Université de Provence, qui pour sa compétence sur les milieux récifaux actuels, a bien voulu rapporter ce travail.

Monsieur Michel ROUX, professeur à l'Université de Reims pour ses conseils et pour avoir assuré le rôle de rapporteur.

Monsieur André SCHAAF, professeur à l'Université C. BERNARD, qui a accepté de me faire part de son expérience par sa présence dans mon jury.

Monsieur Christian GAILLARD, maître de conférence à l'Université C. BERNARD, avec qui les nombreuses discussions ont été très fructueuses.

Monsieur Bernard LAMBERT, ingénieur géologue à la compagnie française des pétroles (TOTAL), pour m'avoir aidé dans l'étude de la nannoflore et qui a bien voulu faire partie du jury.

Monsieur Raymond Le SUAVE, qui m'accueillit pendant un mois au centre de Brest de l'IFREMER et m'a fait part de ces connaissances sur les enregistrements 3,5 kHz.

Madame Henriette MEON, chargé de recherche au CNRS, qui a bien voulu participer à l'étude palynologique.

Madame Christiane PACHIAUDI, pour son aide et sa compétence dans l'analyse isotopique du carbone et de l'oxygène à la faculté A. CARREL.

Monsieur Jacques EVIN et Monsieur Philippe FORTIN du centre d'analyse du radiocarbone pour leur aide dans l'acquisition des dates ^{14}C .

Je n'oublierai pas l'équipe de sédimentologie de LYON pour son aide matériel et son soutien.

Résumé :

Différentes carottes KULLENBERG, prélevées au large de la Nouvelle-Calédonie, consistent en une alternance de boues hémipélagiques et de turbidites. Cet enregistrement montre un lien entre la sédimentation quaternaire profonde et les variations du niveau de la mer sous contrôle climatique.

Dans un cadre biostratigraphique précis reposant sur les restes du nannoplancton, les fluctuations des teneurs en carbonates permettent de mettre sur pied une chimiostratigraphie qui est raccordée à la courbe de $\delta^{18}\text{O}$ construite sur les carottes.

En période interglaciaire et de haut niveau marin, la teneur en carbonates est élevée, alors que l'inverse se produit en période froide. Une corrélation est tentée entre les variations des teneurs en carbonates et en aragonite des sédiments profonds et une succession carottée à travers le récif-barrière s'étendant au SW de la Grande-Terre et qui permet de reconstituer les différentes phases de son édification. Au large de Lifou, une étude sédimentologique et la morphologie des pentes précisée à l'aide du sondeur de sédiment 3,5 kHz permettent de conclure à un contexte essentiellement carbonaté. Le parallélisme entre les courbes des teneurs en aragonite et en carbonates totaux montre que le niveau marin, par son contrôle sur le détritisme carbonaté issu des récifs, joue un rôle important dans la sédimentation de périplate-forme et de bassin. Par contre au large de Thio, face au versant NE de la Grande Terre, ce contrôle est fortement modulé par les apports continentaux silicoclastiques et argileux.

L'étude des différents composants de la phase sableuse et des fractions palynoplanctoniques a permis d'apprécier l'importance relative des apports continentaux, des apports issus des plates-formes ainsi que ceux fournis par les communautés biologiques du milieu océanique. L'apparition de couches à diatomées pendant les périodes froides du Quaternaire permet de déceler des changements dans la structure thermo-courantologique du bassin des Loyauté. La quantification des flux de matière permet de préciser la part des différentes sources des matériaux sédimentés, en particulier au large de Thio où le flux terrigène contrôle les variations du flux total et celles des teneurs en carbonates, ainsi que dans la zone Est du bassin où le flux carbonaté joue un rôle prépondérant. A cela s'ajoutent les fluctuations de la production planctonique, difficilement repérables.

Ainsi le caractère mixte, silicoclastique et carbonaté du contexte sédimentaire du bassin des Loyauté est une originalité qui ajoute encore à la complexité des interprétations dans le cadre climato-eustatique.

Abstract

EUSTATIC RECORD IN QUATERNARY DEPOSITS OF THE LOYALTY BASIN (NEW CALEDONIA - SW PACIFIC).

Periplatform and basinal Quaternary sediments sampled by piston coring off New Caledonia, consist of carbonate ooze interfingered with calcareous sands and silts deposited by gravity flows. $\delta^{18}\text{O}$ and CaCO_3 fluctuations have been used for correlating sediments. The cyclic downcore fluctuations of the carbonate mineralogy results from the behaviour of bank-derived sediment exports and of planktonic production, controlled by climatic and eustatic processes.

During glacial periods of lowered sea level (^{18}O enrichment), the carbonate content is low, and reversely during interglacial episodes and higher sea level. In the core KK 21, peaks of aragonite and CaCO_3 % correspond to high oxygen isotope values and thus to interglacial stage. This core allows a correlation between the carbonate percents variations and the growth of reefal-barrier off southwestern New-Caledonia. This chemostratigraphy calibrated with $\delta^{18}\text{O}$ curve gives useful chronological indications for other cores of Loyalty basin. Off Thio, the dilution by fine-grained terrigenous products during glacial episodes may constitute the dominant control on sedimentation in a basinal area close to mixed carbonate/siliciclastic sources; conversely off SW of Lifou island, a detailed echo-character map based on multiple 3,5 kHz echograms reveals a pure carbonate context, therefore alternative flooding and exposure of the bank is probably the cause of carbonate cyclic variations observed through the cores (Bahamian model).

The composition of sand and palynological fractions shows the relative importance of continental detritus and of biological debris issued from platform and from oceanic communities. Monospecific diatomaceous layers occur in core sections of low carbonate content, they indicate a variation in the pattern of oceanic circulation in the Loyalty basin during glacial ages. Terrigenous and carbonate flux variations have been determined for several cores. Siliciclastic detritus yielded by rivers and shelf sediments are major components of the terrigenous flux which controls the sedimentation in the western Loyalty basin. Reversely carbonate flux is the more important in the Eastern part of it. More over, the short-term changes in planktonic production, which presently shows considerable spatial and temporal variability in response to nutrient availability, depth of vertical mixing, circulation pattern and water transparency.

This example shows that basinal deposition of hybrid siliciclastic / carbonate sequences is an originality, complicating depositional interpretations in the climatic-eustatic context.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	
CADRE SCIENTIFIQUE - OBJECTIFS	7
CHAPITRE 1 - INTRODUCTION	9
1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	9
1.1.1. PLACE DU DOMAINE NEOCALEDONIEN DANS LE SUD-OUEST PACIFIQUE	9
1.1.2. LA NOUVELLE-CALEDONIE ET LES ILES LOYAUTE.....	9
1.1.3. LE BASSIN DES LOYAUTE : ORIGINE ET MORPHOLOGIE.....	12
1.1.4. CARACTERES CLIMATIQUES ET OCEANOGRAPHIQUES.....	12
1. 2. METHODES D'ETUDES.....	15
1. 2. 1. DESCRIPTION ET LOCALISATION DES CAROTTES	15
1. 2. 2. COMPOSITION ET MINERALOGIE DES CARBONATES.....	15
1. 2. 3. TENEUR EN SABLE (PHASE > 63 µm) ET DETERMINATION DES COMPOSANTS DE LA FRACTION SABLEUSE.....	15
1. 2. 4. METHODES PALYNOLOGIQUES	19
1. 2. 5. DATATIONS AU CARBONE 14 ET ANALYSES ISOTOPIQUES DE L'OXYGENE ET DU CARBONE.....	20
1. 2. 5. 1. DATATIONS AU RADIOCARBONE.....	20
1. 2. 5. 2. ANALYSE DES ISOTOPES DE L'OXYGENE DU CARBONE.....	20
1. 2. 6. BIOSTRATIGRAPHIE ET LA CHRONOSTRATIGRAPHIE DU QUATERNAIRE.....	25
1. 2. 7. MESURE DE LA DENSITE MATRICIELLE DES SEDIMENTS.....	25
CHAPITRE 2- ANALYSE AU SONDEUR 3,5 kHz : DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE SUR LES PENTES ET DANS LES BASSINS AU LARGE DE LA NOUVELLE-CALEDONIE.....	29
2. 1. TRAVAUX ANTERIEURS (RESULTATS DE LA MISSION BIOCAL)	29
2. 2. ANALYSE DES FONDS AU SONDEUR DE SEDIMENTS 3,5 kHz.....	30
2. 2. 1. INTRODUCTION.....	30
2. 2. 2. CLASSIFICATION ET SIGNIFICATION DES FACIES ACOUSTIQUES.....	30
2. 2. 3. ETUDES DE QUELQUES PROFILS ET DES CARTES DE REPARTITION .	32
2. 2. 4. APPORT DE L'ETUDE DES ECHOFACIES 3,5 kHz A LA CONNAISSANCE DES PHENOMENES SEDIMENTAIRES AU LARGE DE LA NOUVELLE-CALEDONIE	49
2. 3. NOUVELLES INTERPRETATIONS DE LA SEDIMENTATION AU LARGE DE LA NOUVELLE-CALEDONIE : APPORTS DES MISSIONS BIOGEOCAL ET CALSUB	56

CHAPITRE 3- L'ENREGISTREMENT DE L'EUSTATISME	
DANS LA SEDIMENTATION QUATERNAIRE DU BASSIN DES LOYAUTE	61
3. 1. VARIATIONS DU NIVEAU DE LA MER DANS LE SUD-OUEST PACIFIQUE ET DANS LE DOMAINE NEOCALEDONIEN.....	61
3. 2. ANALYSE DES CAROTTES - PRESENTATION DES RESULTATS	63
3. 3. CORRELATIONS DES CAROTTES PAR RADIOCHRONOLOGIE ET CHIMIOSTRATIGRAPHIE. CONTROLES CLIMATIQUES ET EUSTATIQUES DE LA SEDIMENTATION.....	79
3. 3. 1. DATATIONS AU ^{14}C	79
3. 3. 2. DETERMINATION DES PERIODES GLACIAIRES ET INTERGLACIAIRES DANS LA CAROTTE KK 97. LIAISON AVEC LES TENEURS EN CARBONATES.....	79
3. 3. 3. CORRELATIONS DES CAROTTES ENTRE LA ZONE B 1 ET LE CENTRE DU BASSIN DES LOYAUTE GRACE AUX COURBES DE VARIATION DES TENEURS EN CARBONATES	81
3. 3. 4. CORRELATIONS PAR LES COURBES DES TENEURS EN CaCO_3 ET EN ARAGONITE AU SUD-OUEST DE LIFOU	81
3. 3. 5. FLUCTUATIONS DU DEVELOPPEMENT RECIFAL AU QUATERNAIRE. ENREGISTREMENT DANS LA CAROTTE KK 21	84
3. 4. REPARTITION DE LA DIATOMEE <i>ETHOMODISCUS REX</i> ET RELATION AVEC LES EVENEMENTS CLIMATO-EUSTATIQUE AU QUATERNAIRE DANS LE BASSIN DES LOYAUTE.....	86
3. 5. COMPORTEMENT DES DIFFERENTES FRACTIONS PALYNOPLANCTONIQUES LORS DES VARIATIONS DU NIVEAU DE LA MER.....	89
3. 6. LES ELEMENTS DE LA PHASE SABLEUSE.....	91
3. 7. ESSAI DE BILAN : TAUX DE SEDIMENTATION, PLACE DES TURBIDITES DANS LES SEQUENCES DE DEPOTS ET FLUX SEDIMENTAIRES	93
3. 7. 1. VARIATIONS DU TAUX DE SEDIMENTATION.....	93
3. 7. 2. MISE EN PLACE DES TURBIDITES EN RELATION AVEC LES VARIATIONS DU NIVEAU DE LA MER.....	95
3. 7. 3. VARIATIONS DES FLUX SEDIMENTAIRES AU COURS DU QUATERNAIRE TERMINAL DANS LE BASSIN DES LOYAUTE	96
3. 8. ENREGISTREMENT SEDIMENTAIRE DES VARIATIONS DU NIVEAU DE LA MER AU QUATERNAIRE TERMINAL DANS LE BASSIN DES LOYAUTE.....	101
 CHAPITRE 4- COMPARAISONS AVEC D'AUTRES MARGES ACTUELLES	
4. 1. LES BAHAMAS.....	105

4. 2. LA FLORIDE ET LA MER DES CARAIBES (502B).....	105
4. 3. COMPARAISONS AVEC DES DOMAINES PUREMENT SILICOCLASTIQUES ET DES DOMAINES OCEANIQUES FRANCS.....	109
4. 3. 1. DOMAINES SILICOCLASTIQUES	109
4. 3. 2. DOMAINES OCEANIQUES	109
4. 4. CONCLUSION.....	112
CONCLUSION GENERALE.....	115
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	117
LISTE DES FIGURES.....	127
LISTE DES TABLEAUX.....	131
ANNEXES.....	133
PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES	154

INTRODUCTION

CADRE SCIENTIFIQUE - OBJECTIFS

Dans le cadre du programme ENVIMARGES sur la géologie et la biologie des fonds bathyaux, plusieurs missions océanographiques ont été menées dans les bassins au large de la Nouvelle-Calédonie, avec une préférence pour le bassin des Loyauté.

Les résultats de la mission BIOCAL (1985) ont permis une première interprétation de la sédimentation actuelle et récente, basée sur l'étude de différentes carottes Kullenberg et d'échogrammes 3,5kHz. Les missions BIOGEOCAL (1987) et CALSUB (1989), avec pour cette dernière des observations in situ, répondaient en partie à un complément d'information. Les objectifs des missions portaient :

- sur la sédimentation actuelle et récente le long des pentes et dans les bassins adjacents;
- sur les écosystèmes benthiques et nectoniques à moyenne et grande profondeur.

Un bilan de l'alimentation actuelle du bassin en produits carbonatés, en produits terrigènes et en produits pyroclastiques a pu être dressé, avec une distinction des grandes provinces d'alimentation (LIU 1988, COTILLON *et al.* 1989b, LIU & COTILLON 1989). Une détection éventuelle des premières modifications diagénétiques liées à l'enfouissement et notamment du devenir des minéraux carbonatés instables complété par une étude géochimique des carbonates a fourni de nombreuses informations (PASCAL 1990). Les travaux de LIU (1988) laissaient de nombreux problèmes en suspens :

- parallélisme entre les teneurs en aragonite, en carbonates totaux et les variations de $\delta^{18}\text{O}$ dans la carotte KK 21, au large de la côte SW;
- cycles dessinés par les teneurs en carbonates dans la carotte 97, au large de la côte NE;
- rôles respectifs de la tectonique et des variations relatives du niveau marin dans les accumulations gravitaires au pied de la pente NE au large de Thio.

Au vu de ce bilan, il était nécessaire de comprendre l'évolution de la sédimentation au cours des derniers 200 000 ans en fonction des pulsations climatiques et glacio-eustatiques récentes du Quaternaire, ainsi qu'avec les phases de développement des ceintures récifales s'étendant autour de la Nouvelle-Calédonie et des îles Loyauté.

Dix carottes sont analysées; elles intéressent le Quaternaire terminal et pour quelques-unes la totalité du Quaternaire. Les sédiments, sont dans leur grande majorité, très carbonaté et se succèdent verticalement, le plus souvent, en une alternance de boues hémipélagiques et de turbidites.

Afin de comprendre les liens entre la sédimentation de periplate-forme et de bassin avec l'eustatisme, les objectifs principaux de l'étude sont :

- une étude sédimentologique pour mettre en évidence les divers modes de dépôts et de contexte sédimentaire;
- une recherche des mécanismes de la sédimentation et de l'enregistrement des évènements globaux, tel que l'eustatisme;
- une étude de l'évolution verticale de différents paramètres géochimiques et isotopiques et une comparaison avec d'autres enregistrements;
- l'établissement d'un cadre biostratigraphique permettant d'utiliser une chimiostratigraphie précise à partir des teneurs en carbonates;

- une datation comparée des dépôts par le ^{14}C et par la courbe du $\delta^{18}\text{O}$;
- une quantification des transferts par le calcul des flux sédimentaires permettant de préciser l'importance des différents apports et leurs interactions;
- une comparaison avec d'autres systèmes sédimentaires de même âge, afin d'intégrer le modèle du bassin des Loyauté dans un ensemble global.

CHAPITRE 1

CHAPITRE I

GENERALITES

1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE ET CONTEXTE GEOLOGIQUE

1.1.1. PLACE DU DOMAINE NEOCALEDONIEN DANS LE SUD-OUEST PACIFIQUE

Situé sur la plaque australienne plongeant sous la plaque du Pacifique, la Nouvelle-Calédonie et ses bassins adjacents présentent une structure tectonique de convergence de plaques.

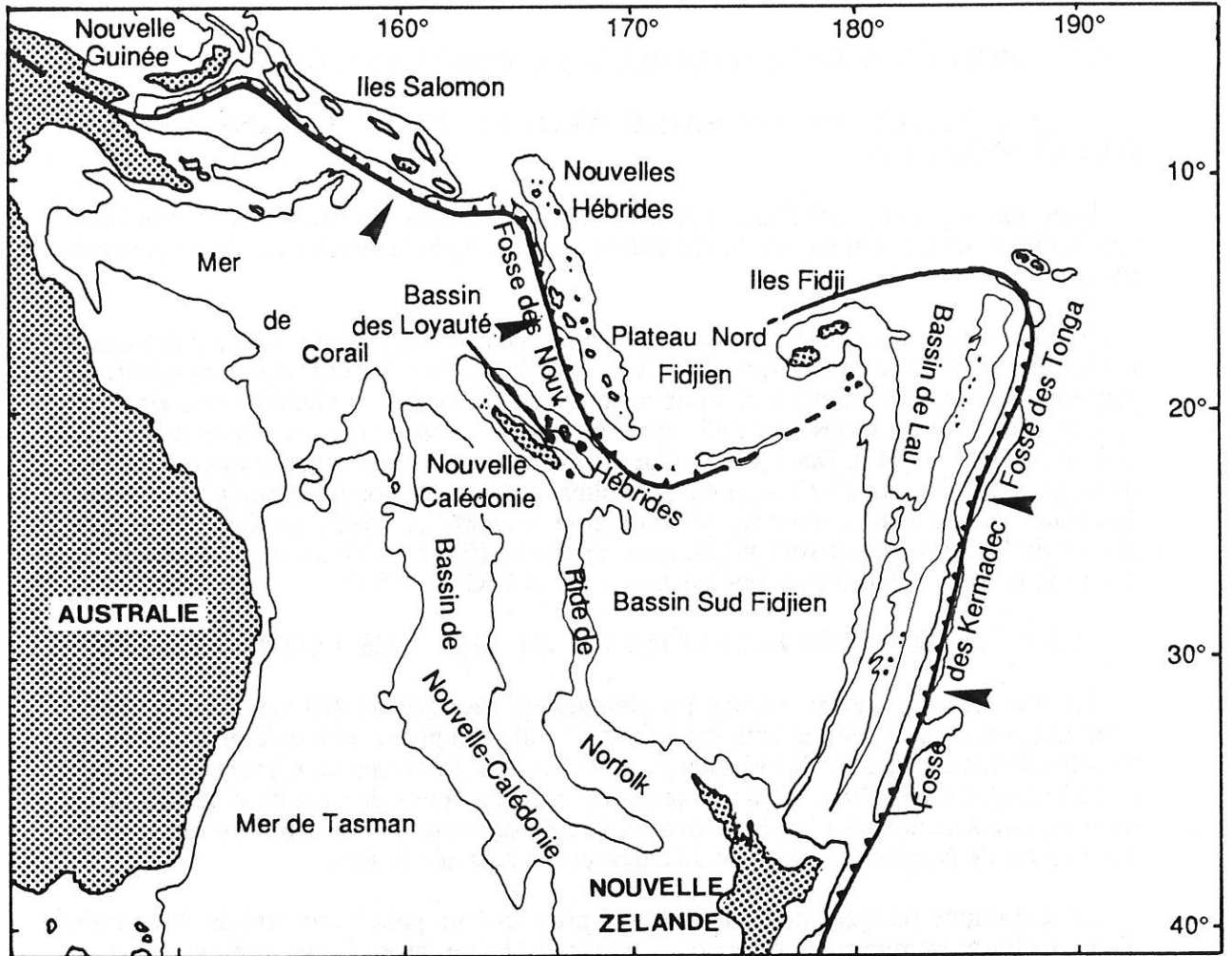
Un contexte géodynamique compressif a contribué à l'obduction de la croûte océanique à l'éocène supérieur (BITOUN & RECY 1982), créant un complexe ophiolitique important. Cette dynamique a entraîné le soulèvement du bâti néocalédonien, ainsi que l'apparition de la ride des Loyauté représentée actuellement par un alignement d'îles (DUBOIS *et al.* 1974a). Dans le Sud-Ouest Pacifique, cette convergence tectonique crée un alignement d'archipels (Salomon, Nouvelles-Hébrides et Tonga) et de fosses proches des zones de subduction. Le sens de subduction s'inverse au niveau des îles Tonga où la plaque du Pacifique passe sous la plaque australienne (fig. 1). La Nouvelle-Calédonie fait partie de la zone mélanésienne interne stabilisée (GONORD 1977).

1.1.2. LA NOUVELLE-CALEDONIE ET LES ILES LOYAUTE

La Nouvelle-Calédonie est une île montagneuse longue de 400 km dont la chaîne centrale culmine à 1639m et ceinturée par des récifs frangeants et barrières quaternaires témoins du comportement des plaques et des variations du niveau de la mer (COUDRAY et MONTAGGIONI 1982). Elle est composée principalement de massifs ultrabasiques et de formations anciennes (fig. 2). L'érosion de ces formations a contribué au remplissage des bassins de Nouvelle-Calédonie à l'Ouest et des Loyauté à l'Est.

La tectonique pléistocène de la région a provoqué un gauchissement de la Grande-Terre. Celui-ci est mis en évidence dans les récifs Quaternaires. Cette surélévation d'une partie de l'île est importante au niveau de l'île des Pins avec des formations récifales datées de 118000 ans à une altitude de +20 m, alors que ces mêmes formations du forage Ténia sur la côte ouest se trouvent à -11 m (COUDRAY 1976).

La ride des Loyauté résulte d'un bombement du substratum basaltique débutant à l'Oligocène et de phases volcaniques tardives (BAUDRON *et al.* 1976). Elle est constituée d'une série volcano-détritique basaltique et rhyolitique coiffée d'une épaisse couverture de calcaires récifaux fortement encroûtés. La découverte de calcaires récifaux à des profondeurs de 3700 à 4300 m montre l'ampleur des mouvements verticaux qui ont affecté cette ride à l'approche de la fosse de subduction des Nouvelles-Hébrides (MONZIER *et al.* 1989). La différence de soulèvement du Sud au Nord se retrouve dans les îles Loyauté où Maré culmine à +140 m et Ouvéa au Nord-Ouest à +46 m. Les mouvements de soulèvement sont de l'ordre de 0,07 m par 1000 ans au niveau de Maré (DUBOIS *et al.* 1973). Des profils morphologiques des différentes îles montrent que Maré est inclinée vers le Nord-Est, Lifou est subhorizontale et Ouvéa est inclinée vers le Nord-Ouest. Ces basculements sont liés à l'évolution de la position des îles par rapport à l'axe du bombement lithosphérique (fig. 2), au front de la zone de subduction (CARRIERE 1987). Cette ride est interprétée comme un arc volcanique interne. Quant à la Nouvelle-Calédonie, elle serait un arc non volcanique externe. Cette interprétation suppose l'existence d'une zone de subduction à la latitude de la Nouvelle-Calédonie, masquée par le recouvrement dû à l'obduction de la nappe ophiolitique à l'Eocène supérieure (DUBOIS *et al.*, 1974b). De plus un alignement Hot Spot selon une direction N-S depuis l'île de Norfolk jusqu'aux abords de la Nouvelle-Calédonie témoigne d'une phase volcanique au Miocène inférieur importante (RIGOLOT 1988).



- ▶ Sens de la plaque plongeante
- ▬ Zone de subduction

Figure 1 - Place du bassin des Loyauté dans le contexte géodynamique du Sud-Ouest Pacifique.

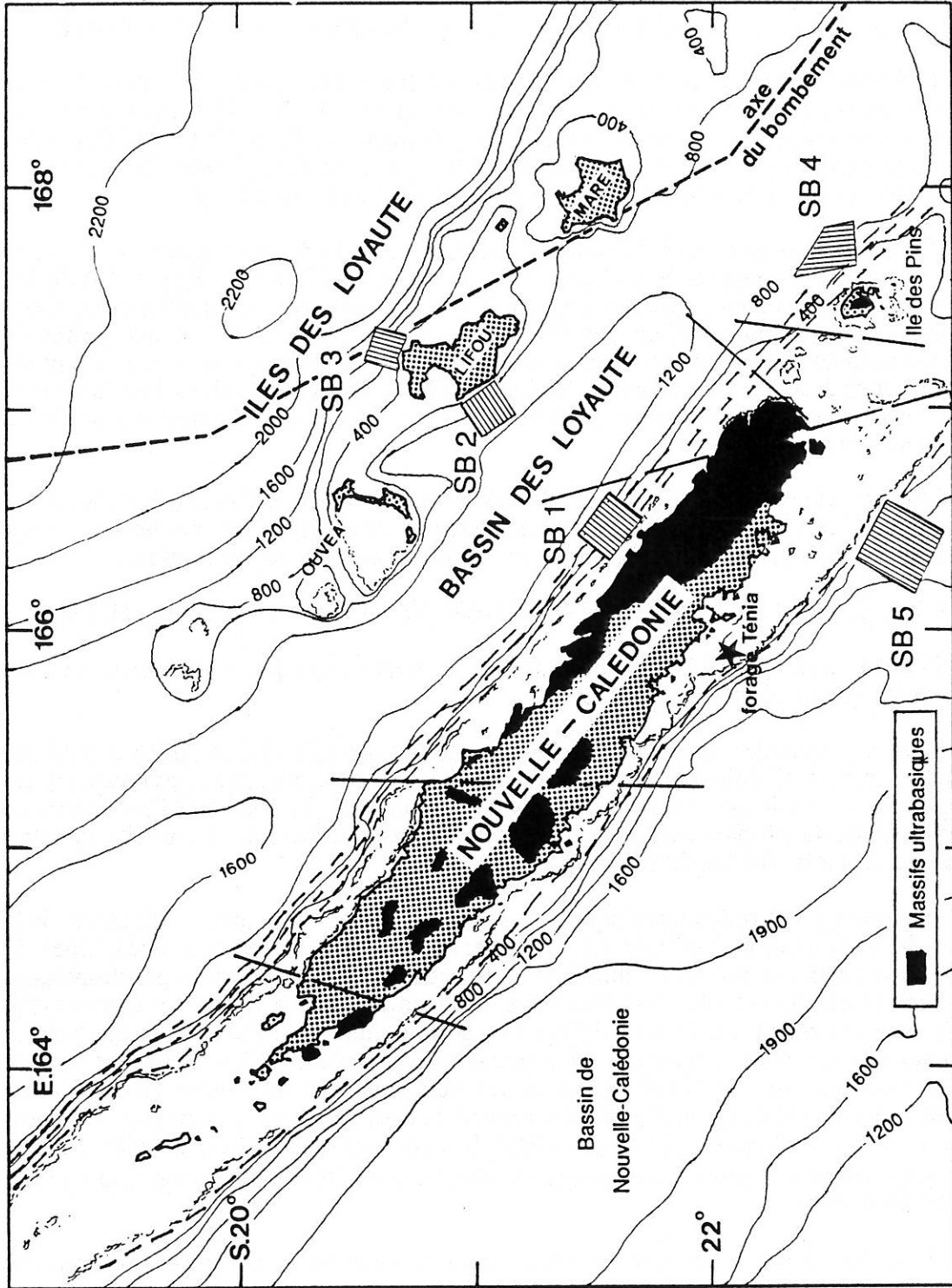


Figure 2 - Cadre géologique, tectonique et localisation des boîtes Sea-Beam dans la région de Nouvelle-Calédonie. Echelle des profondeurs en brasses.

- - - Flexures
- Compartiments tectoniques

Le développement des formations récifales au Quaternaire autour de la Nouvelle-Calédonie et des îles Loyauté confère un caractère carbonaté dominant à la sédimentation récente sur les marges. Ces formations peuvent atteindre plus de 200 m d'épaisseur (forage Ténia) et correspondent à l'empilement de plusieurs récifs dont la croissance est liée aux processus glacio-eustatiques et à la subsidence des marges (COUDRAY 1976; 1977).

1.1.3. LE BASSIN DES LOYAUTE : ORIGINE ET MORPHOLOGIE

Né d'une distention entre la ride de Norfolk à l'Ouest et la ride des Loyauté à l'Est, le bassin des Loyauté est une vaste cuvette à fond peu incliné de 100 à 150 km de large et de 1000 km de long. La profondeur maximale est d'environ 2350 m. Une ride NNW-SSE (ride Lévi) découverte au cours de la mission BIOCAL large d'une dizaine de km, elle forme un relief s'élevant de 200 à 400m au dessus des fonds avoisinants.

Son remplissage débute à l'éocène supérieur après la mise en place de la nappe ophiolitique qui constitue le soubassement du bassin (BITOUN et RECY 1982); les matériaux proviennent principalement de l'altération des roches péridotitiques. Cette alimentation est caractérisée par une épaisseur d'environ 8000 m de sédiments silicoclastiques. Les sédiments Quaternaires et actuels sont carbonatés; ils sont composés d'une alternance de boues hémipélagiques (LIU 1988) et de sables bioclastiques, reconnaissables sur une cinquantaine de mètres d'épaisseur d'après les profils à l'échosondeur 3,5 kHz.

Objectif principal des campagnes BIOCAL, BIOGEOCAL et CALSUB, ce bassin et ses pentes étudiés par Sea-Beam, échosondage et carottages sont maintenant mieux connus du point de vue des processus sédimentaires et de la morphotectonique.

1.1.4. CARACTERES CLIMATIQUES ET OCEANOGRAPHIQUES

Sa place entre 15° et 25° de latitude sud et son cadre océanique confèrent au domaine néocalédonien un climat tropical atténué.

La température des eaux superficielles, que se soit pendant l'été ou l'hiver austral, est supérieure à 20° C, donc très favorable au développement des madréporaires constructeurs (fig. 3). Le secteur est soumis aux alizés d'Est et du Sud-Est. Pendant l'été austral de vastes dépressions occasionnent des tempêtes et des cyclones avec une pluviométrie importante sur la côte Est de la Nouvelle-Calédonie.

Du point de vue océanographique, la Nouvelle-Calédonie fait partie intégrante de la mer de Corail bordant la côte Est australienne. Les grands courants océaniques du Pacifique central et Sud-Ouest dominant dans cette région. Ces courants géostrophiques présentent une direction Est-Sud-Ouest très bien marquée dans le bassin des Loyauté (fig. 3a), avec une zone frontale superficielle à l'Ouest de Maré, qui sépare les eaux d'origine équatoriale des eaux à caractère subtropical au Sud. Près des îles Loyauté existe un contre-courant vers le Nord; aucun indice actuel permet de savoir s'il s'agit d'un phénomène d'upwelling ou d'un ralentissement du courant géostrophique par frottement contre la ride des Loyauté (GUEVEL 1983). La zone euphotique de cette région est l'une des plus épaisses du monde avec une productivité assez faible de 3 à 10 mg C.m⁻³.j⁻¹ (Le BORGNE 1986).

Vers 600 m de profondeur, il existe une eau Antarctique intermédiaire avec une température de 6°C, une salinité de 34,7‰ et une richesse particulière en SiO₃ dissous. Cette eau est originaire de la zone de convergence proche de l'antarctique (60° de latitude Sud) (ROUGERIE 1986; EMERY & MEINCKE 1986). A une profondeur de 1000m, il se produit un apport d'eau salée venant du Sud, et il apparaît, au centre du bassin, un courant dirigé vers le Nord (fig 3b).

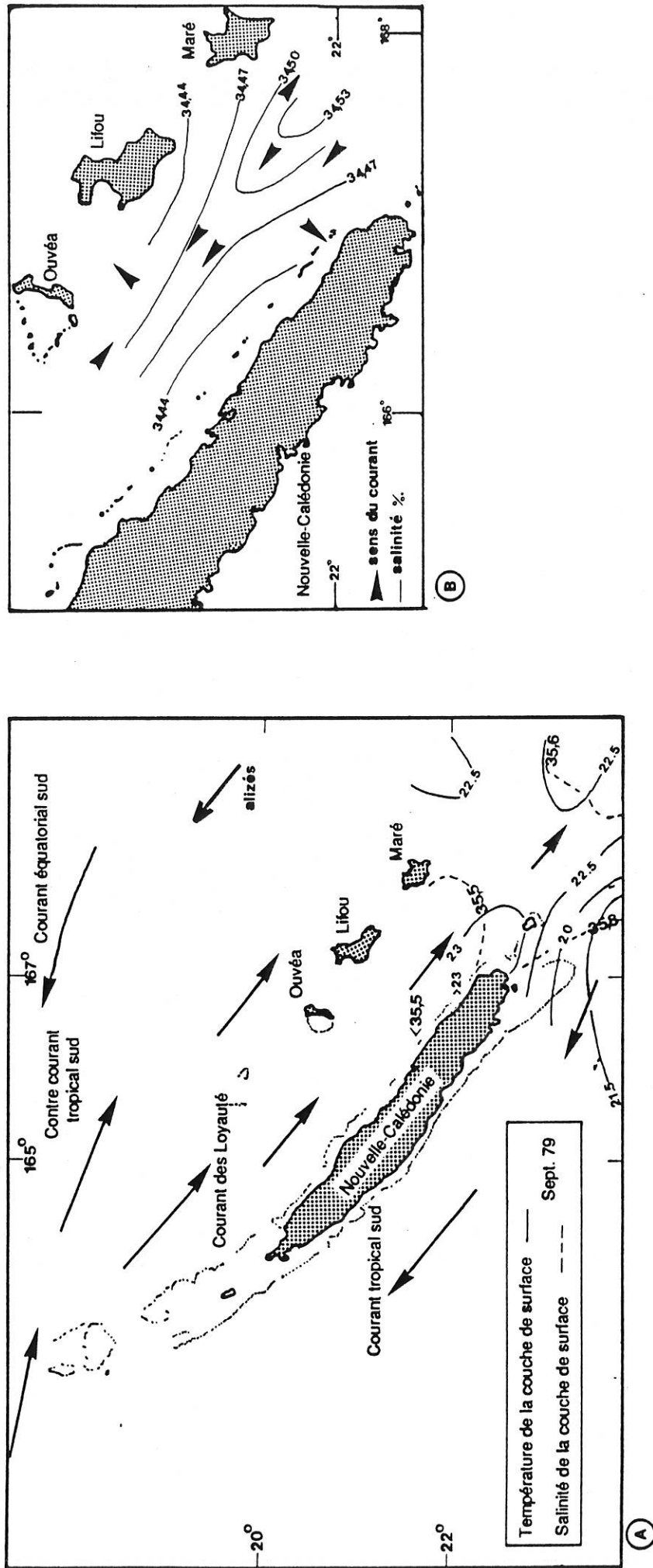


Figure 3 - Organisation courantologique et thermohaline de la couche de surface dans la région néocalédonienne pendant l'été austral de Septembre 1979 (d'après ROUGERIE 1986) (A). Carte de salinité et des courants à 1000m de profondeur (d'après GUEVEL 1985) (B).

Plus profondément, on distingue une eau froide ($0,1^{\circ}$ à $0,2^{\circ}$) et d'une salinité de 34,6 à 34,7‰, d'origine antarctique (EMERY & MEINCKE 1986), constituant le courant antarctique de fond.

1.2. METHODES D'ETUDES

La recherche de critères sédimentaires dans le but d'analyser l'enregistrement des variations du niveau de la mer dans un bassin exige une grande variété d'investigations, aussi bien sédimentologiques, biostratigraphiques, palynologiques que fauniques. Beaucoup de résultats ont été directement acquis lors des missions océanographiques. Cinq boîtes SEA-BEAM et des profils à l'échosondeur 3,5 kHz ont été réalisés lors de la campagne BIOCAL. La campagne BIOGEOCAL a continué l'étude des marges dans les mêmes boîtes avec un tracé à l'échosondeur 12 kHz.

1.2.1. DESCRIPTION DES CAROTTES

Les carottes ont été prélevées à l'aide d'un carottier KULLENBERG (carottier à piston) de 12 m de long pour la mission BIOCAL et de 6 m pour la mission BIOGEOCAL avec un diamètre de 6 cm. Chaque carotte est découpée en tronçons de 1 m 45, sciés en long, photographiés et emballés sous plastique. La description des sédiments suit le processus d'analyse des sections du DSDP (BUFFLER *et al.* 1984, leg 77). Les couleurs sont déterminées à l'aide d'une charte (GODDARD *et al.* 1963) et un frottis permet d'en connaître la composition élémentaire et l'âge. Les nombreux faciès rencontrés ont nécessité une classification. Dans le bassin des Loyauté, les boues sont dominées par les nanfossiles calcaires et les foraminifères planctoniques (*foraminifer nannofossil ooze*). Dans le cas de sédiments fins, nous utiliserons la classification de DEAN *et al.* (1985). Pour les autres faciès, la classification des sédiments profonds de PICKERING *et al.* (1986) a été adoptée.

Sur les 56 carottes extraites durant les deux missions BIOCAL et BIOGEOCAL, seulement dix ont été étudiées en détail. Elles se localisent dans la boîte B 1 (fig. 4.1) avec les carottes KK231 et KK97, dans la boîte B 2 (fig. 4.2) avec les carottes KK264, KK258, KK319 et KK88, dans la boîte B 5 (fig. 5.1) avec les carottes KK204 et KK21 et dans le bassin des Loyauté (fig. 5.2) avec les carottes KK335 et KK93. Les positions et profondeurs sont indiquées dans un tableau (tab. 1).

1.2.2. COMPOSITION ET MINERALOGIE DES CARBONATES

Les carbonates sont dosés après attaque de 0,5 g de sédiment sec par 25 cm³ d'acide chlorhydrique 0,5N et titré à la soude 0,5N. La teneur est donnée en pourcentage par rapport à la roche totale. L'incertitude est d'environ 1%. Les minéraux carbonatés (aragonite, calcite magnésienne et calcite) sont dosés sur poudre par diffractométrie X. Un étalonnage a permis de déterminer les pourcentages bouclés à 100% de ces trois minéraux (PASCAL, 1990).

1.2.3. TENEUR EN SABLE (PHASE > A 63 µm) ET DETERMINATION DES COMPOSANTS DE LA PHASE SABLEUSE.

Environ 3 g de sédiments secs sont tamisés sur quatre tamis successifs : 63 µm, 100 µm, 250 µm et 400 µm. Chacune de ces fractions est pesée, leur somme permet de calculer le pourcentage de particules supérieures à 63 µm. Pour chaque refus de tamis, les différents éléments sont comptés sur environ 1000 grains pour l'ensemble de la phase sableuse. Pour chaque fraction, les mêmes cases de la cuvette de tri sont comptées. On obtient ainsi des pourcentages concernant les différents organismes, débris et minéraux de la phase sableuse.

On distingue :

- les foraminifères planctoniques : ils dominent le plus souvent dans les boues hémipélagiques. De nombreuses espèces ont pu être identifiées, en particulier *Orbulina universa* et *Globorotalia truncatuniloides* (marqueur du Quaternaire);

CAROTTE	PROFONDEUR (m)	LATITUDE (Sud)	LONGITUDE (Est)	LONGUEUR (cm)
KK 21	2080	22° 44' 585	166° 20' 663	430
KK 88	2052	21° 02' 820	166° 55' 933	605
KK 93	2320	21° 14' 007	166° 41' 237	625
KK 97	2365	21° 23' 318	166° 29' 526	702
KK 204	603	22° 40' 82"	166° 31' 85"	350
KK 231	530	21° 32' 53"	166° 23' 01"	372
KK 258	1750	21° 00' 85"	166° 59' 03"	365
KK 264	1440	21° 01' 42"	167° 01' 71"	170
KK 319	1985	21° 06' 02"	166° 52' 99"	380
KK 335	2370	21° 12' 41"	166° 22' 12"	430
KK 263	1330	21° 02' 37"	167° 02' 08"	210

- Tableau 1 : coordonnées géographiques, profondeur de prélèvement et longueur des carottes KULLENBERG utilisées.

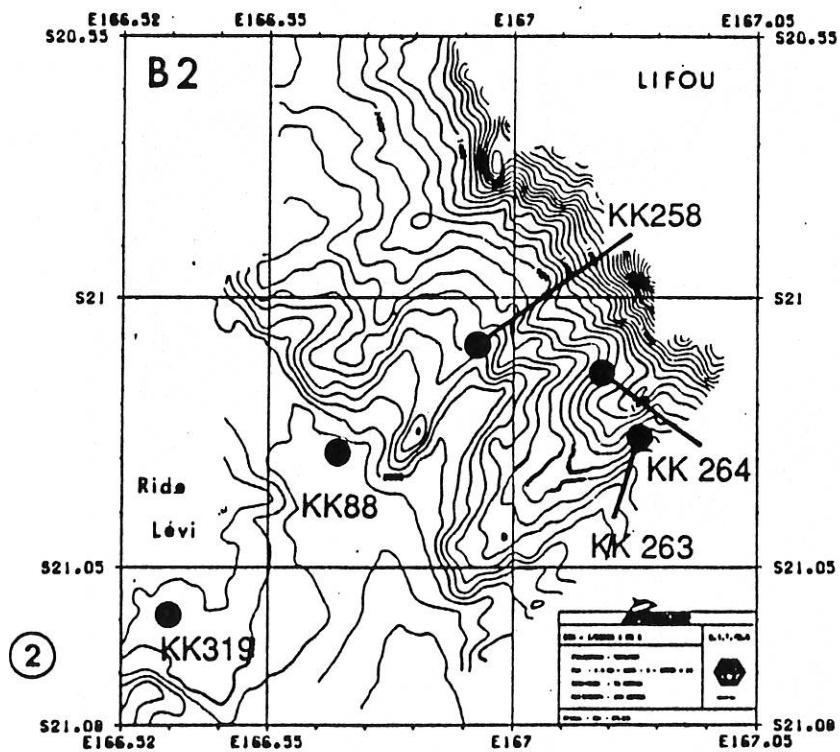
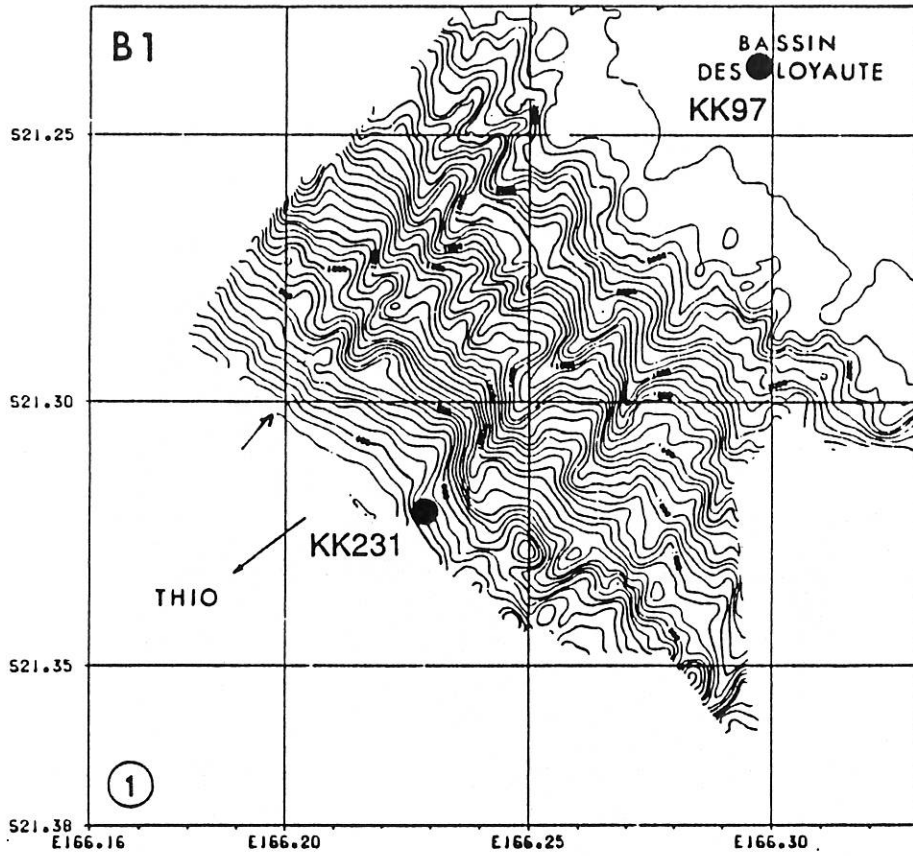


Figure 4 - Localisation des carottes KULLENBERG étudiées dans la boîte Sea-Beam 1 (1) et dans la boîte Sea-Beam 2 (2).

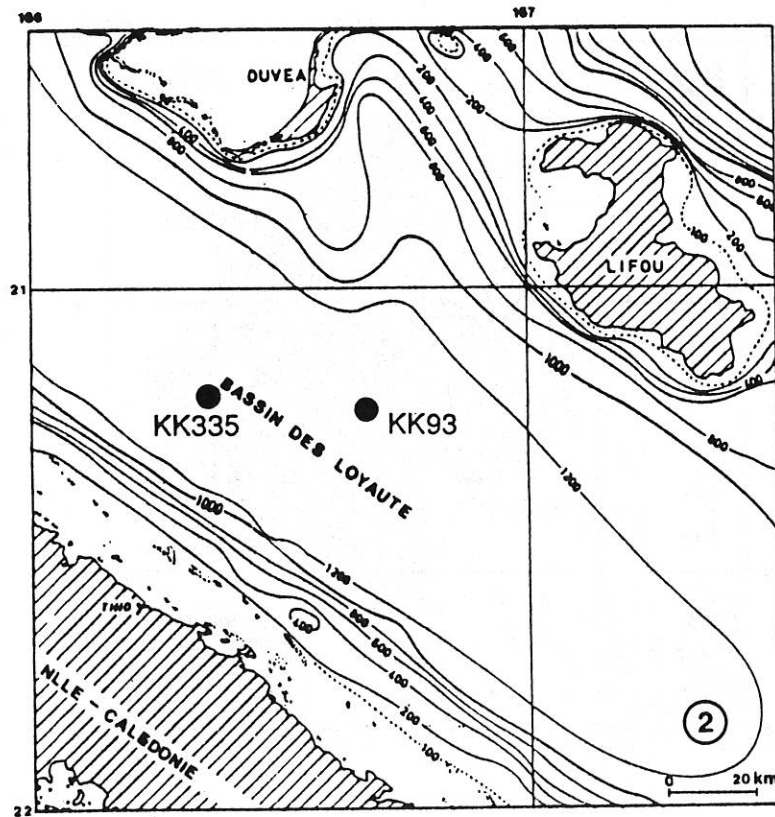
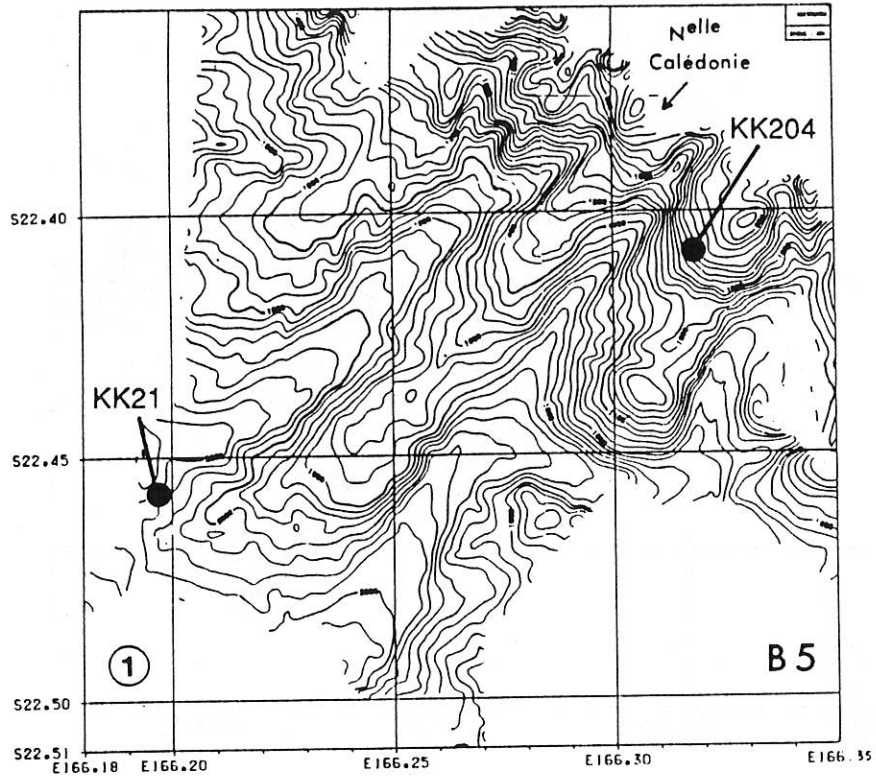


Figure 5 - Localisation des carottes KULLENBERG étudiées dans la boîte Sea-Beam 5 (1) et dans le centre du bassin des Loyauté (2).

- les ptéropodes : autres organismes planctoniques , ils peuvent représenter un pourcentage important;
- les foraminifères benthiques : dominant dans les sables bioclastiques avec une forte proportion de formes récifales, ils existent aussi dans les boues avec des genres caractéristiques des domaines bathyaux (*Planulina* et *Laticarinina*, VAN MARLE 1988);
- les débris de coraux : caractéristiques des récifs, ils se rencontrent dans les sables sous forme de débris de madréporaires et parfois dans les boues sous forme de petits spicules d'octocoralliaires (gorgones);
- les débris d'algues : associés aux coraux, le genre *Halimeda* (algue verte) domine, mais des formes encroûtantes d'algues rouges ont pu être identifiées;
- les débris d'échinodermes : difficiles à reconnaître, ils sont composés principalement d'échinides (radioles et plaques), de sclérites d'holothuries et de quelques débris de crinoïdes;
- les mollusques (ptéropodes exclus) : les gastéropodes, les bivalves et les scaphopodes composent ce groupe représenté aussi bien dans les sables bioclastiques que dans les boues;
- les ostracodes : du fait de leur petite taille, ces organismes sont représentés dans les fractions les plus fines;
- les spicules de spongiaires : abondants dans tous les faciès, ils forment une part essentielle de la fraction sableuse avec des préférences pour certaines périodes comme on le verra plus loin;
- les verres volcaniques et les débris continentaux : deux catégories ont été distinguées. Les verres volcaniques et ponces forment des lits noirs bien délimités. Les débris continentaux sont généralement des minéraux et des fragments de roches. Ces derniers dominent dans les sables au large de Thio;
- les débris divers : on regroupe les débris non identifiables, les spicules d'ascidies, les otolithes, les radiolaires et les diatomées;
- *Ethmodiscus rex* : cette espèce de diatomée se présente soit en véritables lits, soit sous forme de quelques plaques souvent présentes dans les boues. Son abondance a été représentée par des croix dans les différentes figures. Nous verrons l'importance de sa répartition verticale dans les carottes;

1.2.4. METHODES PALYNOLOGIQUES

La composition des fractions phytobiologiques (kystes de dinoflagellés, pollens et spores) et des microforaminifères confrontée avec les données sédimentologiques permet de caractériser très souvent les variations du niveau de la mer.

La méthode d'extraction de ces composants est la suivante : environ 30 g de sédiment sec et légèrement broyé sont attaqués à l'acide chlorhydrique à 30%. Après lavage, les silicates sont dissous à l'acide fluorhydrique à 70%. Une ébullition à l'acide chlorhydrique à 30% pendant 15 mn permet la dissolution des composés fluorosilicatés. Si l'échantillon est riche en matière organique, une attaque à la potasse à 10% en bain marie éclaircit le résidu. Grâce à une observation entre lame et lamelle, on détermine les pourcentages des différents groupes.

1.2.5. DATATIONS AU CARBONE 14 ET ANALYSES ISOTOPIQUES DE L'OXYGENE ET DU CARBONE.

1.2.5.1. DATATIONS AU RADIOCARBONE

Les organismes vivants assimilent directement ou indirectement le gaz carbonique de l'atmosphère. Ce gaz carbonique présente une certaine radioactivité qui est due à la très faible proportion de ^{14}C qu'il contient. Il s'ensuit que tout organisme présente de son vivant la même radioactivité que le gaz carbonique atmosphérique. A sa mort, les échanges cessent, le carbone 14 n'est plus renouvelé, la radioactivité décroît lentement à raison d'une moitié au bout de 5568 ans : c'est la période ou demie-vie du carbone 14.

Ainsi si l'on mesure aujourd'hui l'activité $^{14}\text{C}=\text{N}$ d'un fossile, en la comparant à l'activité du carbone moderne : N_0 , on pourra déduire le temps t qui s'est écoulé depuis la mort de l'organisme correspondant. C'est ce qu'on appelle l'âge, calculé à partir de la formule :

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

où λ est la constante de désintégration.

Ce principe de la méthode de datation par le ^{14}C repose sur l'hypothèse que la radioactivité naturelle du carbone est restée constante au moins au cours des 40000 dernières années. L'âge est obtenu après différentes corrections (fractionnement, activité au cours du temps).

Limitée à 30000 ans BP, cette méthode a été surtout utilisée pour délimiter le passage du Würm à l'Holocène (13000 ans BP).

Environ 40 g de sédiments secs sont nécessaires pour effectuer la datation. Les échantillons sont prélevés dans des boues hémipélagiques présentant un minimum d'allochtonie et très peu de bioturbation visible à l'oeil nu. Le comptage a été effectué au laboratoire de radiocarbone de l'université C. BERNARD LYON I avec un scintillateur liquide. Tous les âges sont donnés en années BP avec leurs incertitudes (tab. 2).

1.2.5.2. ANALYSE DES ISOTOPES DE L'OXYGENE ET DU CARBONE

Les variations du chimisme de l'océan mondial au cours du Quaternaire permettent la détection d'événements globaux synchrones. Ces variations dépendent des changements climatiques et eustatiques; dans le milieu marin, elles sont enregistrées le plus souvent par la composition isotopique de l'oxygène et du carbone et par la teneur en carbonates. Les variations à court terme du $\delta^{18}\text{O}$ permettent de caractériser les âges glaciaires. Pendant la croissance des glaciers continentaux l'oxygène 16 est extrait de l'océan alors que l'inverse se produit lors de la fonte des glaces. Ainsi l'avance et le retrait des glaces font changer le $\delta^{18}\text{O}$ de l'eau de mer.

La variation du rapport isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ des coquilles de foraminifères peut être causée par les glaciations (contrôlant les variations de la composition isotopique de l'eau des océans) et les variations de la température de l'océan. Une controverse concernant l'importance du facteur température ou du facteur volume des glaces s'est développée. Alors qu'EMILIANI (1955) est favorable au facteur température, SHACKLETON & OPDYKE (1973) favorisent le facteur du volume des glaces. BROECKER (1982) a montré qu'entre les foraminifères planctoniques et les foraminifères benthiques des carottes profondes, il n'y a pas de différence significative entre les valeurs du $\delta^{18}\text{O}$. Seule une faible part des changements du $\delta^{18}\text{O}$ observés pour les formes benthiques lors du passage glaciaire-interglaciaire peut être attribuée aux variations de température; en revanche la majeure partie de la fluctuation doit provenir des changements dans le volume des glaces intervenant aussi sur la salinité de l'eau de mer, donc des changements

N°échantillon	Profondeur (cm)	Age ^{14}C en années BP	N°comptage
21-1-5	5	16230+/-330	LY-4114*
21-1-25	25	25790+/-870	LY-4113*
21-1-55	55	27360+/-1000	LY-4112*
88-1-5	5	5870+/-70	LY-4726
88-1-30	30	11190+/-85	LY-4727
88-1-80	80	16045+/-345	LY-4758
88-1-110	110	19240+/-440	LY-4759
97-1-5	5	4750+/-180	LY-4115*
97-2-55	75	15870+/_300	LY-4016*
97-2-80	95	19030+/-265	LY-4728
97-3-5	160	>30000	LY-3882*
231-1-10	10	2945+/-115	LY-4760
231-1-45	45	4370+/-120	LY-4761
231-1-90	90	9002+/-101	LY-4920
335-1-70	70	12386+/-201	LY-4921
335-1-110	110	16080+/-373	LY-4922
204-1-60	60	26293+/-894	LY-5073
258-1-50	50	16844+/-398	LY-5078
319-1-30	30	12529+/-280	LY-5075
319-1-50	50	23295+/-838	LY-5074
93-1-35	35	13981+/-218	LY-5076
93-1-60	60	21763+/-554	LY-5077

- Tableau 2 : dates ^{14}C en années BP des carottes, avec leur numéro de comptage. * dates obtenues par LIU (1988).

climatiques et du niveau de la mer. IMBRIE et *al.* (1984) confirment que les variations du volume global des glaces sont le facteur dominant. D'autres part, les variations des paramètres orbitaux sont les principales causes de la succession des âges glaciaires au Pléistocène.

Ces variations dans la composition isotopique de l'oxygène doivent être situées dans un cadre chronologique bien défini. Les limites des stades isotopiques (définis par des pics caractéristiques de la courbe du $\delta^{18}\text{O}$) sont datées par le ^{14}C , la magnétostratigraphie et le K-Ar, ce qui permet d'utiliser une chimiostratigraphie. Une courbe étalon, définie par EMILIANI (1955) et améliorée par SHACKLETON & OPDYKE (1973) dans le Pacifique équatorial, permet grâce à son tracé, de faire des corrélations et de dater des sédiments (fig. 6). En effet, elle est à l'origine d'une échelle isotopique de 22 étages ou stades, utilisée dans pratiquement toutes les études stratigraphiques et sédimentologiques du Quaternaire marin (Bahamas, Floride, Marge Africaine, Pacifique, cône de l'Amazone ou du Gange ...).

Plusieurs paramètres ont des effets sur la forme de la courbe du $\delta^{18}\text{O}$:

- changement dans la température de l'eau;
- variations dans le rapport évaporation/précipitation au site de formation de la masse d'eau;
- effets vitaux et écologiques des espèces;
- dissolution différentielle;
- transport de sédiment;
- bioturbation;
- perturbations stratigraphiques.

Prenant en compte ces influences, nous avons effectué une stratégie de l'échantillonnage permettant de minimiser certains facteurs et de mettre en valeur l'effet des variations du volume des glaces (variations du rapport $^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$ de l'eau de mer).

Dans cette étude, les mesures ont été effectuées sur des carbonates et plus particulièrement sur un foraminifère planctonique : *Orbulina universa* qui a été choisi en raison de sa reconnaissance très facile et de son abondance). 3 mg de carbonates sont attaqués par de l'acide phosphorique; le CO_2 dégagé est piégé et ensuite injecté dans un spectromètre de masse isotopique. Les rapports $\delta^{18}\text{O}$ et $\delta^{13}\text{C}$ sont donnés en pour mille par rapport à un échantillon standard (Pee Dee Belemnite ou P.D.B.). Les formules sont :

$$\delta^{18}\text{O} = ((^{18}\text{O}/^{16}\text{O}_{\text{éch}} - ^{18}\text{O}/^{16}\text{O}_{\text{ref}}) / (^{18}\text{O}/^{16}\text{O}_{\text{ref}})) \times 1000$$

$$\delta^{13}\text{C} = ((^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{éch}} - ^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{ref}}) / (^{13}\text{C}/^{12}\text{C}_{\text{ref}})) \times 1000$$

L'espèce *Orbulina universa* présente des valeurs isotopiques plus lourdes comparées à des mesures effectuées sur d'autres foraminifères planctoniques; ceci est à mettre en relation avec une précipitation de carbonates dans des eaux froides profondes lors de la gamétogénèse (BOUVIER SOUMAGNAC & DUPLESSY 1985). *Orbulina universa* montre aussi des variations de sa taille en fonction de paramètres physico-chimiques comme la densité, la salinité et la température de l'eau (HAENEL 1985). Malgré ces particularités, cette espèce de foraminifère planctonique est censée refléter correctement, par ses variations isotopiques, les fluctuations climatiques (BOUVIER SOUMAGNAC & DUPLESSY 1985).

Les mesures ont été effectuées, pour la carotte KK 97, au laboratoire de spectrométrie de masse de la faculté A. CARREL (LYON I) et, pour la carotte KK 21, au laboratoire de géologie dynamique de l'Université Pierre et Marie Curie (LIU 1988) (tab. 3). Elles permettent de construire une courbe des variations du $\delta^{18}\text{O}$ le long de la carotte. Cette courbe est comparée à celle de SHACKLETON & OPDYKE (1973) du Pacifique équatorial (fig. 6), permettant ainsi de distinguer les périodes froides de bas niveau marin ayant un rapport isotopique élevé (alourdissement de l'oxygène) et les périodes chaudes

N° échantillon (cm)	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{13}\text{C}$	N° échantillon (cm)	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{13}\text{C}$
97-1-0 (0)	-4,336	+0,737	21-1-0 (0)	+0,34	+1,88
97-2-10 (25)	-2,725	+1,482	21-1-20 (20)	-0,02	+1,88
97-2-60 (75)	-1,418	+1,888	21-1-30 (30)	-0,05	+2,02
97-2-75 (90)	-1,327	+1,994	21-1-40 (40)	-0,22	+1,82
97-3-40 (200)	-1,882	+1,963	21-1-50 (50)	-0,41	+1,81
97-3-50 (210)	-1,633	+2,249	21-1-60 (60)	+0,02	+1,76
97-3-130 (290)	-1,757	+2,193	21-1-70 (70)	+0,55	+1,42
97-3-135 (295)	-1,810	+1,714	21-1-80 (80)	+0,51	+2,04
97-4-10 (315)	-1,137	+1,042	21-1-90 (90)	+0,26	+2,05
97-4-35 (340)	-1,503	+2,462	21-1-100 (100)	-0,21	+2,19
97-4-70 (375)	-2,065	+2,050	21-1-110 (110)	+0,27	+1,90
97-4-115 (420)	-1,752	+1,224	21-1-120 (120)	+0,07	+2,08
97-4-140 (445)	-1,424	+1,894	21-1-130 (130)	+0,41	+1,77
97-5-10 (460)	-2,064	+2,076	21-1-140 (140)	+0,58	+1,89
97-5-30 (480)	-1,973	+2,172	21-1-150 (150)	+0,38	+2,27
97-5-50 (500)	-1,886	+2,466	21-2-10 (160)	+0,13	+2,07
97-5-60 (510)	-2,045	+2,371	21-2-30 (180)	-0,15	+2,12
97-5-100 (550)	-0,171	+3,173	21-2-40 (190)	-0,60	+1,81
97-5-135 (585)	-0,282	+1,996	21-2-50 (200)	+0,34	+1,56
			21-2-60 (210)	+0,04	+1,94
			21-2-70 (220)	+0,58	+1,75
			21-2-80 (230)	+0,18	+1,96
			21-2-90 (240)	+0,42	+1,78
			21-2-100 (250)	+0,56	+1,83
			21-2-110 (260)	+0,10	+1,80
			21-2-120 (270)	-0,37	+2,10
			21-2-130 (280)	-0,39	+2,26

- Tableau 3 : valeurs du $\delta^{18}\text{O}$ et du $\delta^{13}\text{C}$ des carottes KK 97 et KK 21. Pour cette dernière, les données sont extraites de LIU (1988).

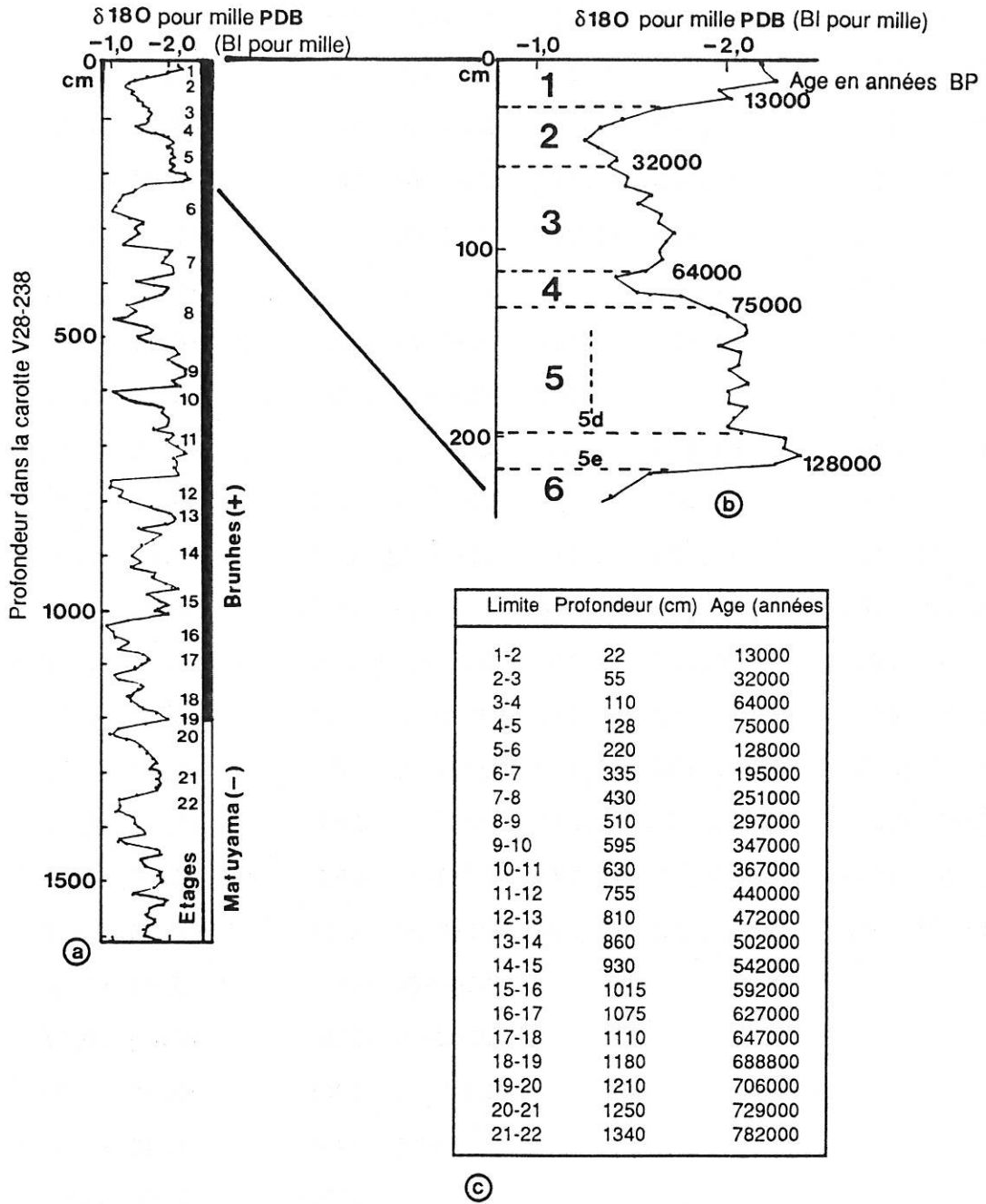


Figure 6 - Analyse isotopique de l'oxygène de la carotte V28-238 du Pacifique Equatorial (d'après SHACKLETON & OPDYKE 1973). a) variations du $\delta^{18}\text{O}$ pour mille PDB le long de la carotte en liaison avec les stades isotopiques et le paléomagnétisme au Quaternaire. b) liaison entre la courbe isotopique du $\delta^{18}\text{O}$ et les datations absolues en années BP pour le Pléistocène terminal et l'Holocène. c) âge et profondeur des limites des stades isotopiques dans la carotte.

de haut niveau marin ayant un rapport isotopique faible (allègement de l'oxygène). Cette comparaison est une méthode indirecte de datation qui prolonge celle du radiocarbone.

1.2.6. BIOSTRATIGRAPHIE ET CHRONOSTRATIGRAPHIE DU QUATERNAIRE

L'utilisation de marqueurs stratigraphiques, tels les coccolithes, a permis de dater les sédiments des carottes. La zonation utilisée est celle de MARTINI (1971 et 1976 tabl. 4). L'âge des carottes va du Miocène supérieur à l'actuel. Les différents nannofossiles calcaires ont été identifiés sur frottis et au microscope électronique à balayage (PERCH-NIELSEN 1985). La plupart des carottes étudiées renferment le coccolithe du quaternaire terminal : *Emiliana huxleyi* (planche 1, ph. 1). Ce coccolithe caractérise la zone NN 21 qui débute au sommet du stade isotopique 8 à environ 275000 ans BP (THIERSTEIN et al. 1977, BERGGREN et al. 1985). Dans certains cas, l'acmé à *Emiliana huxleyi* dont la base est datée à environ 85000 ans BP a pu être distingué.

La stratigraphie du Quaternaire varie selon les auteurs. Beaucoup d'incertitudes subsistent sur l'âge numérique des limites d'étages du Pléistocène, plus particulièrement de la transition Tertiaire-Quaternaire. Un âge de 2,5 à 3,0 millions d'années a été proposé par BEARD et al. 1982. Le programme de corrélation géologique international et l'union internationale sur l'étude du Quaternaire définissent cette limite comme coïncidant avec l'apparition d'immigrants froids du Nord-Atlantique dans la séquence Plio-Pliéistocène de Calabre en Italie vers 1,8 millions d'années (tabl. 5); en 1984 une commission internationale a décidé de remonter la limite de 200000 ans, c'est à dire au dessus de l'évènement magnétique Olduvai à environ 1,6 Ma. Dans le Sud-Ouest Pacifique, on utilise généralement la stratigraphie néo-zélandaise ou même Nord-américaine (tab. 5). Ici sera utilisée l'échelle européenne en liaison avec les stades isotopiques pour le Quaternaire terminal (tab. 6).

1.2.7. MESURE DE LA DENSITE MATRICIELLE DES SEDIMENTS

Dans le calcul des flux sédimentaires intervient une variable : la densité de la matrice (des grains) du sédiment. Cette densité permet, en la multipliant par le taux de sédimentation d'avoir une idée de la quantité de matière déposée sur une surface donnée.

La densité est déterminée à l'aide d'une balance hydrostatique basée sur le principe d'Archimède. L'échantillon (environ 3g) à analyser est séché à 50° pendant 48h puis pesé dans l'air (P1) et ensuite dans l'eau (P2). La différence entre les poids (P1-P2) donne le volume d'eau déplacée; on obtient la densité en divisant le poids de sédiment dans l'air par P1-P2. Pour cela on doit connaître la densité de l'eau au moment de la mesure. Cette densité est déterminée à l'aide d'un densimètre plongeant. Le temps de mouillage des échantillons est de 4 heures avec une agitation toutes les heures

Une erreur dans la mesure provient du mouillage (ou dégazage) de l'échantillon qui est plus ou moins complet. En effet, si l'échantillon n'est pas mouillé dans sa totalité la densité mesurée est inférieure à la réalité. Les mesures faites dans le cadre de cette étude, comparées à celles des sédiments de l'archipel des Bahamas réalisées à l'aide d'un pycnomètre sous courant d'hélium montrent que les premières sont inférieures pour des teneurs en carbonates semblables (2,70 g.cm⁻³ pour un sédiment titrant 83% de CaCO₃ aux Bahamas, 2,52 g.cm⁻³ pour un échantillon du bassin des Loyauté ayant la même teneur en carbonates).

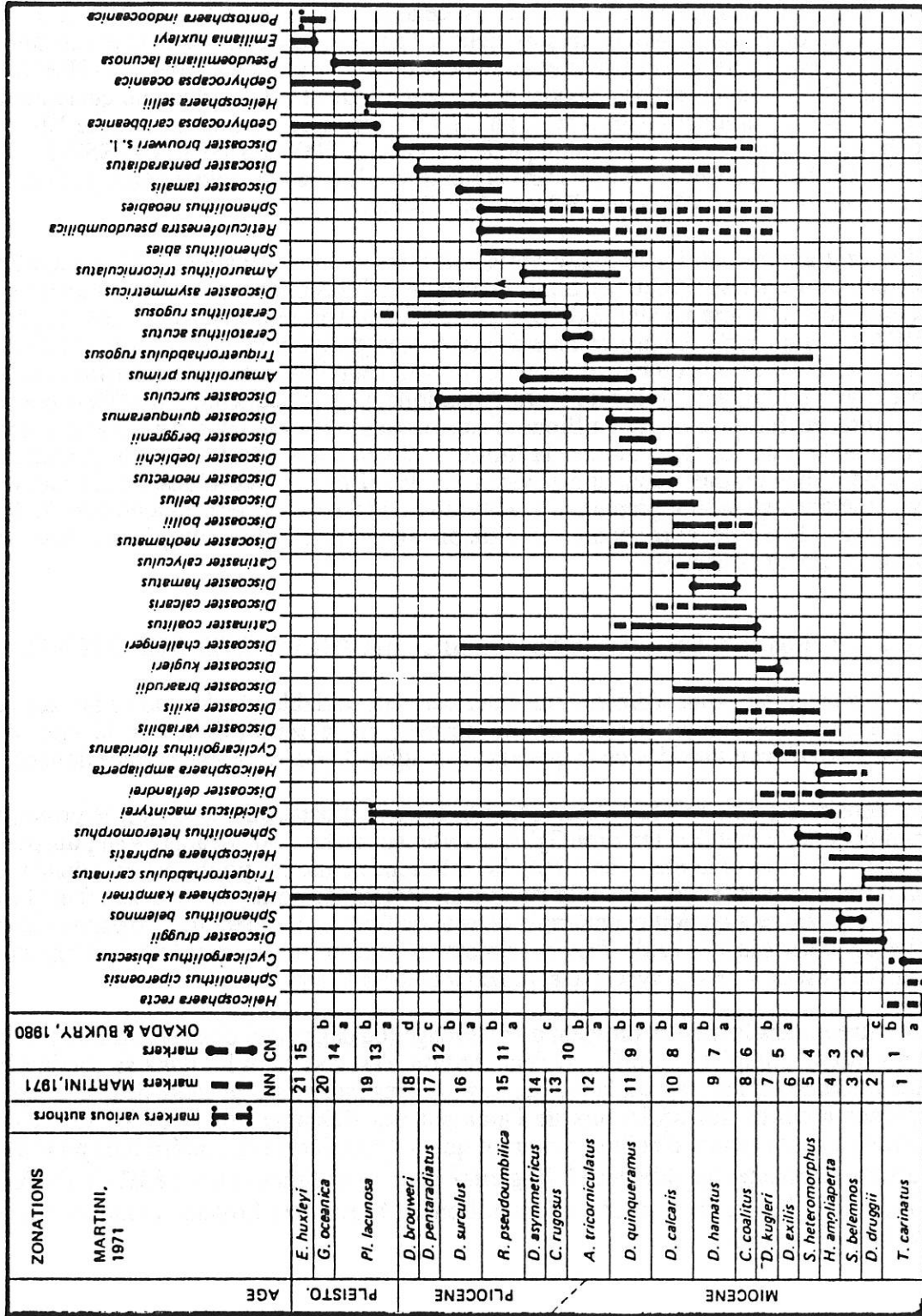


Tableau 4 : répartition des principaux coccolithes au Néogène. Relation avec la zonation de Martini 1971 utilisée dans le cadre de cette étude. (tableau extrait de PERCH-NIELSEN 1985).

M. A.	magnétisme	Etages	Europe du Nord	Etages marins	Amérique du Nord	Coudray 1976	(Beard et al. 1982)	Martini 1976
	BRUNNHS (+)	WURM RISS-WURM	YRRHENIEN	Y WISCONSIN W X glac.	WISCONSIN	WISCONSIN	WISCONSIN	NN21
		RISS		SANGAMON	SANGAMON	SANGAMON	SANGAMON	NN20
		MINDEL-RISS	SICILIEN	V interg. ILLINOIAN U glac.	ILLINOIAN	ILLINOIAN	ILLINOIAN	
		MINDEL		YARMOUTH T interg.	YARMOUTH	YARMOUTH	YARMOUTH	
1,0		GUNZ-MINDEL	CALABRIEN	KANSAN S glac.	KANSAN	KANSAN	KANSAN	NN19
	MATUYAMA (-)	GUNZ		AFTONIAN R interg.	AFTONIAN	AFTONIAN	KANSAN	
				NEBRASKAN Q glac.	NEBRASKAN	NEBRASKAN	AFTONIAN	
2,0		DONAU-GUNZ	PLAISANCIEN				NEBRASKAN	NN18
		DONAU					NEBRASKAN	NN16 NN17
	GAUSS (+)	BIBER					NEBRASKAN	
							PLIOCENE	

a :
b :
c :
d :
Menager 1985

e : Ericson & Wollin 1968
f : Ericson & Wollin 1968 modifié in Coudray 1976.
g : Beard et al. 1982
h : Martini 1976

Essai de corrélation des phases climatiques majeures du Quaternaire avec les biozones de coccolithes

Tableau 5 : essai de corrélation des périodes climatiques du Quaternaire dans différentes régions et les biozones de coccolithes.

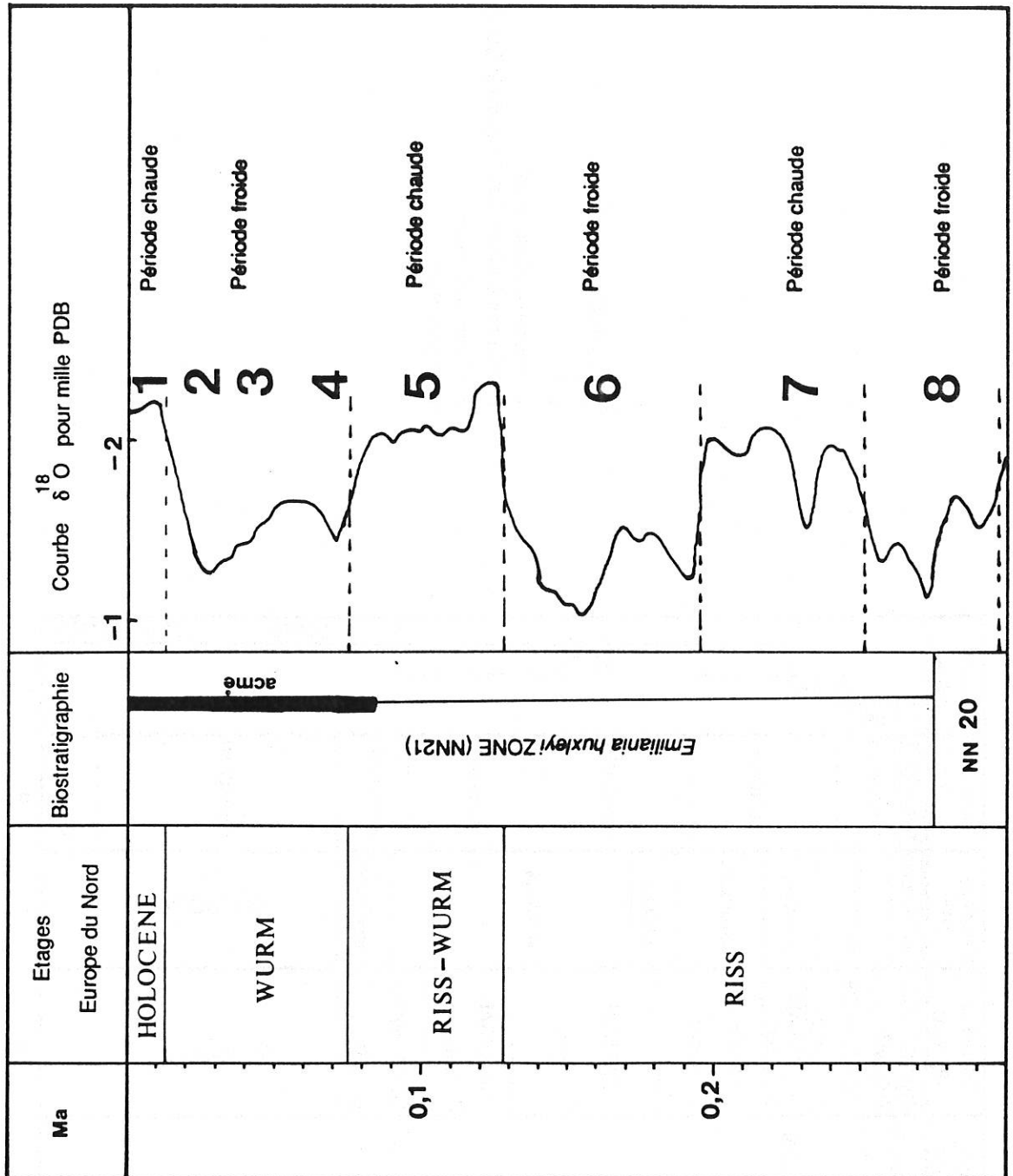


Tableau 6 : corrélation stratigraphique entre les époques climatiques, les stades isotopiques et les zones de coccolithes au Quaternaire terminal.

CHAPITRE 2

CHAPITRE 2

ANALYSE AU SONDEUR 3,5 kHz : DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE SUR LES PENTES ET DANS LES BASSINS AU LARGE DE LA NOUVELLE-CALEDONIE

Une première interprétation des phénomènes sédimentaires ébauchée grâce aux résultats de la mission BIOCAL a subi quelques modifications après les missions BIOGEOCAL et CALSUB.

Les données élémentaires de la première campagne seront d'abord rappelées; ensuite l'apport de l'analyse au sondeur de sédiment 3,5 kHz et les premiers résultats des croisières BIOGEOCAL et CALSUB seront exposés.

2.1. TRAVAUX ANTERIEURS (RESULTATS DE LA MISSION BIOCAL)

Les premières études ont été menées le long d'une transversale Thio-Lifou du bassin des Loyauté. Les carottes prélevées présentent une variété importante de faciès : débris-flow, slumps, sables bioclastiques, turbidites et boues carbonatées hémipélagiques. Elles ont permis une première interprétation de la sédimentation (LIU 1988, LIU & COTILLON 1989, COTILLON *et al.* 1989a et 1989b).

Les différentes sources alimentant la sédimentation déterminent :

- un flux terrigène issu de la Nouvelle-Calédonie; il se compose d'argiles (illite, chlorite et smectites), de minéraux et de fragments d'anciens sédiments silicoclastiques;

- un flux détritique carbonaté : les nombreux bioclastes issus des plates-formes récifales et des boues de periplate-forme composent cette fraction. Ce matériel se retrouve dans les boues du bassin marquant ainsi leur allochtonie partielle; la calcite magnésienne, et surtout l'aragonite des récifs, sont les principaux minéraux des apports carbonatés;

- un flux planctonique : le nannoplancton calcaire fournit la majeure partie du matériel planctonique, les foraminifères planctoniques et les ptéropodes dans une moindre mesure, les radiolaires et les diatomées dans une proportion très faible.

- un flux bioclastique en provenance des communautés benthiques profondes : il est composé de spicules d'éponges, de fragments d'échinodermes, de foraminifères benthiques, de coraux solitaires et d'octocoralliaires..

- un flux de produits volcaniques : ponces et verres volcaniques forment des lits noirs dans les carottes, surtout à l'ouest de la ride des Loyauté.

La morphologie des pentes est contrôlée par la tectonique et le bilan érosion/sédimentation. Sur les pentes, il se forme seulement un placage sédimentaire peu épais et discontinu mis en évidence par l'échosondeur; dans les bassins se dépose une alternance de boues hémipélagiques et de turbidites provenant des plates-formes récifales et des pentes.

Le caractère mixte, carbonaté et terrigène de la sédimentation sur les pentes et dans les bassins néocalédoniens mis en évidence par ces premiers travaux est une originalité peu étudiée dans les milieux actuels nécessitant une comparaison avec des milieux carbonatés ou silicoclastiques purs.

2. 2. ANALYSE DES FONDS AU SONDEUR DE SEDIMENTS 3,5 kHz

2. 2. 1. INTRODUCTION

L'acquisition d'enregistrements acoustiques de la profondeur des fonds marins n'a pas seulement permis aux océanographes de quantifier la profondeur des océans de façon continue, mais aussi d'étudier les processus de la sédimentation et la nature du fond. Le sondeur 3,5 kHz permet de restituer l'empreinte acoustique des sédiments de surface jusqu'à une profondeur de plusieurs mètres. Cette empreinte est liée surtout à la variation verticale et latérale de paramètres comme la lithologie, la densité, la teneur en eau dont dépendent les propriétés visco-élastiques des matériaux.

Durant la mission BIOCAL, à bord du N/O Jean CHARCOT, plusieurs kilomètres de profils (échogrammes) 3,5 kHz ont été levés (fig. 7). Par contre pendant la mission BIOGEOCAL à bord du N/O CORIOLIS, un sondeur 12 kHz a été utilisé. La pénétration de ce dernier est très faible (trop haute fréquence), il ne permet donc qu'une restitution de la topographie.

Dans cette analyse sédimentaire, seuls les profils du sondeur de sédiment 3,5 kHz ont été utilisés. Ils ont permis, dans les boîtes Sea-Beam, la construction de cartes de répartition des échofaciès et de lithofaciès améliorant les données sur la sédimentation. Les profondeurs ont été déterminées sous l'eau avec une vitesse du son de 1500 m/s.

Du point de vue de la terminologie, il sera utilisé le terme de ravin (*gully* en anglais) au lieu du terme de canyon, ce dernier caractérisant une zone de transit de matériel avec une érosion importante. Dans ces ravins peu ou ne pas transiter de matériel. Il ressort que la chenalisation se fait par de courtes sections, il s'agirait d'incisions de pentes ouvertes par le transit de divers matériaux (VANNEY 1990).

2. 2. 2. CLASSIFICATION ET SIGNIFICATION DES FACIES ACOUSTIQUES

Plusieurs échofaciès ont été mis en évidence, suivant la diffusion, la résolution, la prolongation et la pénétration du signal. De nombreuses classifications existent (DAMUTH, 1975; 1980; DAMUTH and HAYES, 1977; MULLINS et al., 1979; JACOBI, 1976; 1982; LAINE et al., 1986), sans lien entre elles le plus souvent. Ici je présenterai une numérotation des échofaciès tenant compte des différentes affinités entre les propriétés de chacun, selon une classification particulière mise sur pied au centre IFREMER de Brest avec l'aide de R. Le SUAVE.

9 échofaciès ont été identifiés au cours de cette étude (fig. 8 et fig. 9) :

- Echofaciès hyperbolique aigu H
- Echofaciès hyperbolique régulier Ia
- Echofaciès diffus de forte réflectivité Ib
- Echofaciès diffus chaotique IIa1
- Echofaciès entièrement transparent IIa2
- Echofaciès transparent en surface IIa3
- Echofaciès diffus sourd IIb
- Echofaciès à sous-réfecteurs discontinus III
- Echofaciès à sous-réfecteurs continus IV

Ces faciès seront situés le long des profils étudiés plus loin. On verra que leur signification dépend le plus souvent de leur position dans le contexte sédimentaire:

Echofaciès hyperbolique aigu H (fig. 8a): caractérisé par des hyperboles de diffraction nettement marquées, ce faciès se rencontre sur les pentes où il traduit une topographie accidentée. Il ne se prolonge pas dans le glaciaire et disparaît à l'approche du plateau continental. Sa complexité ne permet pas une quelconque interprétation des

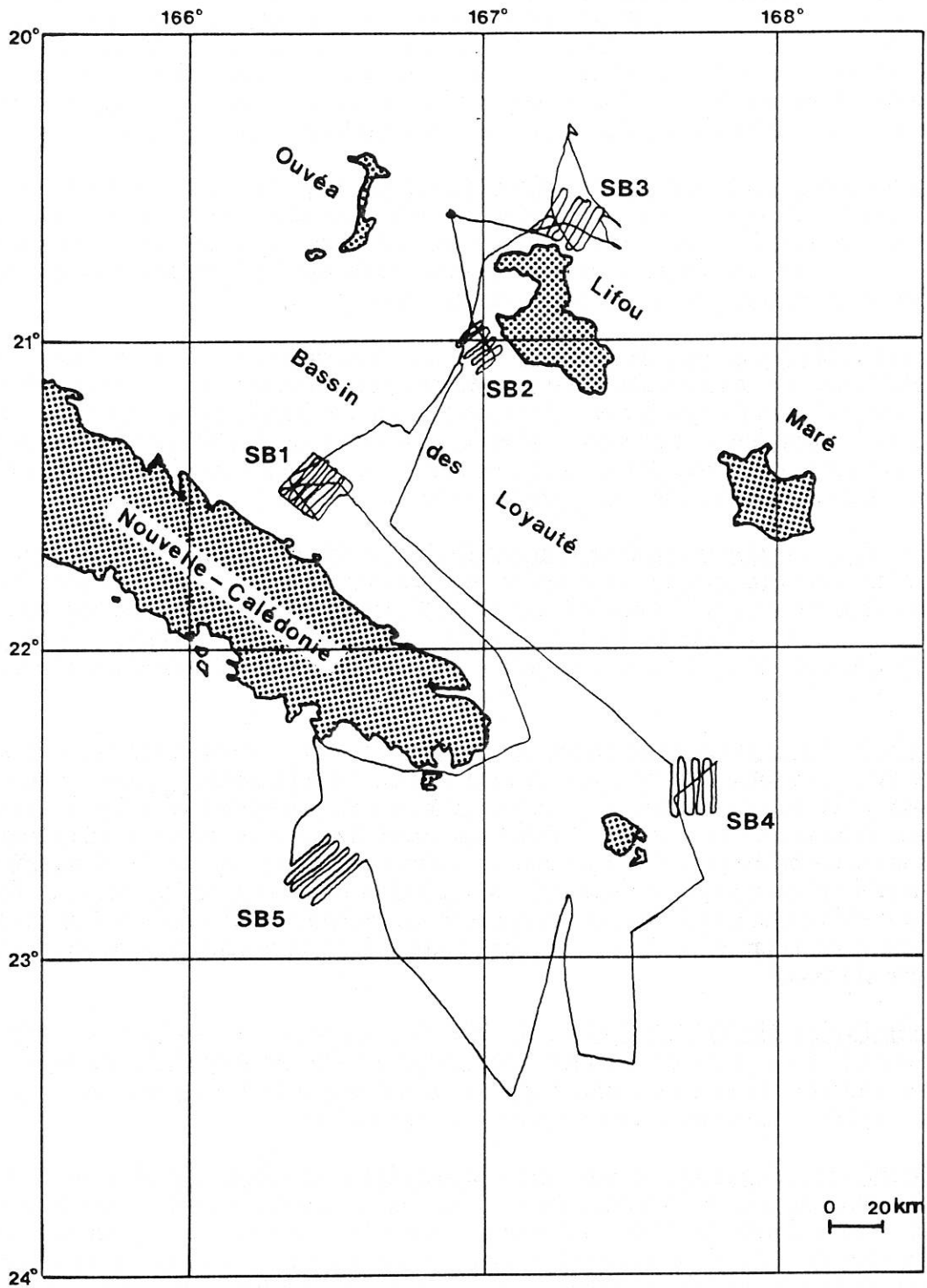


Figure 7 - Transect des profils 3,5 kHz effectués en continus à bord du Charcot au large de la Nouvelle-Calédonie pendant la croisière BIOCAL.

phénomènes sédimentaires. Du point de vue structural, il rend parfois bien compte de la présence d'arrachement, ou de morphologies en gradin comme dans la boîte 5.

Echofaciès hyperbolique régulier Ia (fig. 8b): il s'agit d'un faciès très peu rencontré dans le bassin. Les hyperboles sont toutes de même taille et très peu surélevées par rapport au fond. L'absence de sous-réflecteurs et de zones transparentes confirment un mélange sédimentaire. JACOBI (1976) en a décrit exactement l'origine. Ce sont des glissements importants où les hyperboles représentent des blocs mélangés à du sédiment comme dans les débris flows. Ce faciès a été trouvé sur les pentes de faible inclinaison.

Echofaciès diffus de forte réflectivité Ib (fig. 8c): La diffusion et la prolongation du signal sont importantes; on obtient un échofaciès très sombre avec plusieurs échos. Ce type d'échofaciès est caractéristique de formations compactes grossières ou de forte densité comme un substrat basaltique. On le rencontre surtout sur les points hauts de la ride de Norfolk proche de l'île des Pins.

Echofaciès diffus chaotique IIa1 (fig. 9a): l'aspect très sombre, l'absence de sous-réflecteurs et la forme chaotique permettent ici de distinguer un faciès hétérogène à éléments grossiers. Il s'agit de matériel resédimenté caractérisant le bas de pente et surtout tapissant le fond des vallées sous marines et des ravins. LE CANN (1987) l'a mis en évidence sur le glacis Sud provençal, soulignant le tracé des chenaux du Var et du golfe Juan. L'érosion crée aussi un aspect chaotique de l'échofaciès.

Echofaciès entièrement transparent IIa2 (fig. 9b): diffus mais bien souligné à l'interface eau sédiment, cet écho devient transparent sur une dizaine de mètres. Il se trouve dans le bassin sur les points hauts, protégés des arrivées détritiques. Il correspond à une couverture sédimentaire fine, homogène, de type boue hémipélagique. Dans le bassin des Loyauté, il forme le drapage sédimentaire de la ride Lévi (voir aussi carotte KK 319).

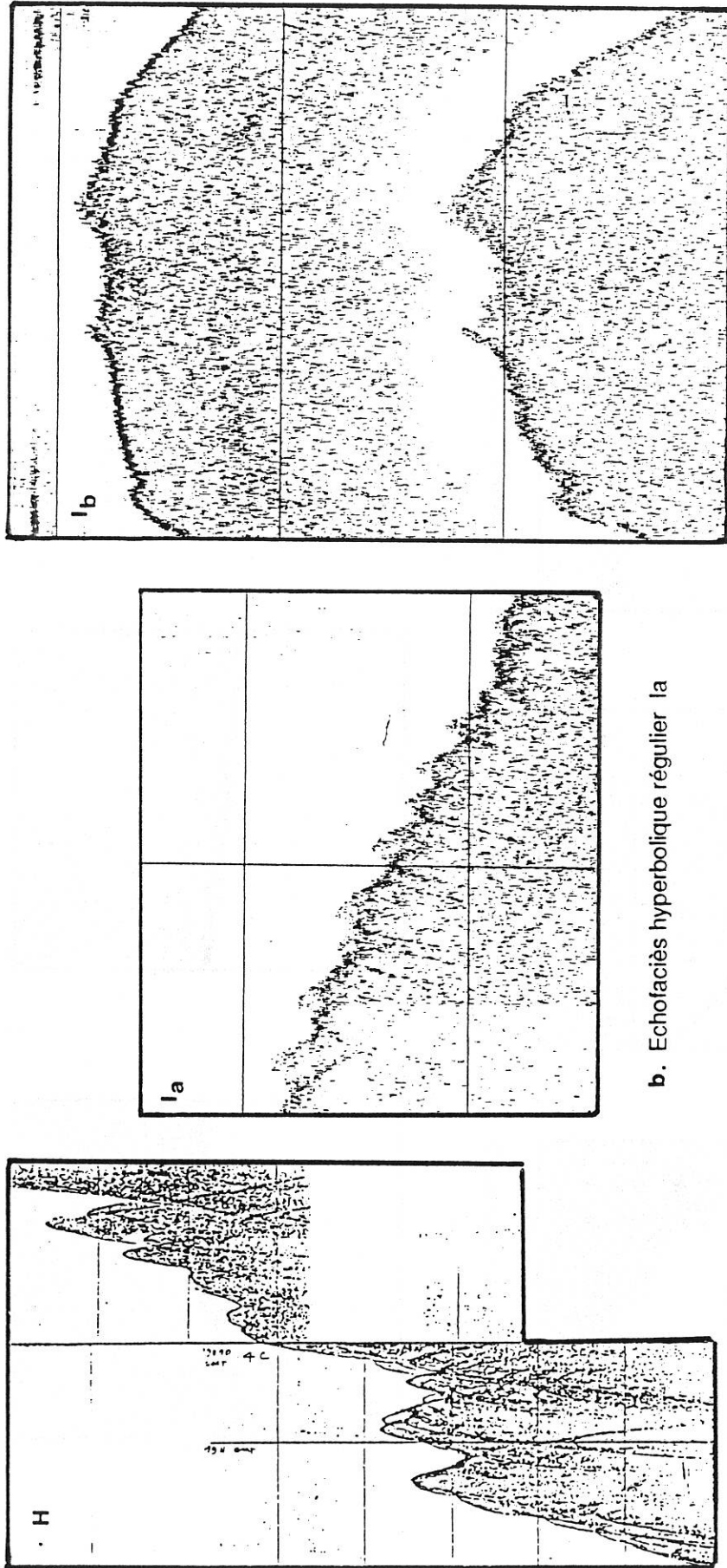
Echofaciès transparent en surface IIa3 (fig. 9c): comme pour l'écho IIa2, l'interface eau sédiment est bien marquée, par contre la zone transparente est très mince et repose sur un échofaciès sombre. Localisé surtout sur les pentes de la côte SW de Lifou, il caractérise une faible couverture sédimentaire actuelle sur une formation certainement plus ancienne hétérogène. Cette pellicule de sédiments n'existe pas dans les dépressions mettant à nu les niveaux sous-jacents. Il s'agit d'un échofaciès soulignant la dualité érosion-sédimentation sur certaines pentes. L'étude des carottes KK 263 et KK264 (zone B2) confirme la présence d'une faible couverture sédimentaire actuelle et de sédiments anciens (Miocène).

Echofaciès diffus sourd IIb (fig. 9d): l'aspect fruste en surface caractérise nettement l'hétérogénéité du sédiment. Localisé sur le glacis continental, il caractérise des zones d'accumulation importante de sédiments grossiers et fins. La présence de petits blocs explique l'aspect moucheté et très irrégulier en surface.

Echofaciès à sous-réflecteurs discontinus III et continus IV (figs. 9e et 9f): la présence de niveaux à hautes vitesses (sables et turbidites) et de zones à faible réflectivité (sédiments fins) confèrent un caractère acoustique très prononcé aux sédiments de plaines abyssales formés d'une alternance de niveaux transparents, correspondant à des hémipélagites, et sombres à des turbidites. Deux types ont été distingués suivant que les sous-réflecteurs forment des bandes continues sur de grandes longueurs ou des bandes discontinues, marquant le plus souvent la transition avec les zones d'accumulation.

2. 2. 3. ETUDES DE QUELQUES PROFILS ET DES CARTES DE REPARTITION

La position des profils ainsi que leurs numéros ont été reportés sur une carte (fig. 10).

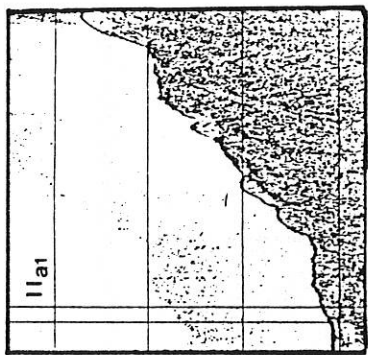
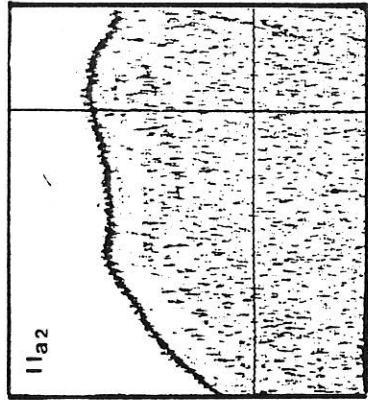
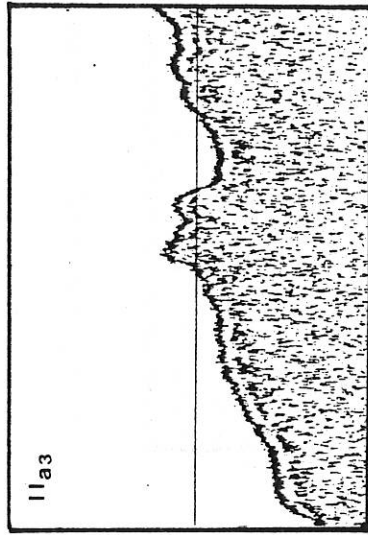


a. Echofaciès hyperbolique aigu H

b. Echofaciès hyperbolique régulier la

c. Echofaciès diffus de forte réflectivité lb

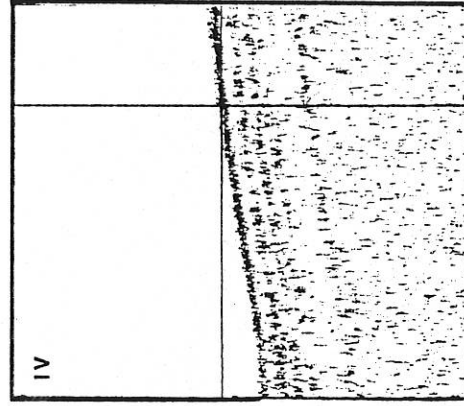
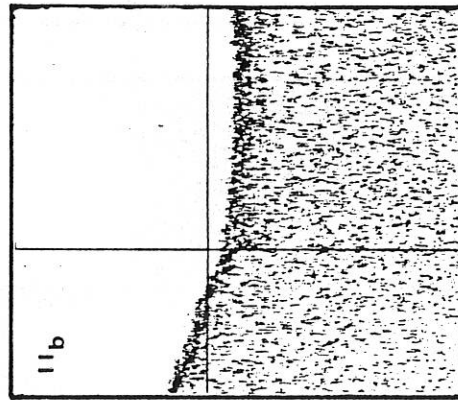
Figure 8 - Principaux échofaciès a, b et c caractéristiques fournis par les échogrammes 3,5 kHz dans la région étudiée.



a. Echofaciés diffus chaotique IIa1

b. Echofaciés entièrement transparent IIa2

c. Echofaciés transparent en surface IIa3



d. Echofaciés diffus sourd IIb

e. Echofaciés à sous réflecteurs discontinus III

f. Echofaciés à sous réflecteurs continus IV

Figure 9 - Principaux échofaciés a, b, c, d, e et f caractéristiques fournis par les échogrammes 3,5 kHz dans la région étudiée.

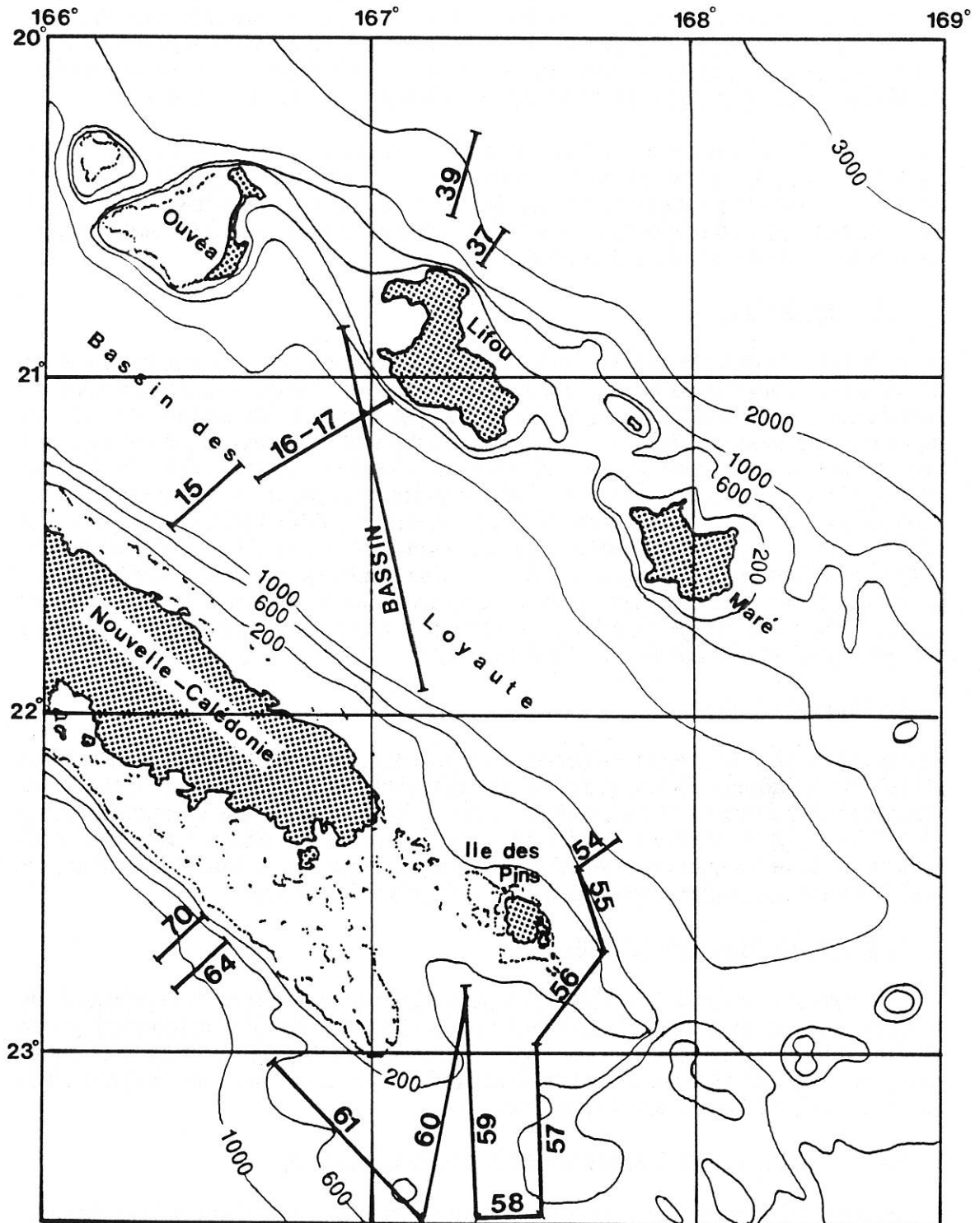


Figure 10 - Plan de position des profils d'échosondeur analysés lors de l'étude. Echelle de profondeur en brasses.

N. E. de Lifou.

Le profil 39 (fig. 11) met en évidence un ravin parallèle à la côte. L'échofaciès hyperbolique aigu domine sur les pentes, traduisant la forte inclinaison. La présence d'un gradin recouvert de sédiment fin homogène à écho transparent confirme un isolement de celui-ci des apports détritiques. Sur le glacis apparaît une zone d'accumulation avec une augmentation d'épaisseur vers l'aval, marquant la transition avec les faciès de bassin à alternance de niveaux fins et grossiers. Il en est de même pour le profil 37 (fig. 12) où la topographie est moins accidentée; une légère couverture sédimentaire soulignée par un écho transparent en surface apparaît en bas de pente. Il s'agit de sédiments homogènes glissés avec parfois quelques sous-réfecteurs indiquant des zones plus grossières.

De l'étude de ces deux profils, il ressort que la sédimentation au NE de Lifou résulte d'apports latéraux. De fait les carottes montrent une abondance de turbidites riches en débris carbonatés de plate-forme récifale. Sur les cartes de répartition (fig. 13 a et b), on voit une bande d'accumulation de sédiments remaniés et un écho diffus chaotique dans les chenaux correspondant à une érosion.

S. W. de Lifou.

La ride Lévi, séparant le talus à échofaciès hyperboliques du glacis montre un processus de sédimentation particulier. Le profil 16-17 (fig. 14) révèle l'absence de zone de resédimentation à sédiments hétérogènes. Le passage aux échofaciès lités se fait rapidement après la ride. Dans le ravin un niveau transparent hyperbolique correspond à une accumulation importante de sédiments. La ride Lévi, avec un écho totalement transparent, est recouverte d'une boue hémipélagique comme le confirme l'étude de la carotte KK 319. Le profil du bassin (fig. 30) permet de voir un peu mieux la pente, où domine un échofaciès caractéristique d'une érosion suivie d'une sédimentation pelliculaire. L'alimentation en matériel par la ride semble pratiquement inexistant. Le piégeage se fait en arrière dans le ravin. Les cartes de répartition (fig. 15a et b) en donnent une bonne image. Les ravins présentent toujours l'échofaciès diffus chaotique d'une accumulation importante ou d'une érosion.

Au large de Thio.

Le profil 15 (fig. 16) met en évidence le passage progressif entre les échofaciès diffus sourds de sédiments hétérogènes et les échofaciès lités du bassin. Cette zone d'accumulation forme une bande parallèle à la côte localisée sur le glacis continental (fig. 17 a et b) où les profondeurs sont les plus importantes dans le bassin. Le haut du talus montre un écho transparent en surface avec une interface eau sédiment bien marquée traduisant une zone indurée recouverte d'une pellicule sédimentaire.

S. W. de la Nouvelle-Calédonie.

La dominance du faciès hyperbolique aigu sur les pentes souligne l'irrégularité de la topographie (fig. 18 et fig. 19). Les deux profils (64 et 70) révèlent la morphologie en gradins que l'on distingue sur les cartes de répartition (fig. 20 a et b). Les cartes indiquent toujours la présence d'échofaciès diffus chaotiques dans les canyons où la sédimentation et l'érosion sont importantes.

Sud de la Nouvelle-Calédonie et boîte Sea-Beam 4.

A proximité de l'île des Pins, tous les échos présentent une forte réflectivité marquant un substrat dur, compact ou de forte densité.

Dans la boîte Sea-Beam 4, le profil 54 (fig. 21) permet de retrouver en bas de pente une zone d'accumulation de matériel hétérogène à échofaciès IIb comme au large de Thio. Les cartes de répartition (fig. 23 a et b) montrent aussi un ravin profond à échofaciès IIa1.

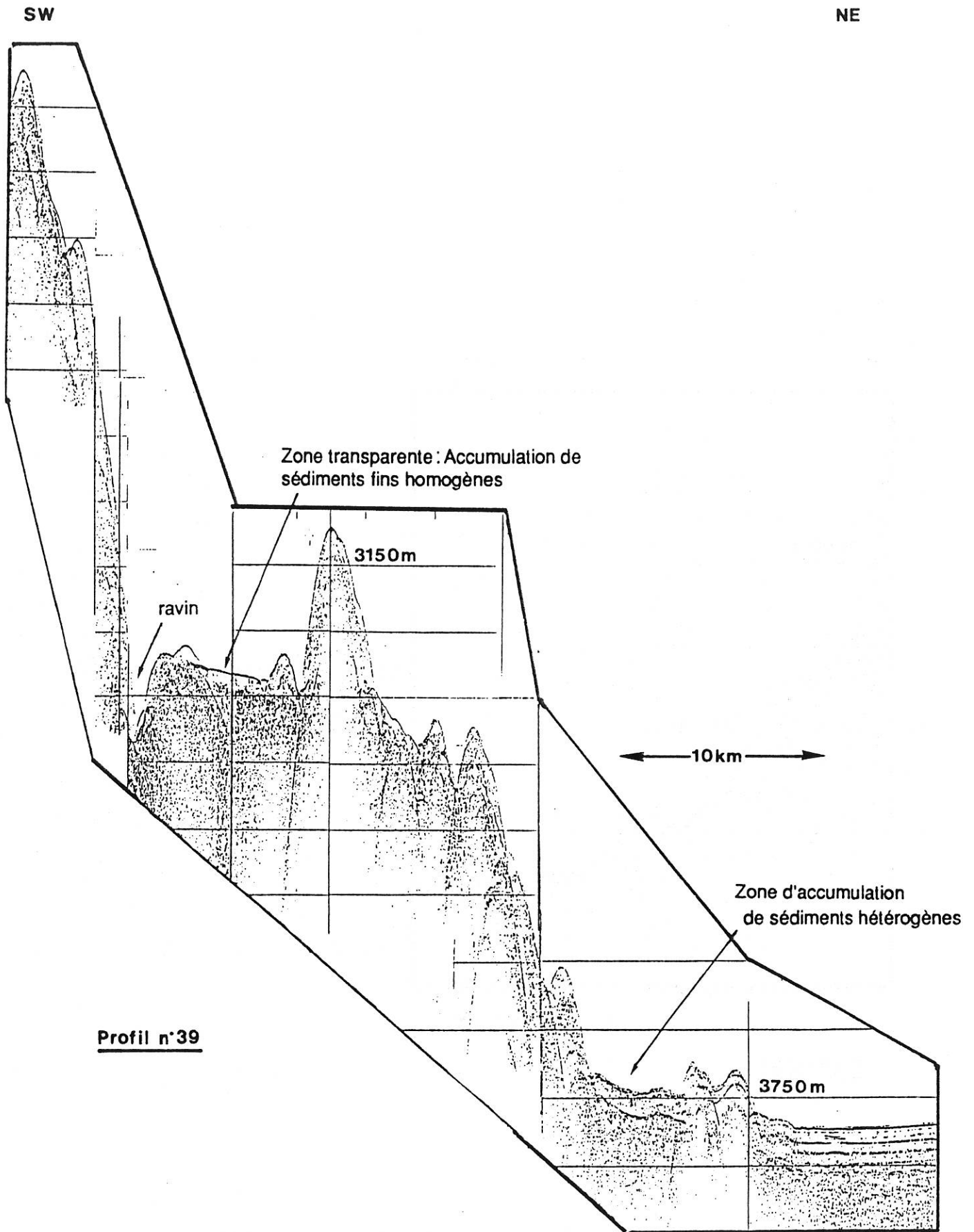


Figure 11 - Echogramme du profil n° 39, au NW de Lifou proche du bassin des Nouvelles-Hébrides

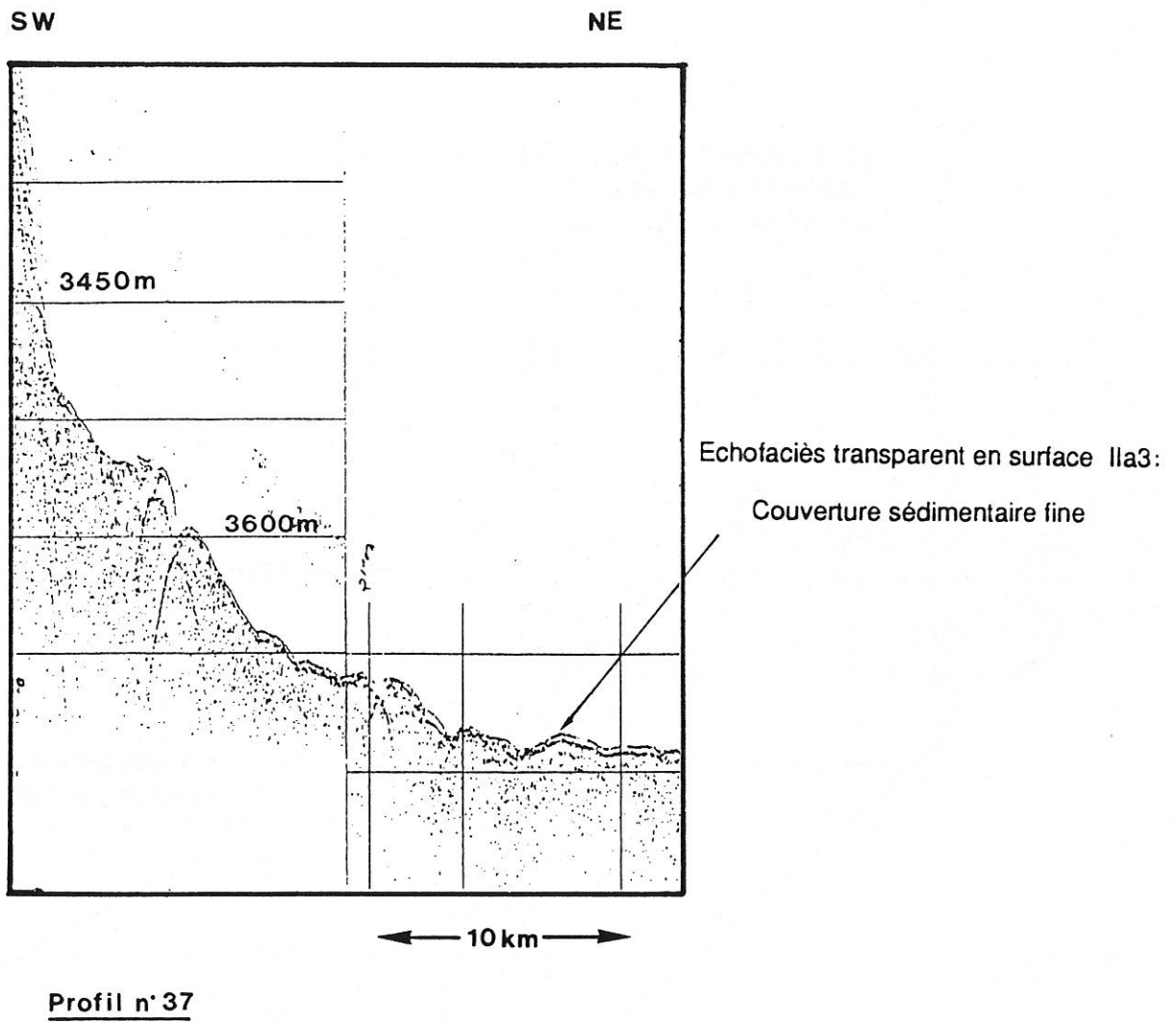
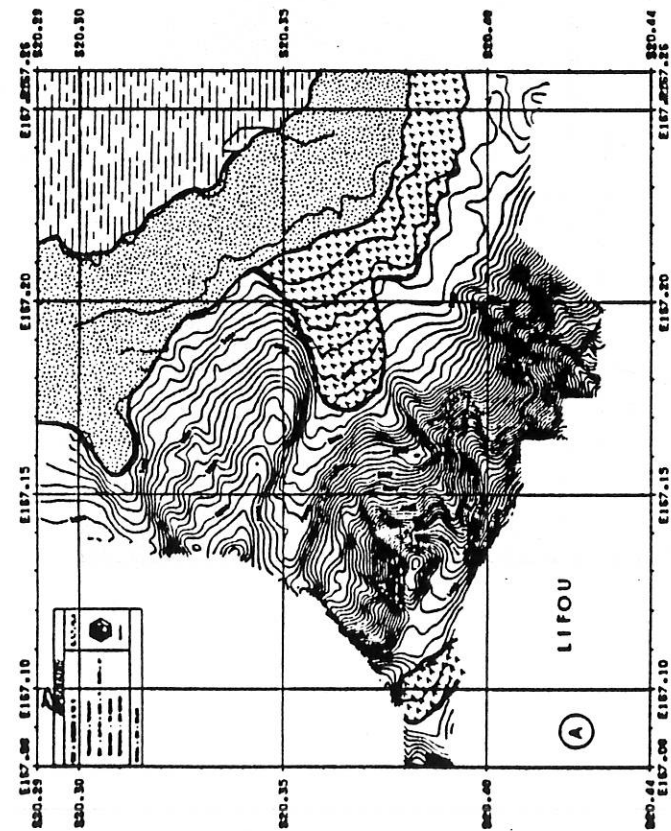




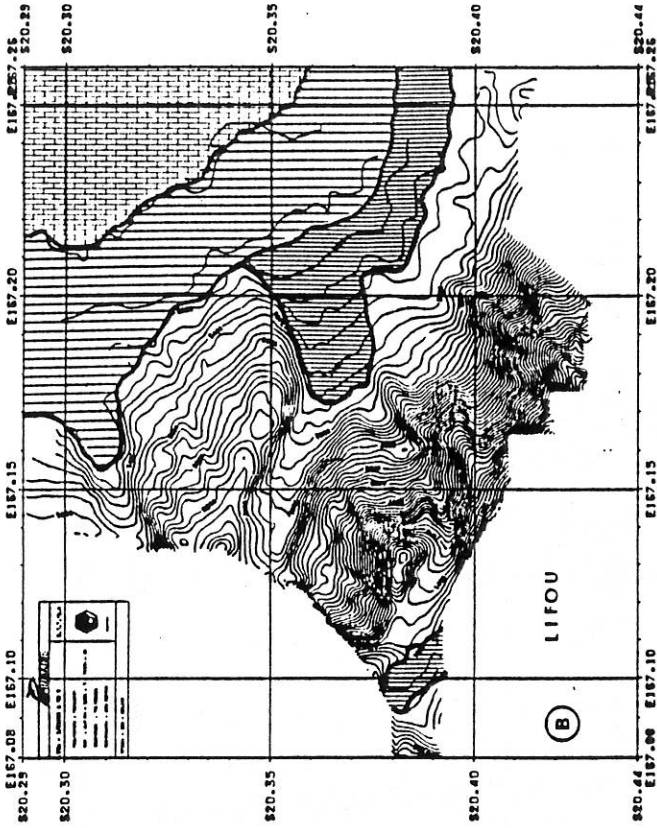


Figure 12 - Echogramme du profil n° 37, en bas de la pente orientale de Lifou.



-  Echofaciès hyperbolique aigu H
-  Echofaciès diffus chaotique IIa1
-  Echofaciès transparent en surface IIa3
-  Echofaciès à sous réflecteurs discontinus III







-  Echofaciès non interprétable en terme de lithofaciès
-  Erosion et sédimentation
-  Péllicule sédimentaire avec glissements
-  Alternance hémipélagites-turbidites

Figure 13 - Cartes de répartition des échofaciès 3,5 kHz (a) et des lithofaciès (b) dans la boîte SB 3 (NW de Lifou).

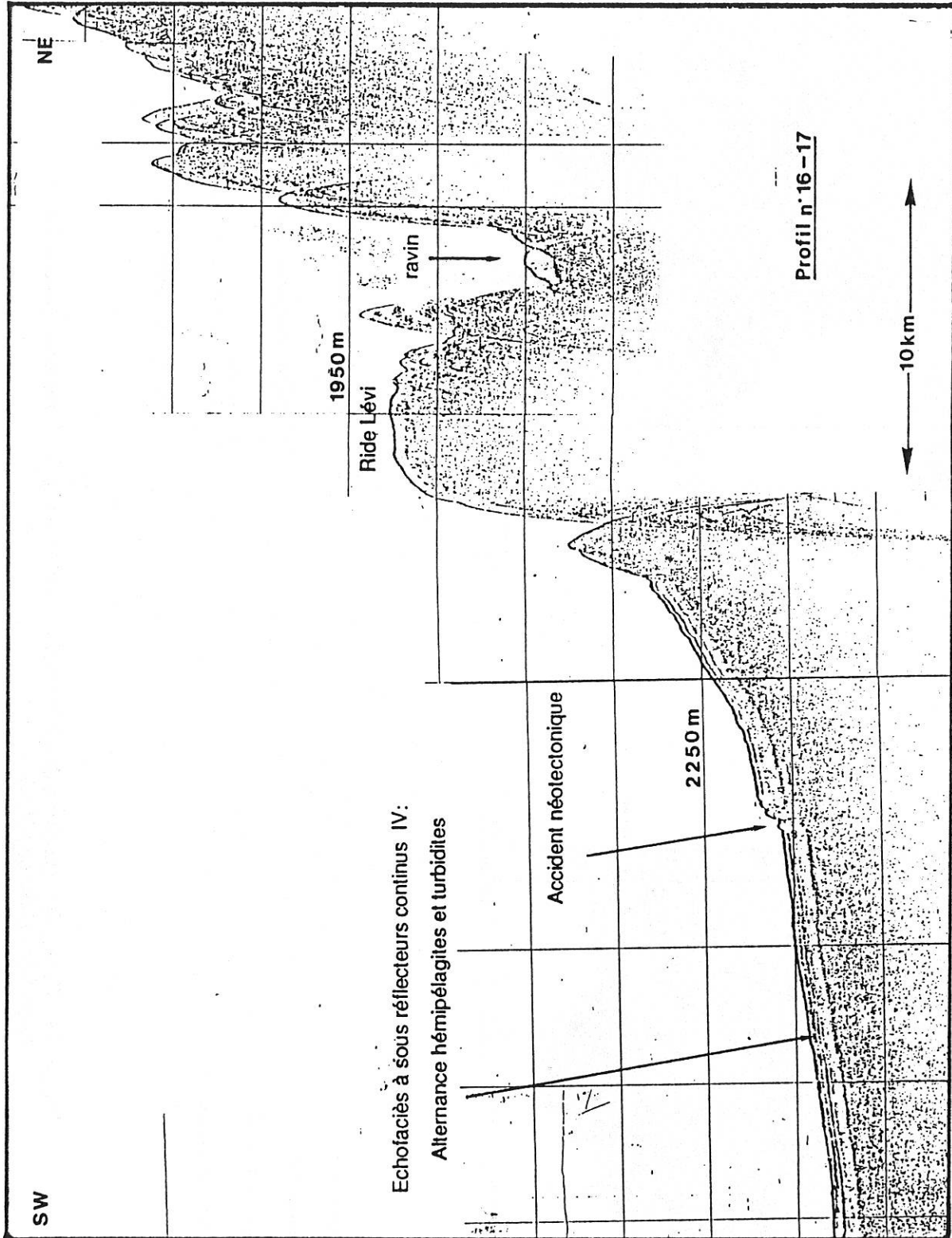
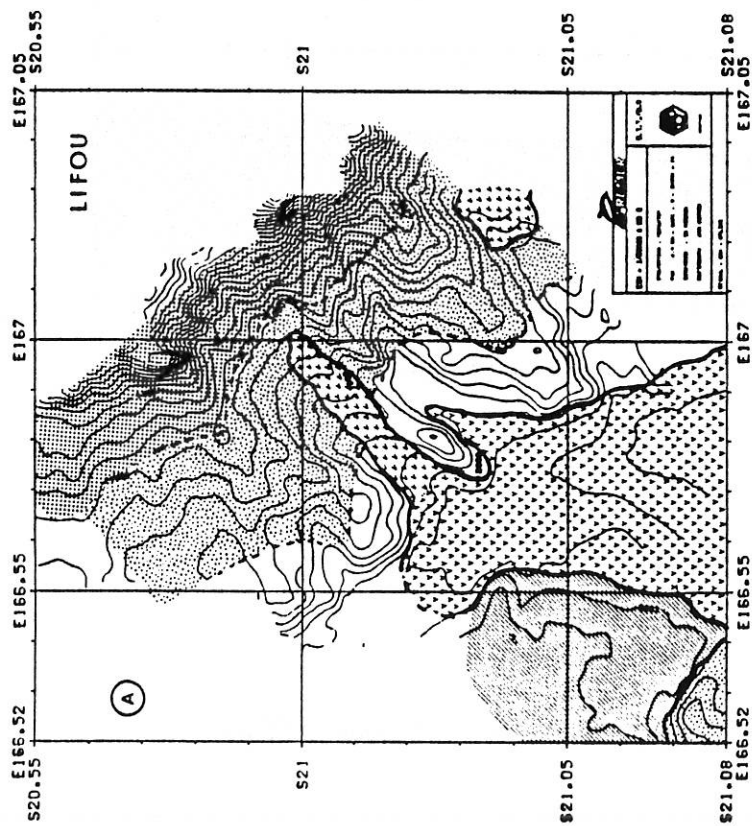
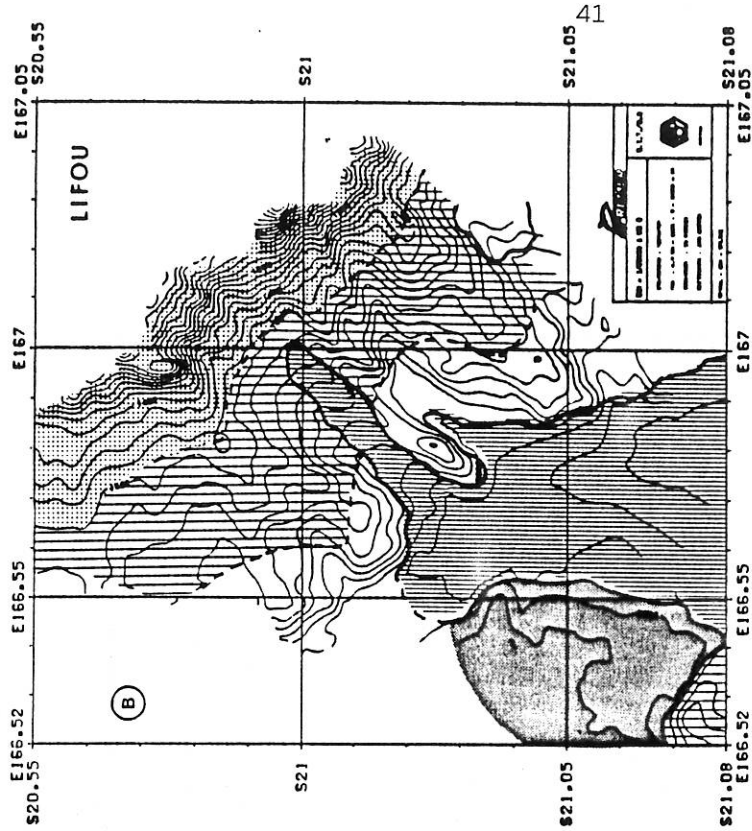


Figure 14 - Echogramme du profil composite 16-17 au Sud-Ouest de Lifou, traversant la Ride Lévi et une partie du bassin des Loyauté.



- Echofaciès hyperbolique aigu H
- Echofaciès diffus chaotique IIa1
- Echofaciès entièrement transparent IIa2
- Echofaciès transparent en surface IIa3
- Echofaciès diffus sourd IIb



- Echofaciès non interprétable en terme de lithofaciès
- Erosion et sédimentation
- Placage sédimentaire fin, sédiment homogène
- Placage sédimentaire peu épais avec une érosion importante
- Zone de résédiments grossiers, accumulation de blocs et de sédiments hétérogènes

Figure 15 - Cartes de répartition des échofaciès 3,5 kHz (a) et des lithofaciès (b) dans la boîte SB 2 (SW de Lifou).

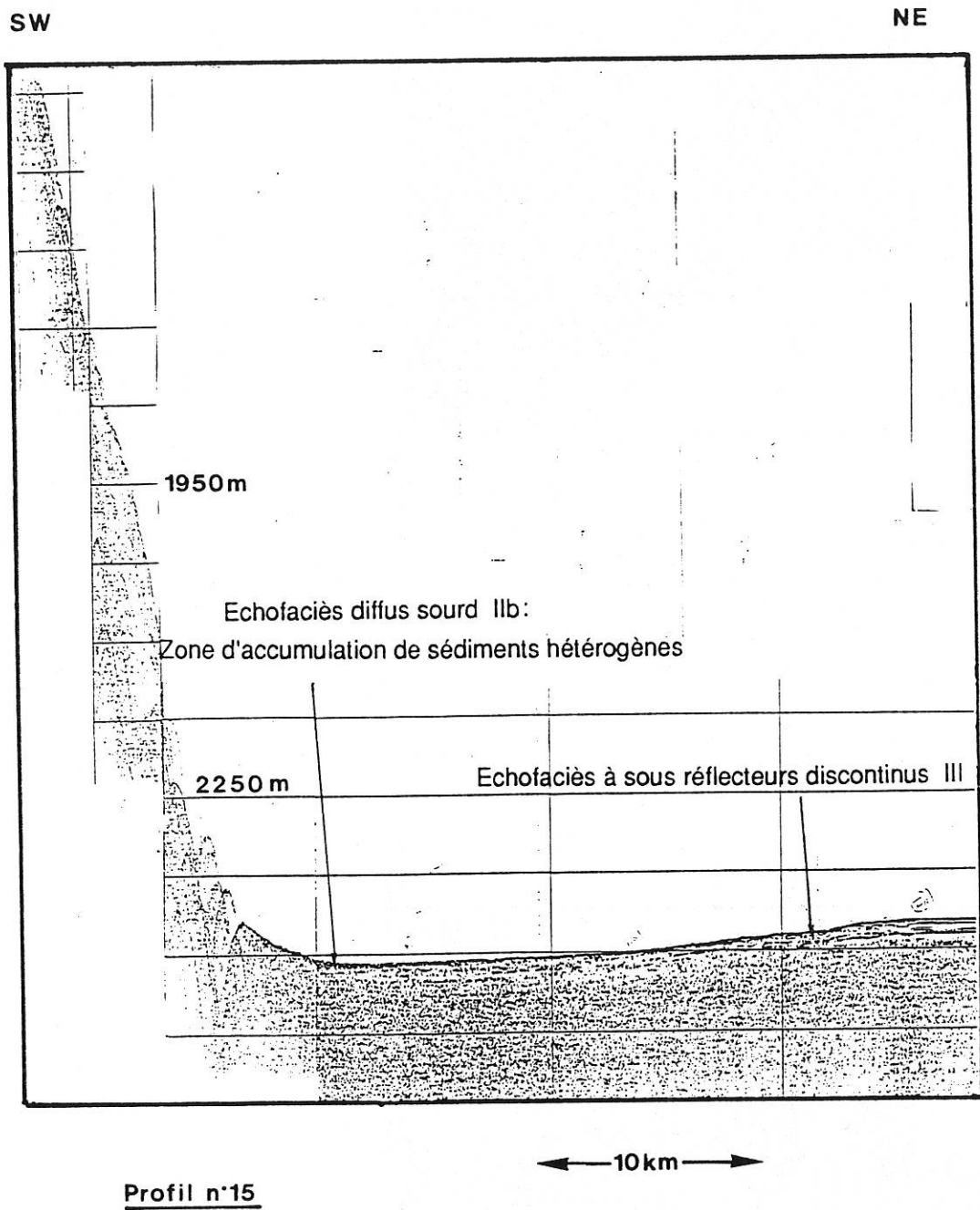
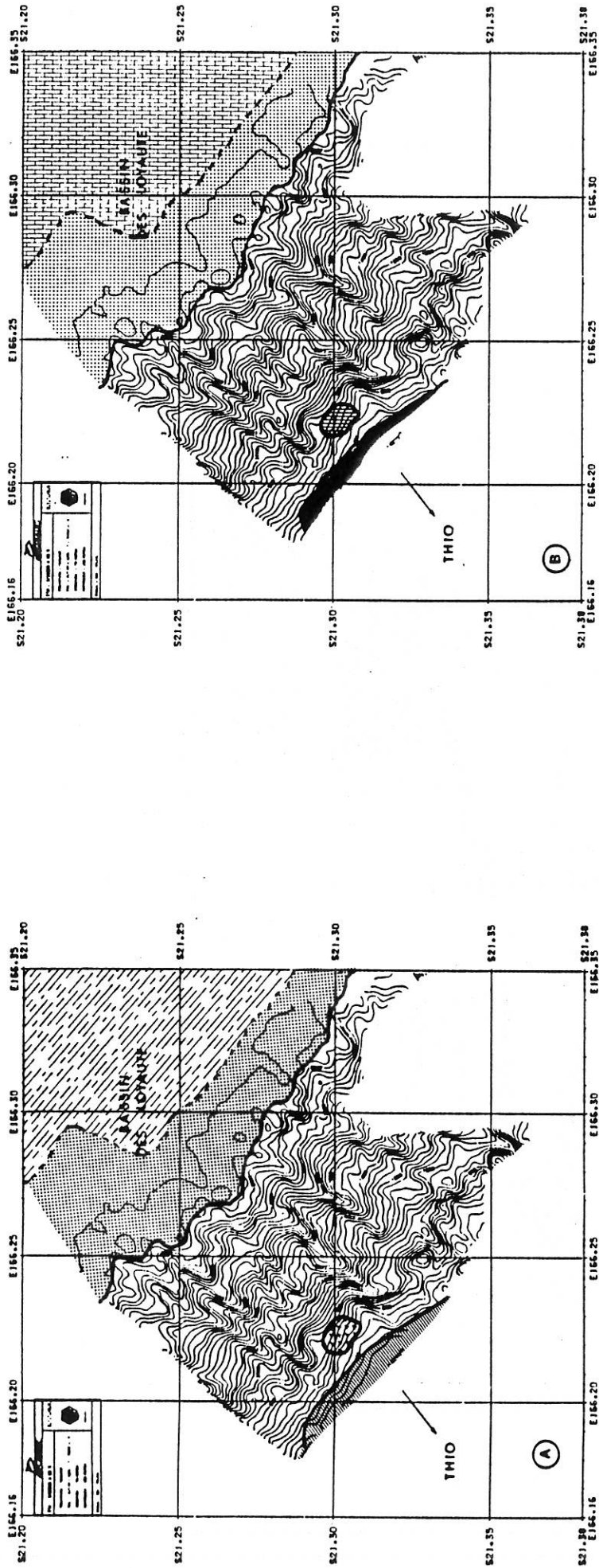


Figure 16 - Echogramme du profil n° 15 en bas de la pente de Thio.



- Echofaciès hyperbolique aigu H
- Echofaciès diffus chaotique IIa1
- Echofaciès entièrement transparent IIa2
- Echofaciès diffus IIb
- Echofaciès à sous réflecteurs discontinus III

- Echofaciès non interprétable en terme de lithofaciès
- Erosion et sédimentation
- Placage sédimentaire peu épais et/ou induration
- Zone de résédiments grossiers et très hétérogène
- Alternance hémipélagites- turbidites

Figure 17 - Cartes de répartition des échofaciès 3,5 kHz (a) et des lithofaciès (b) dans la boîte SB 1 (au large de Thio).

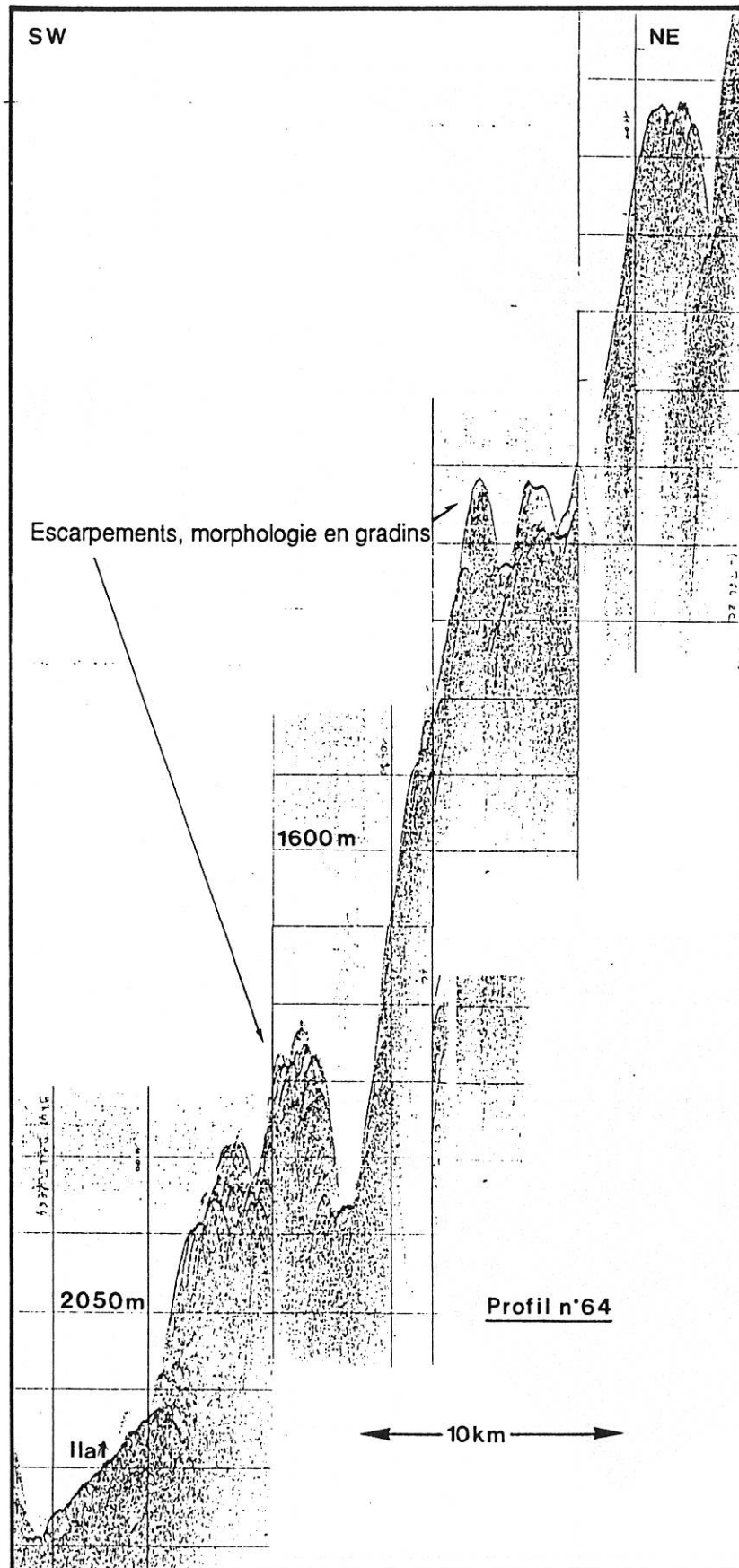


Figure 18 - Echogramme du profil n° 64, de la pente SW de la Nouvelle-Calédonie.

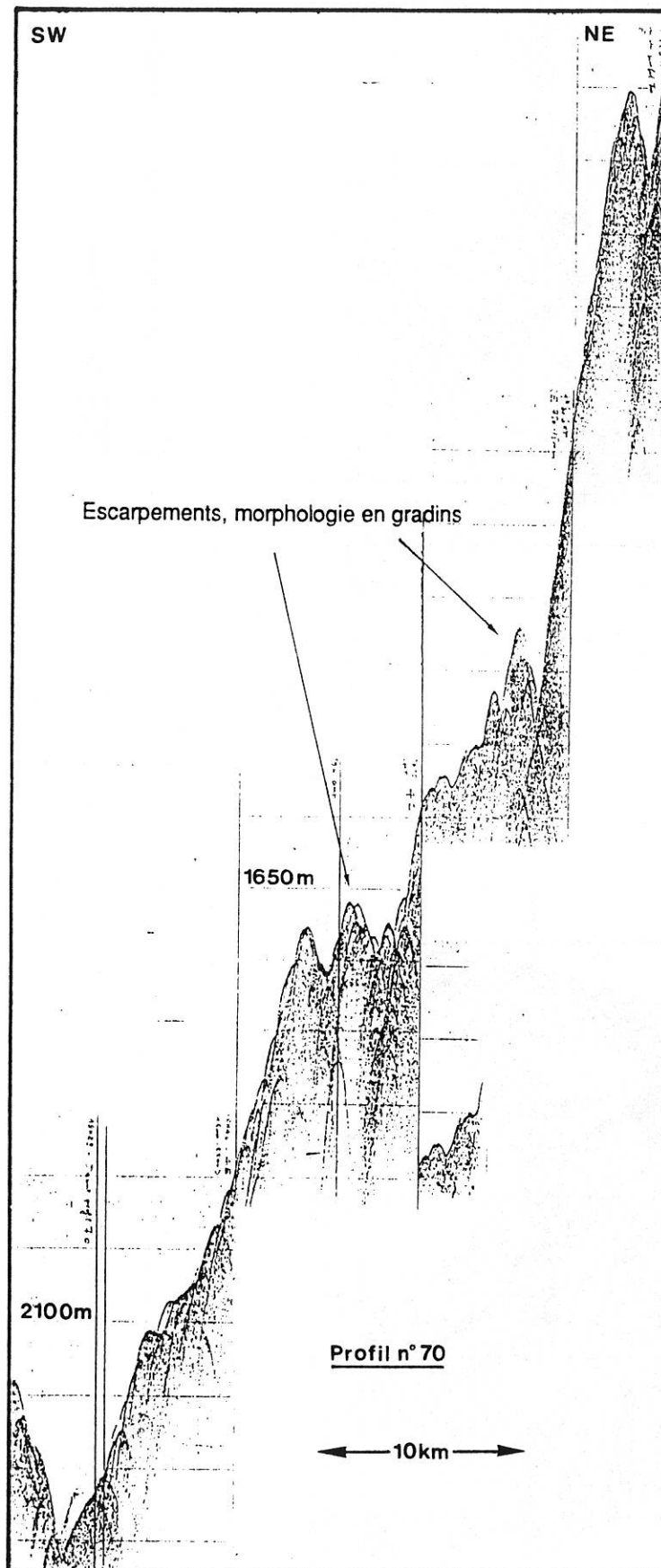
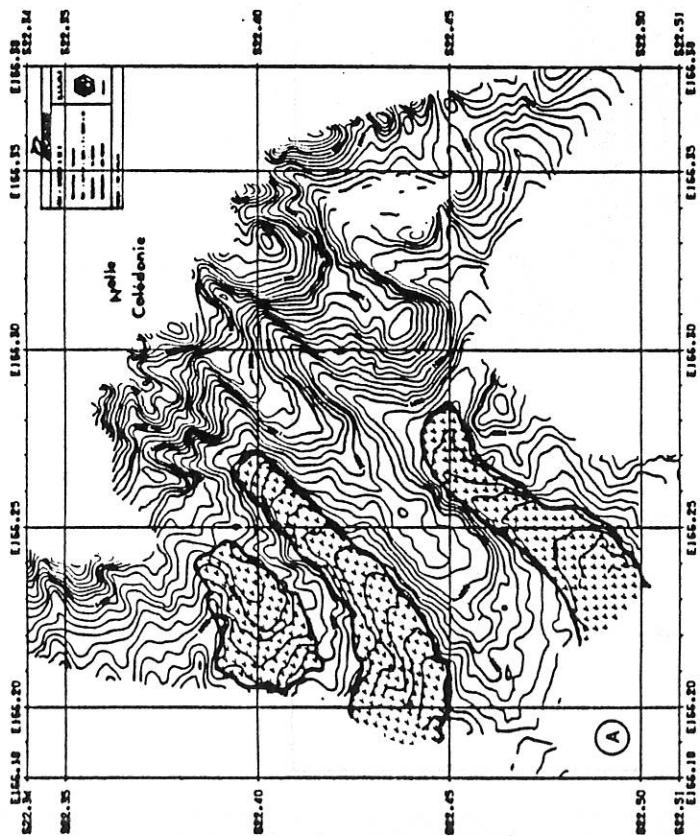
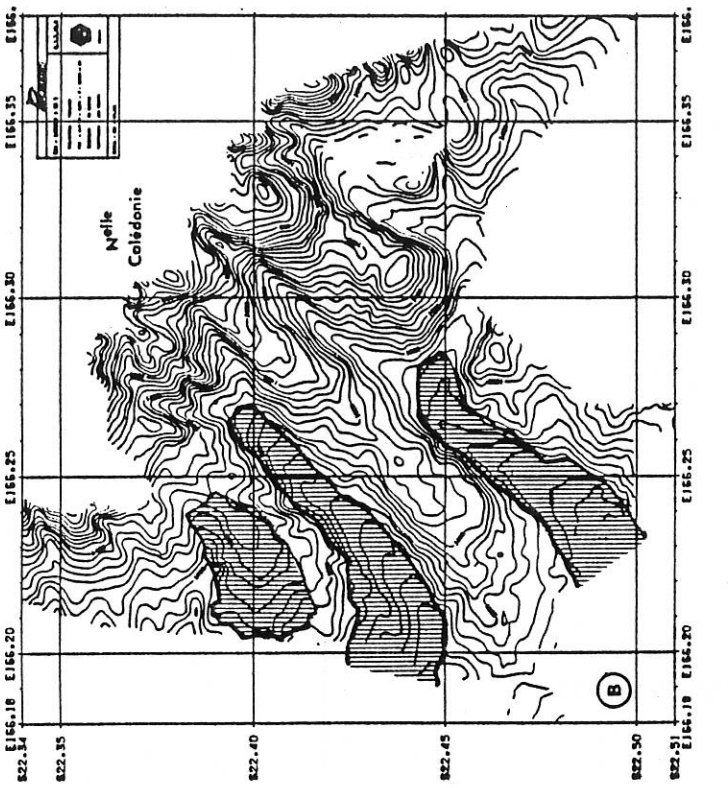


Figure 19 - Echogramme du profil n° 70, de la pente SW de la Nouvelle-Calédonie.



Echofaciés non interprétable en terme de lithofaciés
 Erosion et sédimentation

Echofaciés hyperbolique aigu H
 Echofaciés diffus chaotique Ila1

Figure 20 - Cartes de répartition des échofaciés 3,5 kHz (a) et des lithofaciés (b) dans la boîte SB 5 (marge occidentale de la Nouvelle-Calédonie).

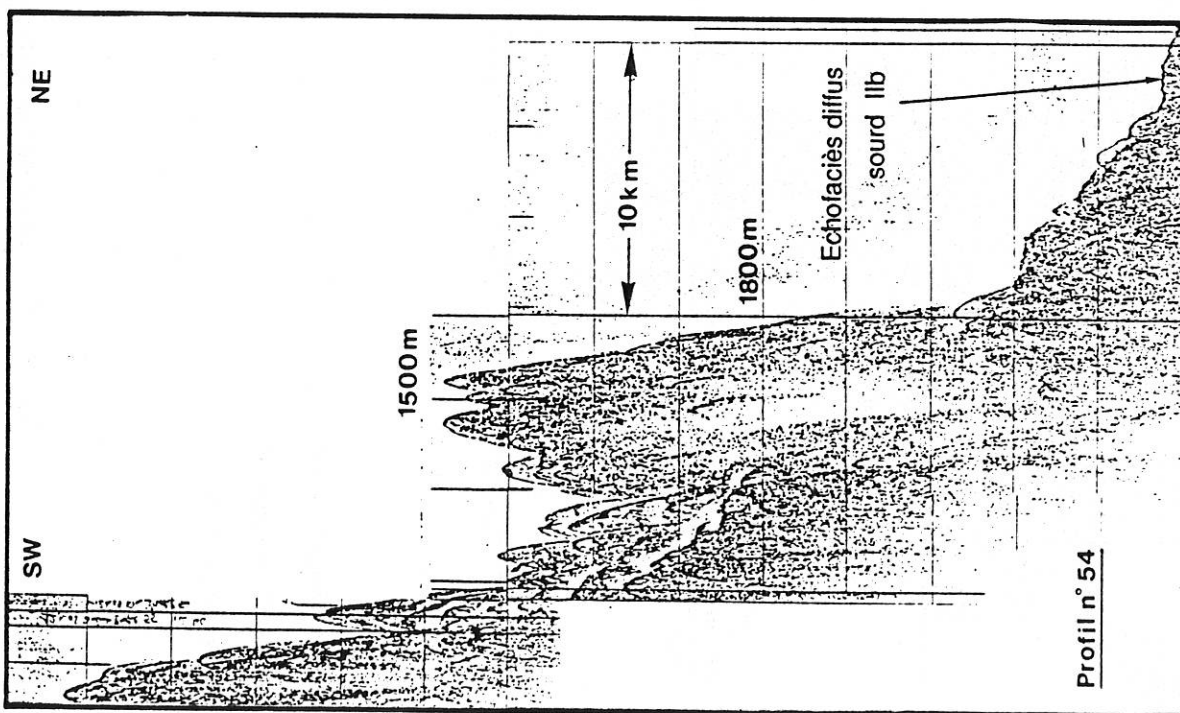


Figure 21 - Echogramme du profil n° 54 de la pente SW au large de l'île des Pins.

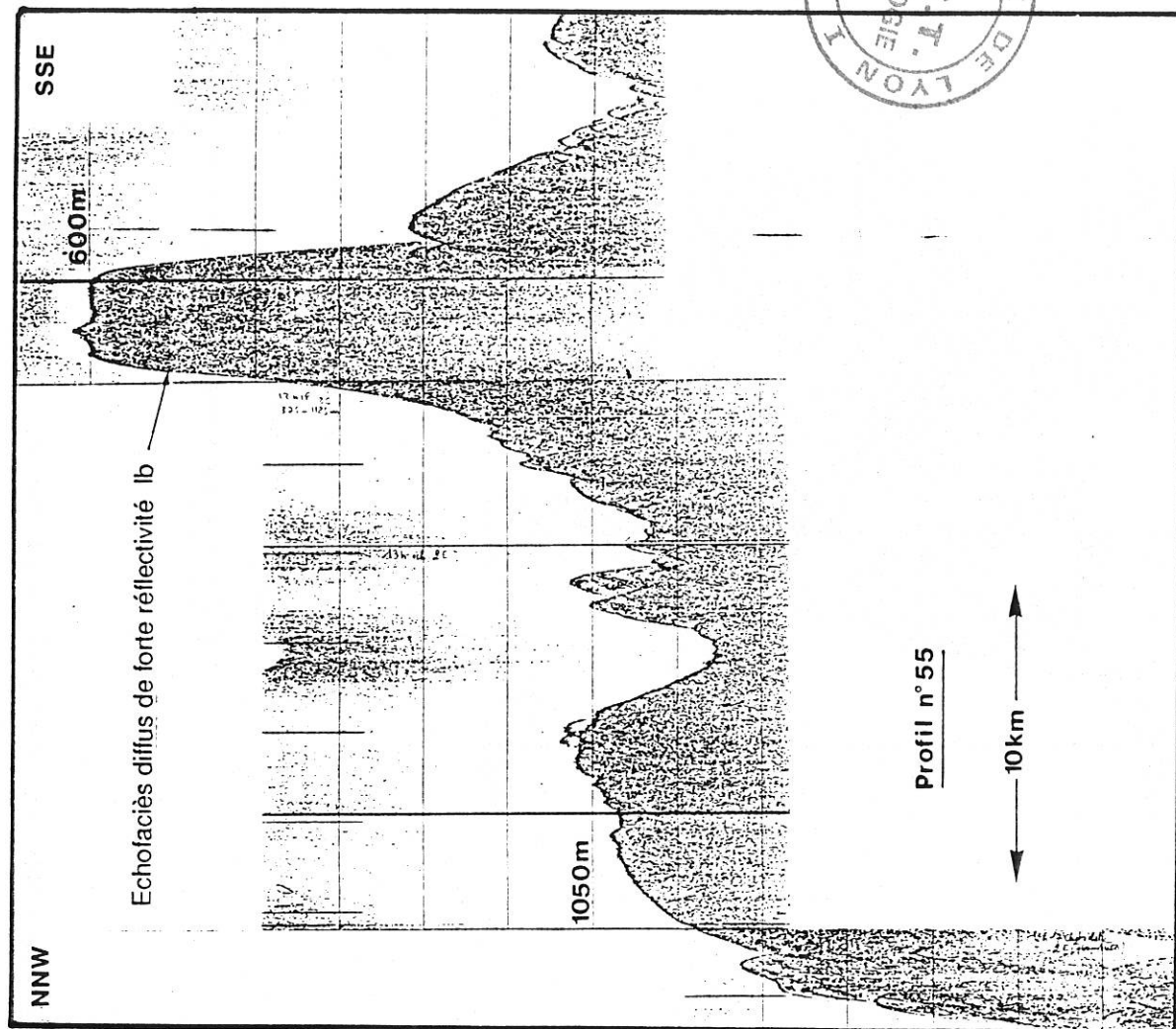


Figure 22 - Echogramme du profil n° 55, parallèle à la côte orientale de la Nouvelle-Calédonie.

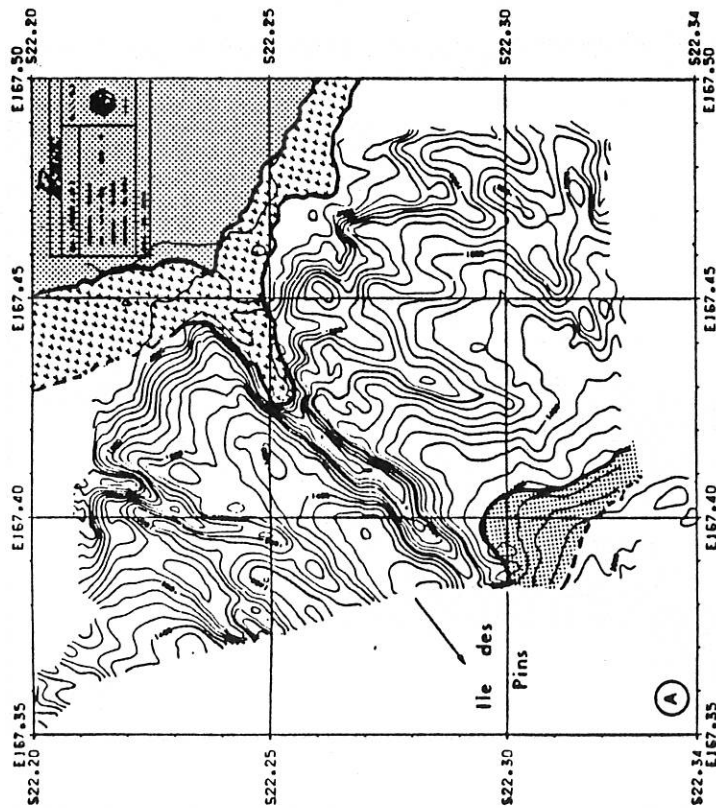
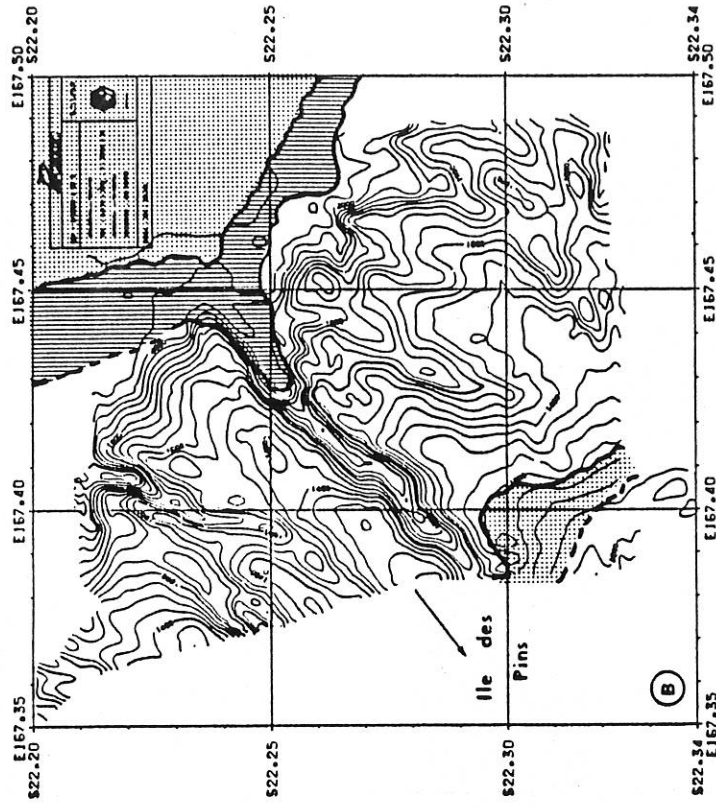


Figure 23 - Cartes de répartition des échofaciès 3,5 kHz (a) et des lithofaciès (b) dans la boîte SB 4 (au large de l'île des Pins).

Le profil 55 (fig. 22), parallèle à la côte est de la Nouvelle-Calédonie, montre un écho sombre ayant une diffusion importante. Ceci s'interprète comme un faciès compact ou de forte densité, correspondant peut-être à un soubassement basaltique. De même pour la partie de la ride de Norfolk formant le prolongement de l'île des Pins (profil 56, fig. 24), un écho multiple confirme un fond marin basaltique probable. Les dragages dans cette région ont du reste ramené à bord des blocs de basalte et des encroûtements de manganèse. La pente sud de l'île des Pins avec les profils 57, 58, et 59 (fig. 25, 26 et 27) présente un échofaciès à hyperboles régulières traduisant de grands glissements, concernant en particulier des blocs et des masses sédimentaires importantes disparaissant dans les profondeurs. Traversant la même structure, les profils 59 et 60 (figs. 27 et 28) ont rencontré dans les parties hautes un échofaciès de grande réflectivité à échos multiples caractérisant un substrat basaltique. Cette formation est recouverte d'une fine couche transparente indiquant une couverture sédimentaire très peu épaisse et homogène. Le profil 61 (fig. 29), parallèle à la côte ouest de la Nouvelle-Calédonie, est entaillé par des ravins étroits. La forte réflectivité sans échos secondaires de ce faciès traduit une couverture sédimentaire compacte et certainement grossière.

Profil du Bassin des Loyauté.

Ce profil parcourt la totalité du bassin en diagonale (fig. 30). Les échofaciès lités III et IV s'étendent sur une faible distance. Le passage à la côte Est de la Nouvelle-Calédonie se fait par l'intermédiaire de la zone d'accumulation de matériel hétérogène grossier à écho diffus, alors qu'à l'approche de Lifou s'observent de grandes masses sédimentaires ponctuelles glissées. Le haut du talus de Lifou est recouvert d'une faible épaisseur de sédiments actuels présentant des zones d'érosion marquées par la disparition de la zone transparente de surface. On retrouve dans le bassin, près de la ride Lévi, l'accident néotectonique du profil 16-17.

2. 2. 4. APPORT DE L'ETUDE DES ECHOFACIES 3,5 kHz A LA CONNAISSANCE DES PHENOMENES SEDIMENTAIRES AU LARGE DE LA NOUVELLE-CALEDONIE

Grâce à cette étude des profils à l'échosondeur, nous avons pu localiser différents processus sédimentaires pour les dépôts superficiels. Même si chaque faciès acoustique ne traduit pas un processus sédimentaire unique, la prise en compte de sa situation géographique et/ou morphologique permet de proposer un mode de dépôt. La mise en évidence d'importantes différences dans la sédimentation des talus bathyaux a permis un choix optimal des carottes pour une étude sédimentologique en rapport avec les variations du niveau de la mer.

Dans la zone au large de Thio, étudiée particulièrement par LIU (1988) et LIU et COTILLON (1989), une meilleure délimitation de la zone d'accumulation de bas de pente a pu être faite. Grâce à d'autres profils, son existence tout le long de la côte est de la Nouvelle-Calédonie est maintenant prouvée. Cette zone ne se retrouve pas au SW de Lifou où elle est remplacée par une zone de glissement (profil bassin, fig. 30), ainsi qu'un profil concave vers le haut de la pente. Cette disposition rapproche le domaine SW de Lifou du type bahamien avec sa zone de glissement sur le glacis et l'érosion importante sur le talus (MULLINS *et al.* 1979). Il existe donc deux secteurs totalement différents par les processus sédimentaires; ceux-ci sont contrôlés en partie par la présence des terres montagneuses de Nouvelle-Calédonie conférant un caractère mixte, carbonaté-silicoclastique à la sédimentation au large de Thio, et par l'île sans grand relief de Lifou, ceinturée par un récif frangeant, source peu abondante de matériaux exclusivement carbonaté.

Au SW de la Nouvelle-Calédonie (boîte SB 5), le modelé en gradins avec ravins est bien mis en évidence. La cartographie des échofaciès (fig. 20) souligne l'importance de l'érosion et de la resédimentation dans les ravins.

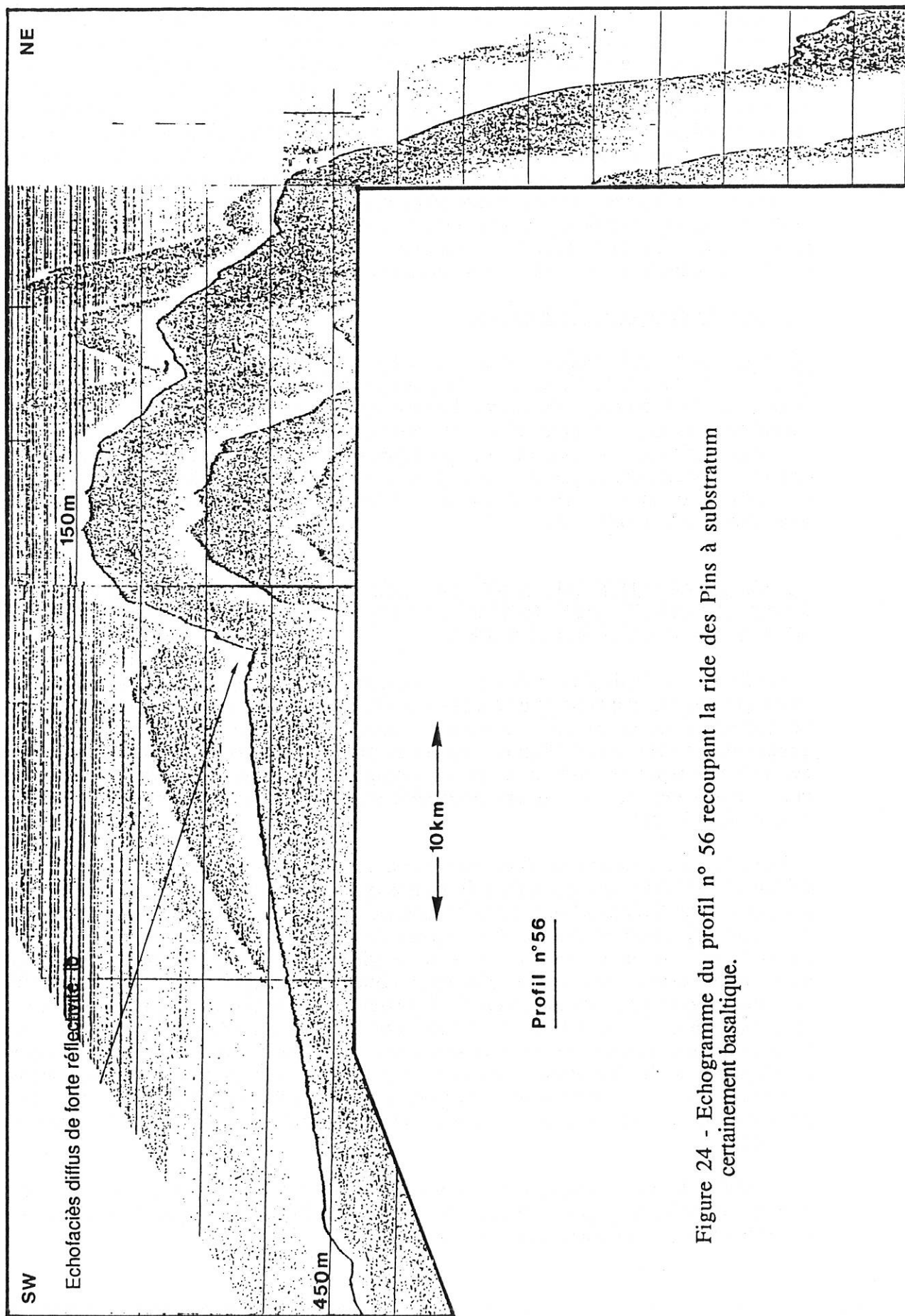


Figure 24 - Echogramme du profil n° 56 recoupant la ride des Pins à substratum certainement basaltique.

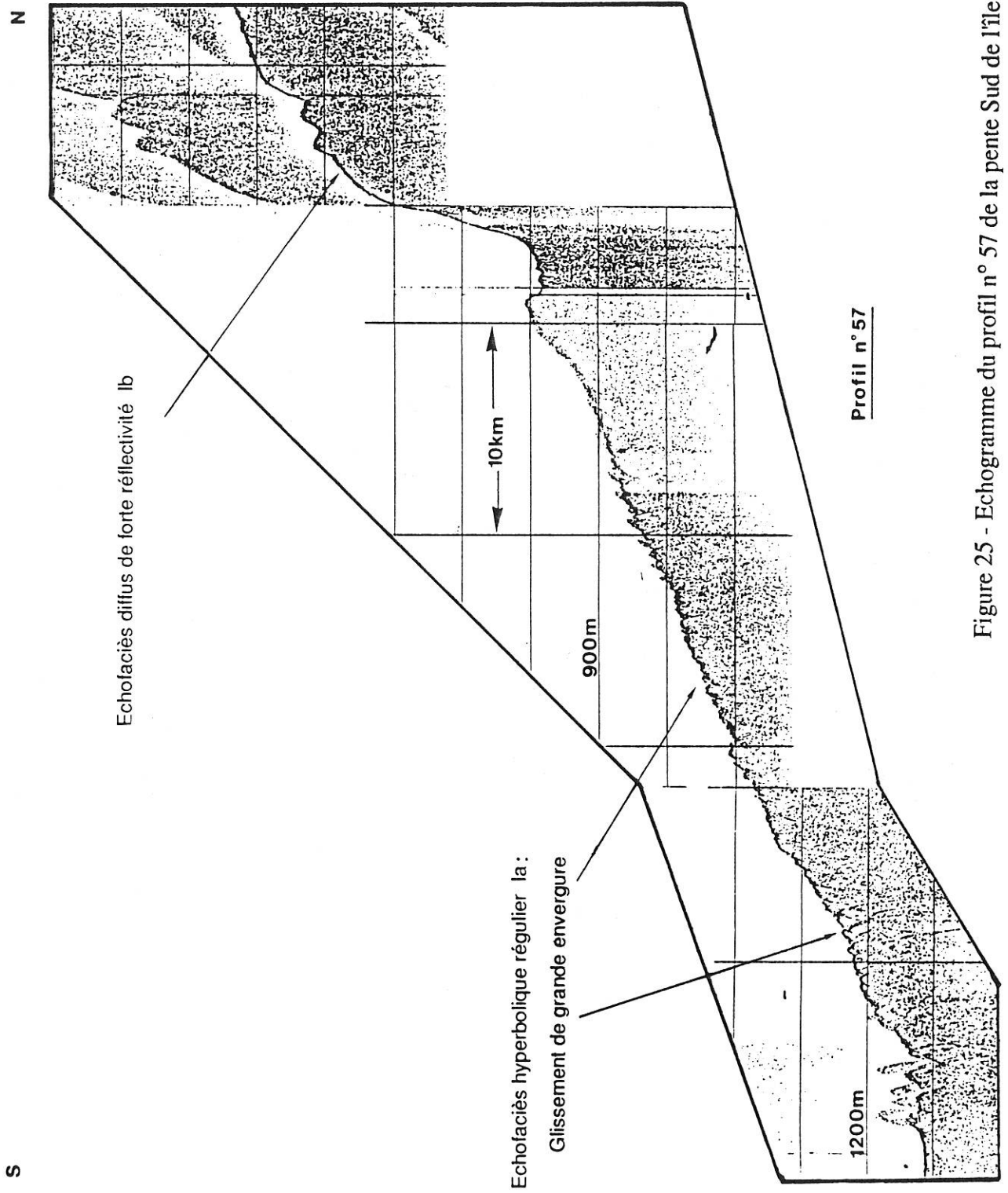


Figure 25 - Echogramme du profil n° 57 de la pente Sud de l'île des Pins.

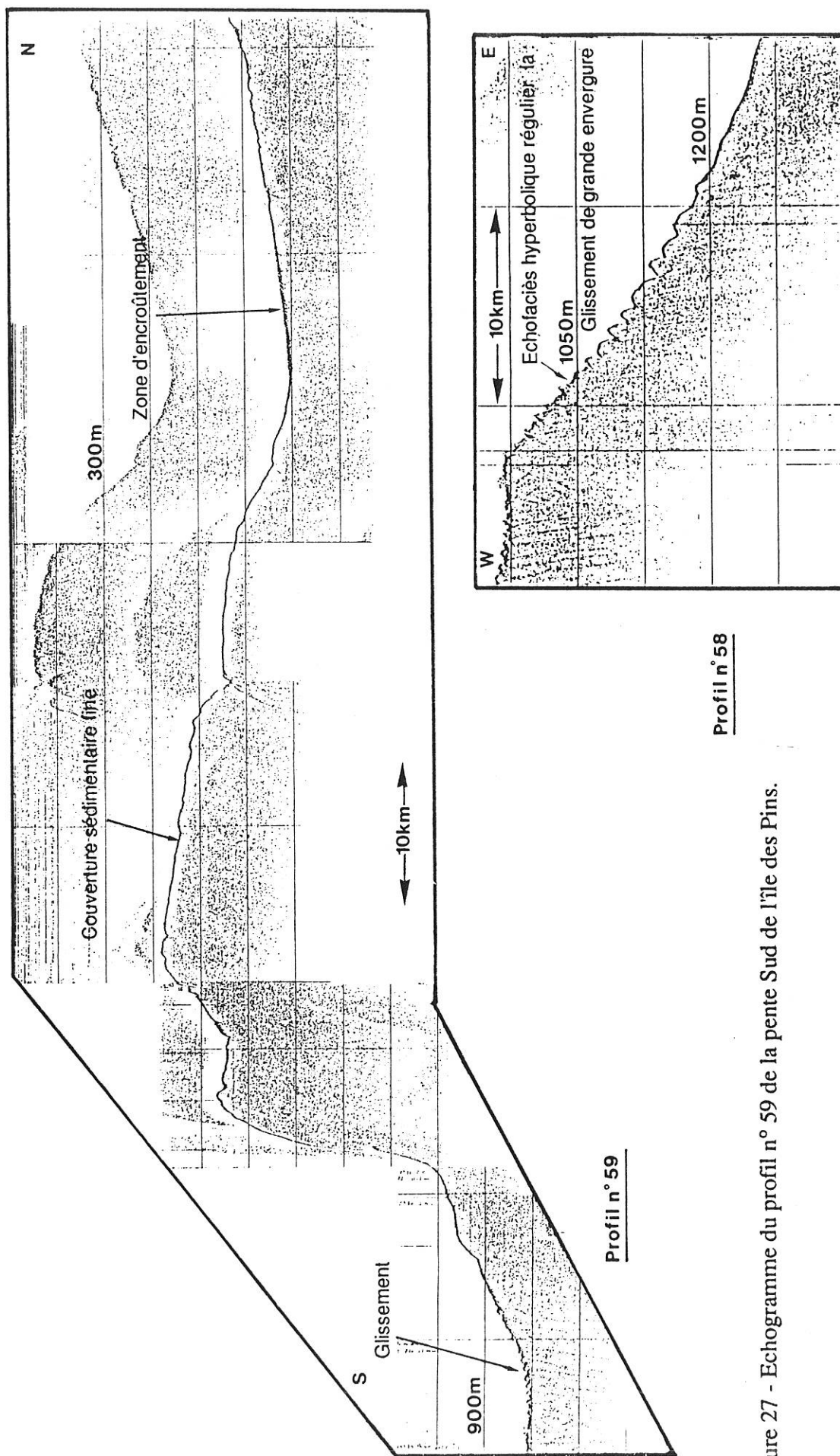


Figure 27 - Echogramme du profil n° 59 de la pente Sud de l'île des Pins.

Figure 26 - Echogramme du profil n° 58 d'orientation W-E au Sud de l'île des Pins.

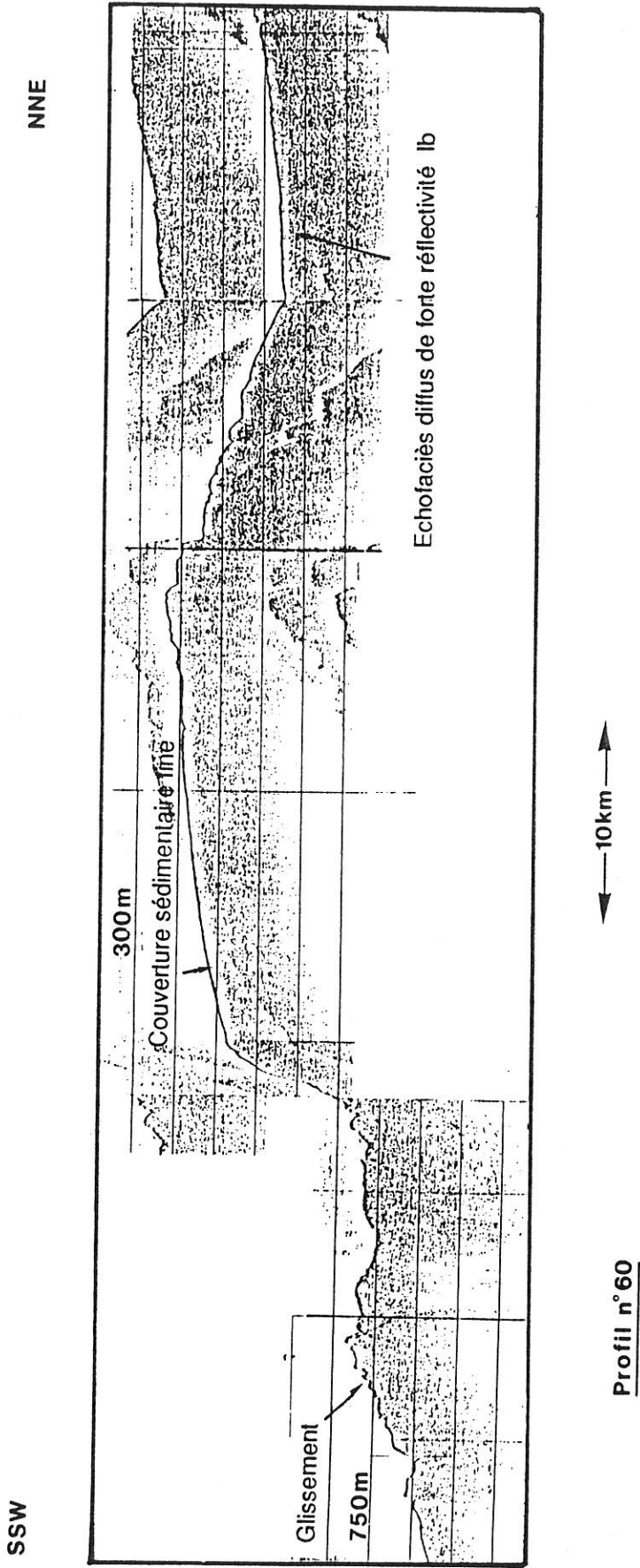


Figure 28 - Echogramme du profil n° 60 recoupant le soubassement du récif barrière de la marge occidentale de la Nouvelle-Calédonie.

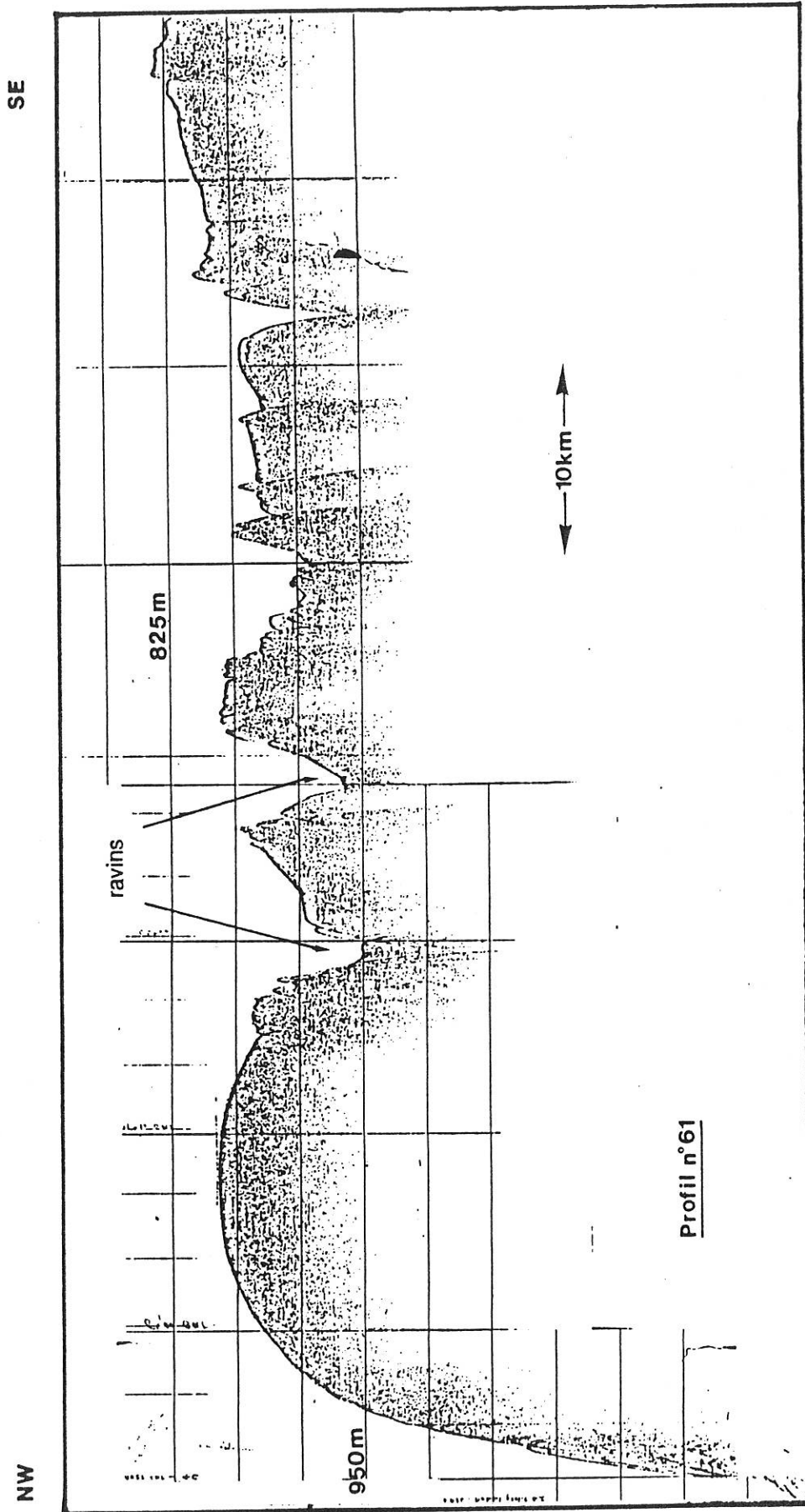


Figure 29 - Echogramme du profil n° 61 parallèle à la côte occidentale de la Nouvelle-Calédonie.

SSE

NOUVELLE -
CALEDONIE

BASSIN DES LOYAUTE

NNW

LIFOU

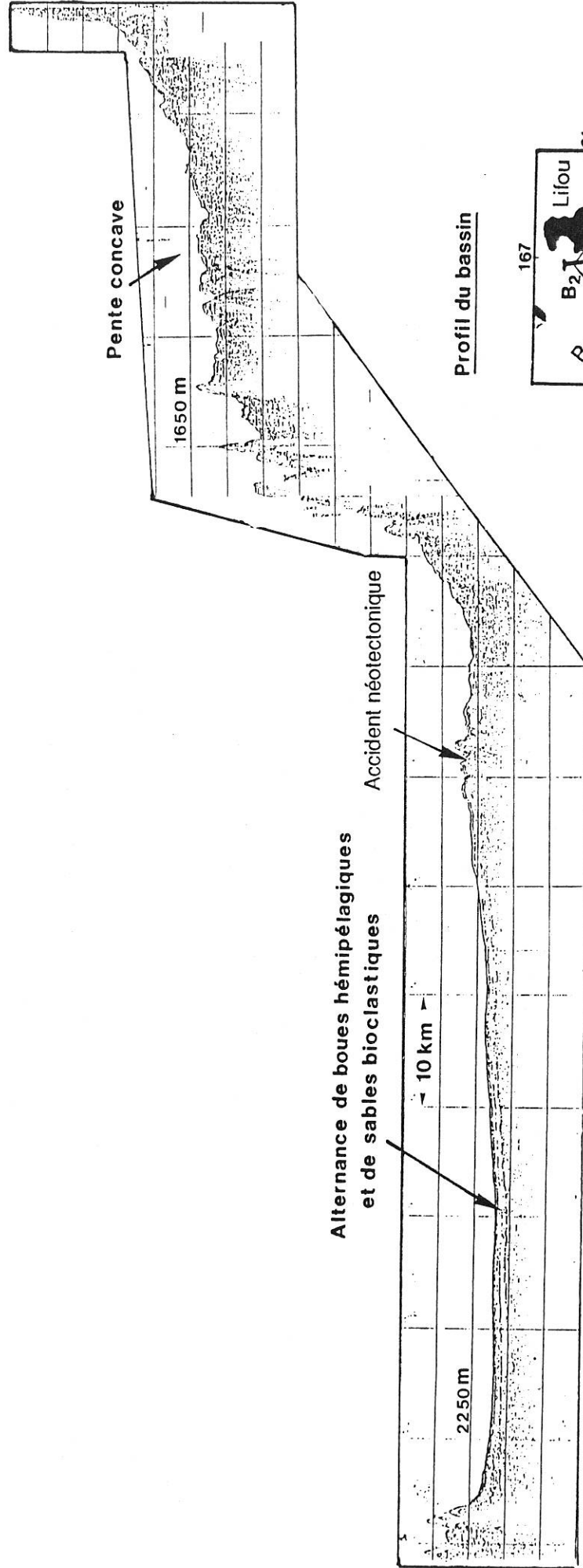


Figure 30 - Echogramme d'un profil transversal du bassin des Loyauté. L'encart en bas à droite donne la position.

De plus il apparaît que l'érosion est un processus majeur se développant sur les pentes néocalédoniennes; elle est surtout prépondérante sur les talus au SW de Lifou et au large de la côte est de la Nouvelle-Calédonie. Des photos prises lors de la campagne CALSUB, en 1989, à bord de la soucoupe CYANA, montrent des formations anciennes affleurant sur les pentes de Thio. Elles présentent un pendage en direction du bassin et souvent une alternance de composition et/ou d'induration. Les surfaces érodées pourraient correspondre à des niches d'arrachement marquant le point de départ de grands glissements.

Le sondeur de sédiments a donc permis de préciser davantage le cadre des phénomènes sédimentaires dans le bassin des Loyauté et ses bordures; une campagne SAR (système acoustique remorqué donnant une image radar du fond des océans) permettrait encore une meilleure connaissance de l'extension des faciès.

2.3. NOUVELLES INTERPRETATIONS DE LA SEDIMENTATION AU LARGE DE LA NOUVELLE-CALEDONIE : APPORTS DES MISSIONS BIOGEOCAL ET CALSUB.

La nature de l'arrière pays est un contrôle important des caractères de la sédimentation:

- au large de Thio (fig. 31) : de nouvelles carottes prélevées sur les pentes et au sommet du talus ont montré la présence d'éléments argileux et silicoclastiques et de sédiments tertiaires (présence de *Discoaster* et absence de marqueurs quaternaires) vert kaki non carbonatés riches en débris de végétaux, déjà dragués lors de la mission BIOCAL. Les photos de la mission CALSUB montrent des formations affleurantes sur les pentes attestant de l'importance de l'érosion. Sur ces pentes, la couverture sédimentaire actuelle est de faible épaisseur; aucune turbidite n'a été mise en évidence; seule la carotte KK 231 a fourni un sable bioclastique riche en débris de végétaux et d'anciens sédiments vert-kaki. Des slumps ont été rencontrés dans la carotte KK 237 située à 1410m sur la pente. Le bourrelet sédimentaire rencontré lors de la première mission en bas de pente a été suivi sur plusieurs kilomètres au large de la côte est de la Nouvelle-Calédonie par échosondeur. Les carottes de cette structure révèlent des débris-flow, des slumps et de nombreuses turbidites riches en débris terrigènes.

- au Sud-Ouest de Lifou (fig. 32) : les nouvelles carottes prélevées sur les pentes ont démontré l'importance de l'érosion. Du Miocène supérieur à *Discoaster quinquaramus* (zone NN11) affleure directement en surface dans la carotte KK 263 (fig. 4 (2)); il s'agit d'une craie composée uniquement par l'accumulation de coccolithes sans aucune trace d'autres éléments. Cette érosion se retrouve dans une autre carotte : KK 264 (fig. 41) où le Pléistocène inférieur est recouvert seulement par 70 cm de boue actuelle (zone NN21). Le sondeur de sédiments a montré la présence d'une pente concave vers le haut ainsi que des ravinements au niveau des ravins. Des blocs dragués de vase indurée, encroutée et traversée de terriers prouvent une érosion relevant en partie de la biocorrosion. En bas de pente, les accumulations sont plus réduites; en effet, aucun débris-flow ou slump n'y a été rencontré, tandis que les sables bioclastiques dominent. Cette différence majeure avec le large de Thio est due principalement à l'abondance des apports terrigènes au large de la Nouvelle-calédonie.

Comme aux Bahamas, les turbidites et les débris flows sont des composants majeurs des faciès de bas de pentes et des bassins. Cependant, les sables des periplates-formes bahamiennes sont riches en *Halimeda* (BURNS & NEUMANN 1987), alors qu'ici, au large de la Nouvelle-Calédonie, la campagne CALSUB a mis en évidence des champs à rhodolites comparables aux faciès de periplates-formes des pentes de la Floride (MULLINS et al. 1988).

Le transfert des carbonates récifaux et des zones productrices peu profondes au bassin semble direct. Les sables dérivés des zones peu profondes sont transportés directement au bassin par des courants de turbidités empruntant des ravins. Dans l'Holocène de la Tongue of The Ocean (Bahamas), BOARDMAN & NEUMANN (1984) ont montré que

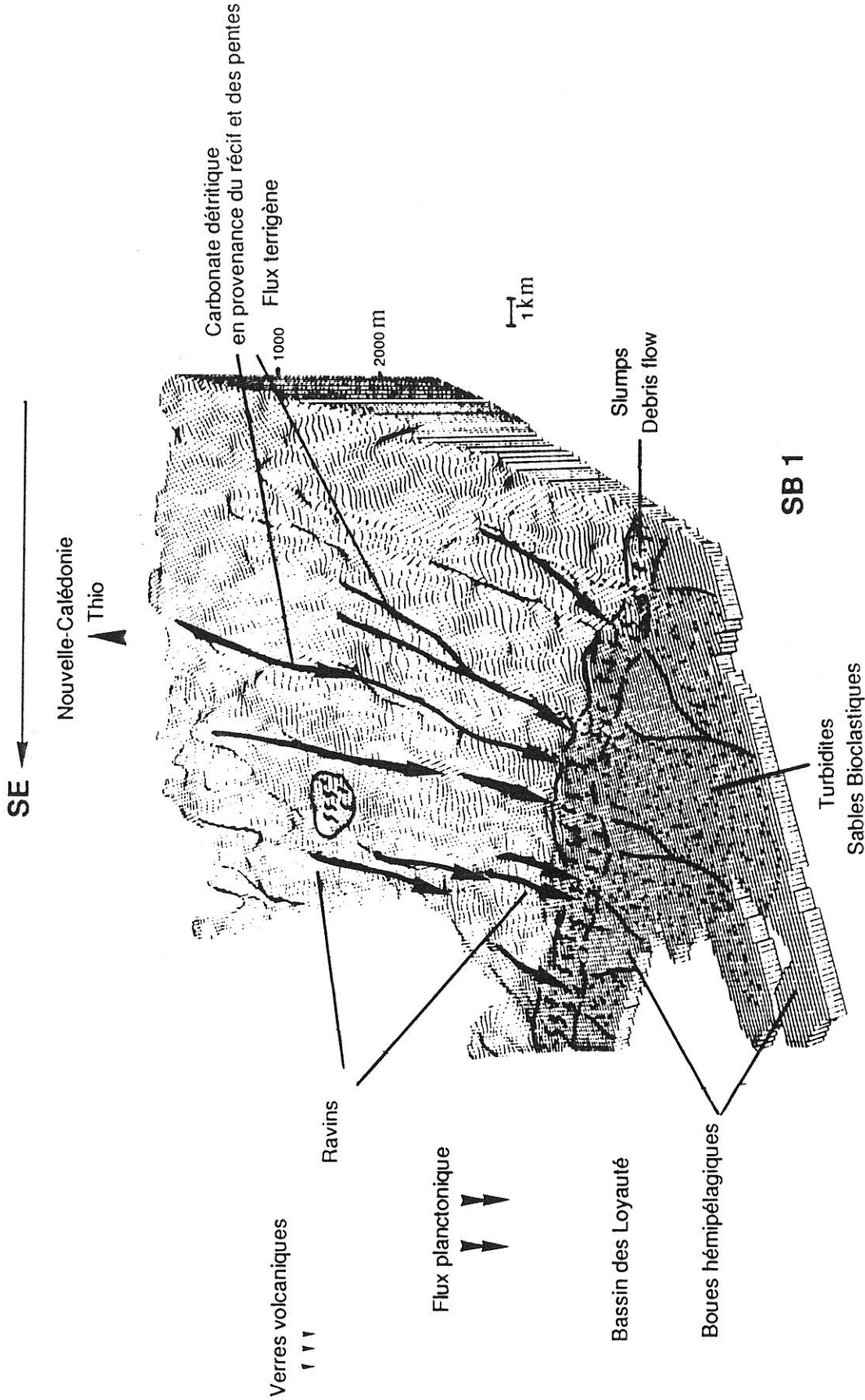


Figure 31 - Schéma de la dynamique sédimentaire au large de Thio (boîte SB 1). Le fond topographique résulte d'un traitement en trois dimensions de l'enregistrement Sea-Beam.

75 à 90% des carbonates composant les sédiments du bassin dérivait des récifs et des marges avoisinantes.

En conclusion, les apports provenant de la Nouvelle-Calédonie et de ses plates-formes traversent la totalité du bassin des Loyauté, comme le montrent les réflecteurs 3,5 kHz se suivant sur de grandes distances. Les sédiments grossiers en bas des pentes s'intègrent dans une morphologie en lobes au droit des ravins. Il n'y a pas de structure en forme de deep sea fan au large de Thio bien que la présence de levées en face des principaux ravins soit possible. Au Sud-Ouest de Lifou, il en est de même avec une érosion dominante (pente concave vers le haut) alors que du côté de Thio la pente est droite à cause des apports plus importants en provenance de la Nouvelle-Calédonie. SCHLAGER & CAMBER (1986) ont montré que les pentes des domaines carbonatés ont un profil concave montrant une érosion importante de la pente, au contraire des domaines silicoclastiques, où la pente est convexe caractérisant une progradation. Nous retrouvons plus ou moins ces caractères dans le bassin des Loyauté. Les talus ne font donc que guider les transferts des plates-formes au bassin (modèle de bypassing de SCHLAGER & CHERMAK (1979) ou modèle de bypass margin gullied slope de READ 1985). Les autres régions au large de la Nouvelle-Calédonie ayant été moins carottées, l'étude au sondeur de sédiments permet de rapprocher la zone B4 (pente convexe originaires certainement de matériel basaltique bombé sous l'effet de la tectonique) de la zone B1 et la zone B3 de la zone B2. Dans la zone B5, les distributaires sont beaucoup plus large et présentent donc une morphologie en canyon; la carotte KK21, analysée en détail, a montré un enregistrement de l'installation du complexe récifal Quaternaire au SW de la Nouvelle-Calédonie confirmant ainsi le rôle primordial des plates-formes dans le contrôle de la sédimentation des pentes et des bassins.

Les différents types de sédimentation liés à la nature de l'arrière-pays vont orienter la recherche de l'enregistrement des variations du niveau de la mer vers le bassin des Loyauté et cela en deux domaines :

- un premier de type mixte, carbonaté et silicoclastique, au large de Thio;
- un deuxième au Sud-Ouest de Lifou, à dominante carbonatée, s'apparentant au système bahamien.

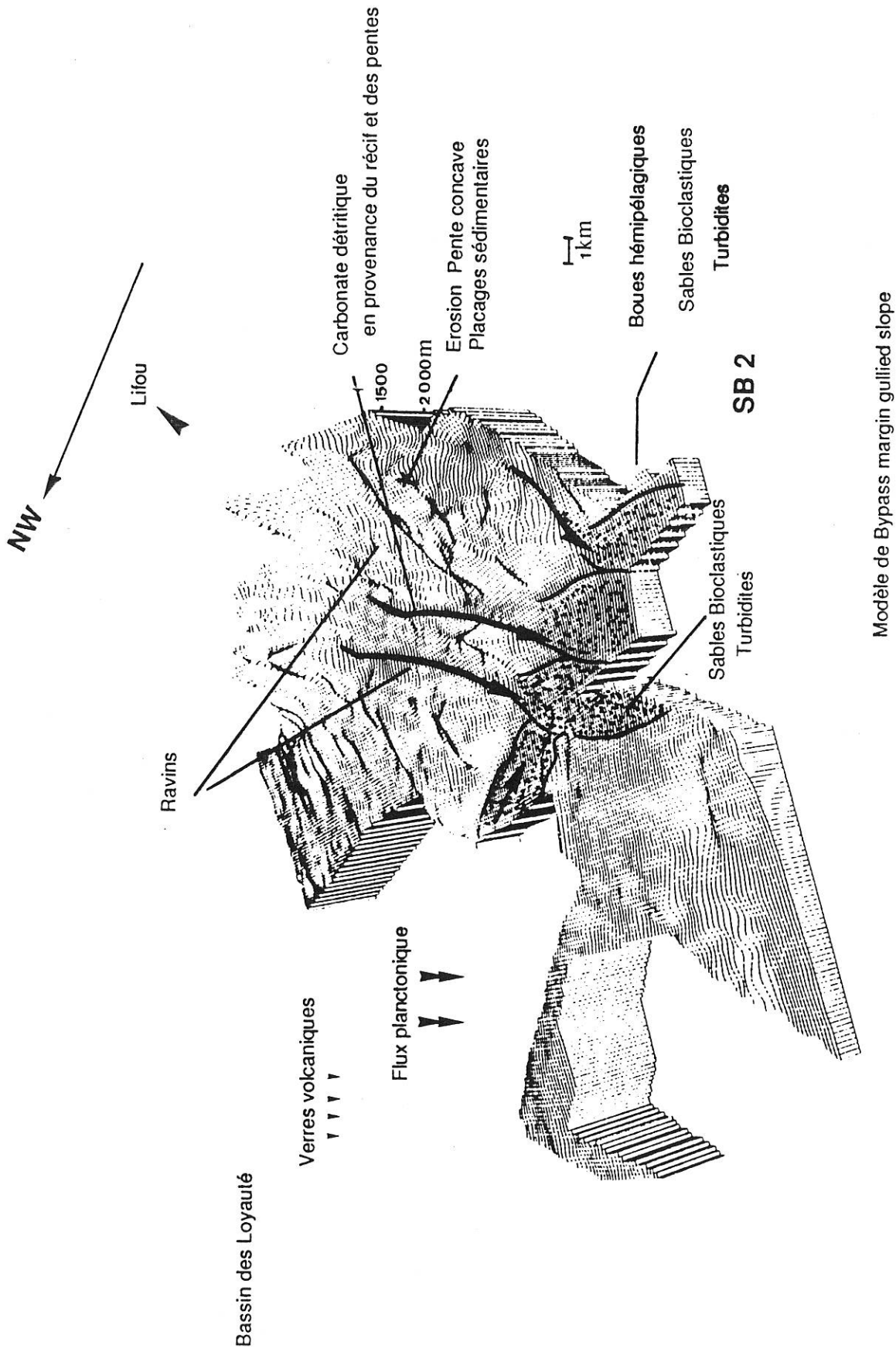


Figure 32 - Schéma de la dynamique sédimentaire au large de Lifou (boite SB 2). Le fond topographique résulte d'un traitement en trois dimensions de l'enregistrement Sea-Beam.

CHAPITRE 3

CHAPITRE 3

ENREGISTREMENT DE L'EUSTATISME DANS LA SEDIMENTATION QUATERNAIRE DU BASSIN DES LOYAUTE

La recherche de l'influence des variations du niveau de la mer sur la sédimentation des bassins actuels a surtout pour cadre, ces dernières années, les domaines purement carbonatés comme les Bahamas, ou les domaines deltaïques silicoclastiques comme le cône de l'Amazone ou du Gange. Pour le domaine carbonaté bahamien, qui se rapproche le plus du bassin des Loyauté, on a démontré l'influence du développement des plates-formes récifales sur la sédimentation de bassin.

Dans le bassin des Loyauté, où le contexte sédimentaire est de type mixte, carbonaté et silicoclastique, nous allons essayer de mettre en évidence les principaux enregistrements des variations du niveau de la mer sur la sédimentation et de faire des comparaisons avec d'autres marges actuelles.

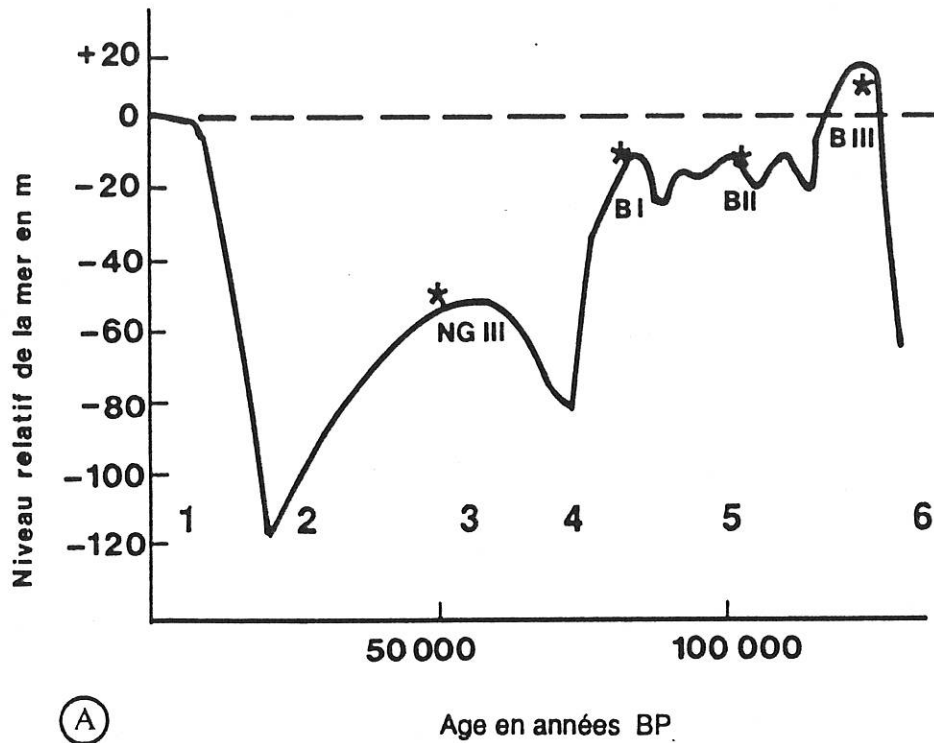
3. 1. VARIATIONS DU NIVEAU DE LA MER DANS LE SUD-OUEST PACIFIQUE ET LE DOMAINE NEOCALEDONIEN

Les variations du niveau de la mer, dites eustatiques, quand elles sont globales, sont dues à plusieurs facteurs (MIALL 1984) :

- 1- une différenciation de la lithosphère;
- 2- un remplissage des bassins océaniques par des sédiments;
- 3- un raccourcissement crustal durant l'orogénèse;
- 4- des changements de volume des rides médio-océaniques;
- 5- la dessiccation de bassins épicontinentaux;
- 6- la croissance et la décroissance du volume des glaces continentales;
- 7- les déformations du géoïde;
- 8- les variations de volume de l'atmosphère;
- 9- les variations de la température de l'océan;
- 10- les changements dans la teneur de l'humidité atmosphérique;
- 11- les mouvements tectoniques verticaux.

Ces effets modifient soit le volume total des océans (6, 8, 9 et 10), ou changent le volume des bassins océaniques (1, 2, 3, 4, 5, 7 et 11). Dans le Quaternaire, ces variations du niveau marin sont dues principalement au développement et au retrait des glaces continentales; on parle de glacio-eustatisme. Ces phénomènes, pour les périodes glaciaires et interglaciaires du Pléistocène, sont très rapides à l'échelle géologique.

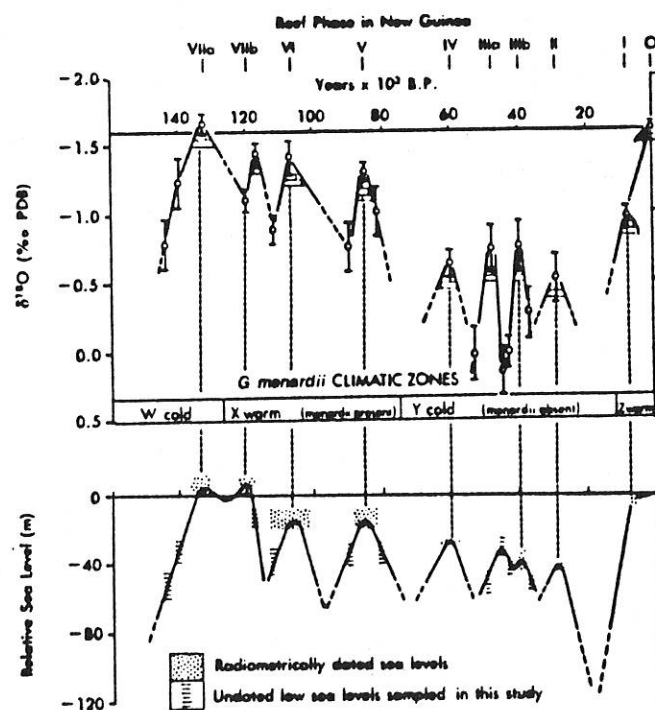
Dans le Sud-Ouest Pacifique, la courbe du $\delta^{18}\text{O}$ des foraminifères planctoniques construite par SHACKLETON & OPDYKE (1973) est calquée sur la courbe des variations du niveau de la mer depuis 150000 ans (fig. 33a). Cette courbe est tout à fait comparable à celle établie par AHARON & CHAPPELL (1986) à partir de terrasses coralliennes de Nouvelle-Guinée (fig 33b). La période qui nous intéresse le plus est celle allant de l'interglaciaire Riss-Würm, où existait un haut niveau marin, à l'Holocène. Nous prendrons ainsi en compte l'intervalle compris entre le début de descente du niveau marin précédant le Würm et le haut niveau marin actuel. En Nouvelle-Calédonie, l'étude des niveaux marins quaternaires a surtout été réalisée à partir du forage Ténia (COUDRAY 1976). La chute du niveau de la mer au maximum de la glaciation du Würm (stade isotopique 2) serait de l'ordre de 90 à 120m par rapport au niveau actuel, avec des creusements de vallées sous-marines dans les lagons d'une profondeur de 80m (DEBENAY 1987). Lors de la déglaciation actuelle, un haut niveau marin supérieur à l'actuel (+ 1 à + 2m) a été mis en évidence vers 5400 ans BP (COUDRAY et



(A)

* Niveaux estimés de la mer en Nouvelle-Guinée (NG III)
et aux Barbades (BI, BII, BIII)

1 à 6 : Etages isotopiques



(B)

Figure 33 - Courbe des variations du niveau relatif de la mer établie à partir des données du $\delta^{18}\text{O}$ de la carotte V28-238 et de terrasses récifales (d'après SHACKLETON & OPDYKE 1973) (A). Courbes des variations du niveau de la mer et des mesures isotopiques à partir de terrasses coralliennes de Nouvelle-Guinée (d'après AHARON & CHAPPU 1966) (B).

DELIBRIAS 1972; LECOLLE et CABIOCH 1988; CABIOCH et al. 1989). Toutes ces variations relatives du niveau de la marin ont surtout pour cause le glacioeustatisme dont on sait que les fluctuations sont beaucoup plus rapides que les déformations tectoniques.

Dix carottes seront analysées en détail :

Trois au large de Thio (figs. 4 et 5);

Quatre au Sud-Ouest de Lifou (figs. 4);

Une au centre du bassin des Loyauté (fig. 5);

Deux au Sud-Ouest de la Nouvelle-Calédonie (fig. 5).

Le choix a été surtout guidé par la longueur des carottes disponibles, leur position géographique et leur qualité.

3. 2. ANALYSE DES CAROTTES - PRESENTATION DES RESULTATS

L'un des problèmes majeurs dans l'étude des carottes a été leur datation. L'analyse au radiocarbone a permis le plus souvent de délimiter assez correctement le passage Holocène-Pléistocène vers 13000 ans BP. Mais il faut noter que le radiocarbone donne ici un âge veilli du fait de la contamination de la sédimentation pélagique par des carbonates détritiques plus anciens, du temps de transit de ces carbonates de la plateforme au bassin et des phénomènes de remaniement sur les pentes. Des analyses isotopiques de l'oxygène et du carbone permettant une datation relative des sédiments au delà de la limite du ^{14}C ont été effectuées sur deux carottes.

Toutes les carottes ont été analysées de la même manière, c'est à dire avec la même quantité de sédiment par échantillon. Le pas d'échantillonnage est déterminé suivant la longueur de la carotte, le nombre de turbidites, la bioturbation qui se développe de façon plus ou moins continue et qui est influencée par les apports turbiditiques voire les coulées sableuses (GAILLARD 1988) et les autres particularités sédimentaires (niveaux à diatomées, verres volcaniques...). Un frottis et une analyse au microscope électronique à balayage permettent de déterminer le nannofaciès et de dater l'échantillon grâce à la biozotation par les coccolithes.

Les carottes sont présentées par boîte SEA-BEAM.

Large de Thio et Boîte Sea-Beam 1

- Carotte KK231 (fig. 34).

Profondeur : 530m. Haut de la pente de Thio

. Lithologie : la carotte se compose de deux unités sédimentaires : une partie supérieure beige (5Y7/2), de boues hémipélagiques riches en coccolithes, et une partie inférieure de couleur vert-kaki (5Y4/4), très sombre à la base, montrant une forte allochtonie des faunes (nombreux foraminifères benthiques de plates-formes : *Operculina* et *Amphistegina*), et des débris de roches sédimentaires anciennes non carbonatées.

. Biostratigraphie : la totalité de la carotte se situe dans la zone NN21 (Pléistocène sup. et Holocène).

. Variation verticale des carbonates et du quartz : ces composants sont stables tout le long de la dernière période interglaciaire (depuis 13000 ans BP), les carbonates passent par un maximum à 1m60 avant de commencer à diminuer vers 1m80. L'aragonite suit la même tendance. Le quartz est très important dans la partie sableuse de la carotte (de 1m85 à la base de la carotte).

. Eléments de la phase sableuse : la partie inférieure sableuse contient de nombreux débris d'algues, en particulier du genre *Halimeda*. Les éléments planctoniques

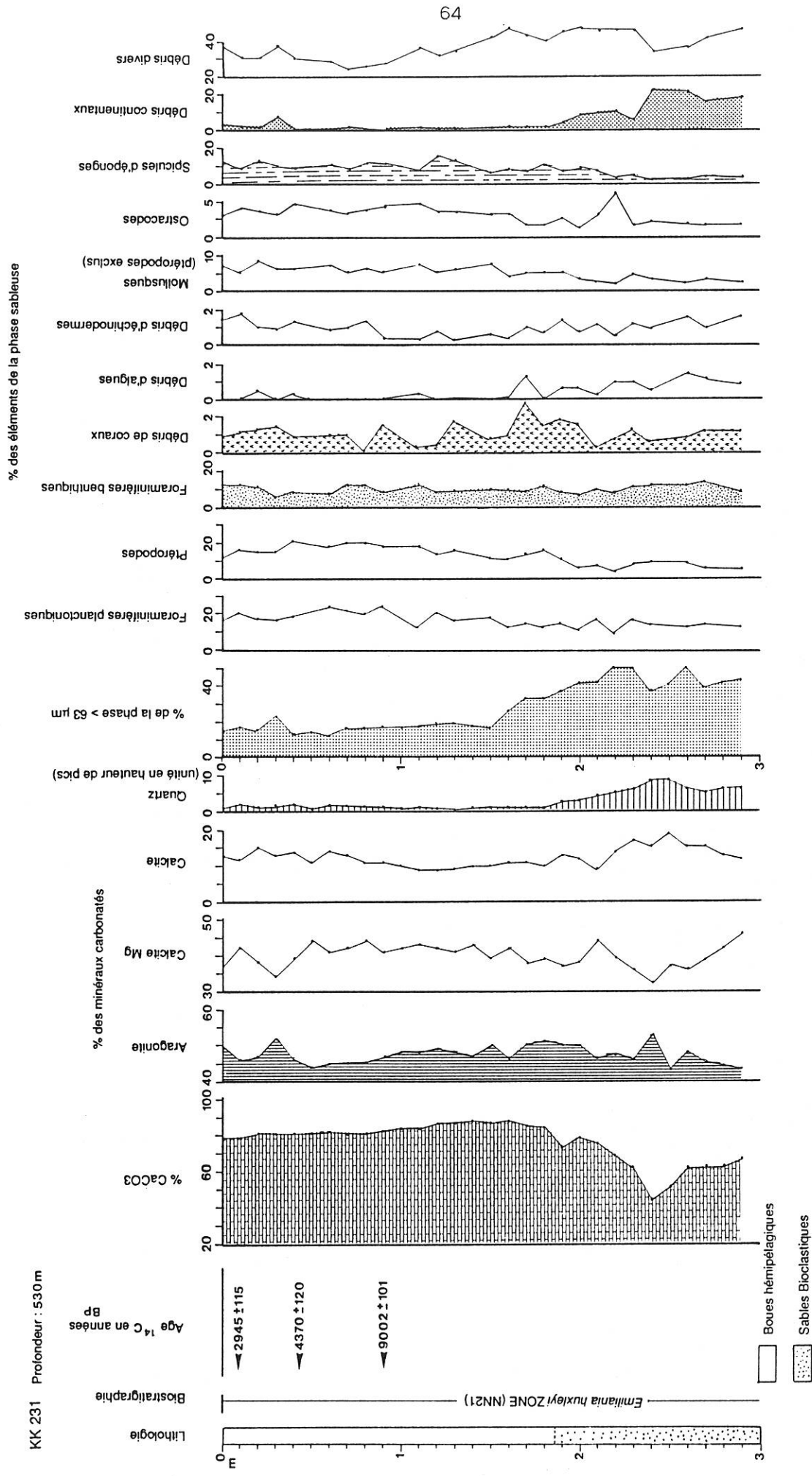


Figure 34 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 231 (boite SB 1).

(foraminifères et ptéropodes) y sont réduits; les débris continentaux et divers dominent largement. La boue hémipélagique contient de nombreux débris de faunes benthiques aussi bien autochtones qu'originaires des milieux de plates-formes; ceci est dû à la proximité de la Grande-Terre et à la faible profondeur de la station de prélèvement. On remarque en particulier la forte augmentation des débris de coraux (notamment des madréporaires constructeurs de récifs) au dessus de la partie inférieure sableuse. Cette augmentation est parallèle à celle des pourcentages en %CaCO₃, en aragonite et inverse de celle de la calcite magnésienne. Ce premier résultat permet déjà d'entrevoir l'importance des apports de la plate-forme dans la sédimentation du bassin.

- Carotte KK335 (fig. 35)

Profondeur : 2370m. Bas de pente au large de la côte Est de la Grande Terre.

. Lithologie : riche en sables bioclastiques, cette carotte est caractérisée par une importante allochtonie de ses éléments constitutifs. Elle comprend des boues hémipélagiques de couleur beige (5Y6/4) et des turbidites à sables bioclastiques, le plus souvent brunes (5Y5/2) et avec des débris de cuirasse latéritique ou parfois plus claires quand elles sont riches en bioclastes.

. Biostratigraphie : La totalité de la carotte se trouve dans la zone NN21.

. Variation verticale des carbonates et du Quartz : chacune des turbidites montre de fortes teneurs en CaCO₃ et en aragonite. Dans les boues, une baisse de ces deux variables se situe vers 16000 ans BP parallèlement à une augmentation du quartz.

. Éléments de la phase sableuse : il sont dominés par les débris divers non identifiables, qui évoluent ainsi que les débris continentaux de la même manière que le pourcentage de particules de taille supérieure à 63 µm. Les spicules de spongiaires augmentent en proportion dans le Würm alors qu'ils sont pratiquement inexistant au sommet de la carotte, sauf entre 12000 et 16000 ans BP au moment de la dernière glaciation. Les coraux, les algues calcaires et les débris d'échinodermes sont abondants lors du passage à l'Holocène; débris de coraux et débris continentaux évoluent parallèlement tout le long de la carotte. Les boues hémipélagiques de la partie inférieure (2m60 et 3m10) sont pauvres en foraminifères planctoniques, mais riches en foraminifères benthiques et en ptéropodes.

- Carotte KK97 (fig. 36)

Profondeur : 2365m. En bas de la pente de Thio au droit d'un ravin.

. Lithologie : de nombreuses turbidites sont visibles dans cette carotte. Les boues hémipélagiques contiennent des éléments provenant de la plate-forme. La composition des sables varie entre un pôle riche en éléments continentaux (minéraux, débris de végétaux) et un pôle plus bioclastique où dominent les débris d'organismes en provenance des communautés de plates-formes récifales. Comme dans la carotte KK335, cette distinction s'observe dans la couleur du sédiment, brune à vert kaki (10Y4/2) pour les premiers et beige clair (5Y7/2) pour les seconds.

. Biostratigraphie : une grande partie de la carotte contient le coccolithe *Emiliana huxleyi* de la zone NN21, mais dans les boues de la base de la carotte (6m50), la rareté de ce nanofossile au profit d'une dominance de *Gephyrocapsa oceanica* (pl. 1, ph. 2) permet de proposer la base de la zone NN21.

. Variation verticale des carbonates et du quartz : depuis le sommet de la carotte jusqu'à 3m50 le pourcentage de carbonate de calcium diminue dans les boues. L'aragonite montre de nombreuses fluctuations dues à la présence de sables bioclastiques. Les turbidites sont toujours riches en aragonite alors que les hémipélagites de la partie centrale de la carotte (entre 3m et 4m) et aussi entre 0,7m et 0,9m sont appauvries en ce minéral.

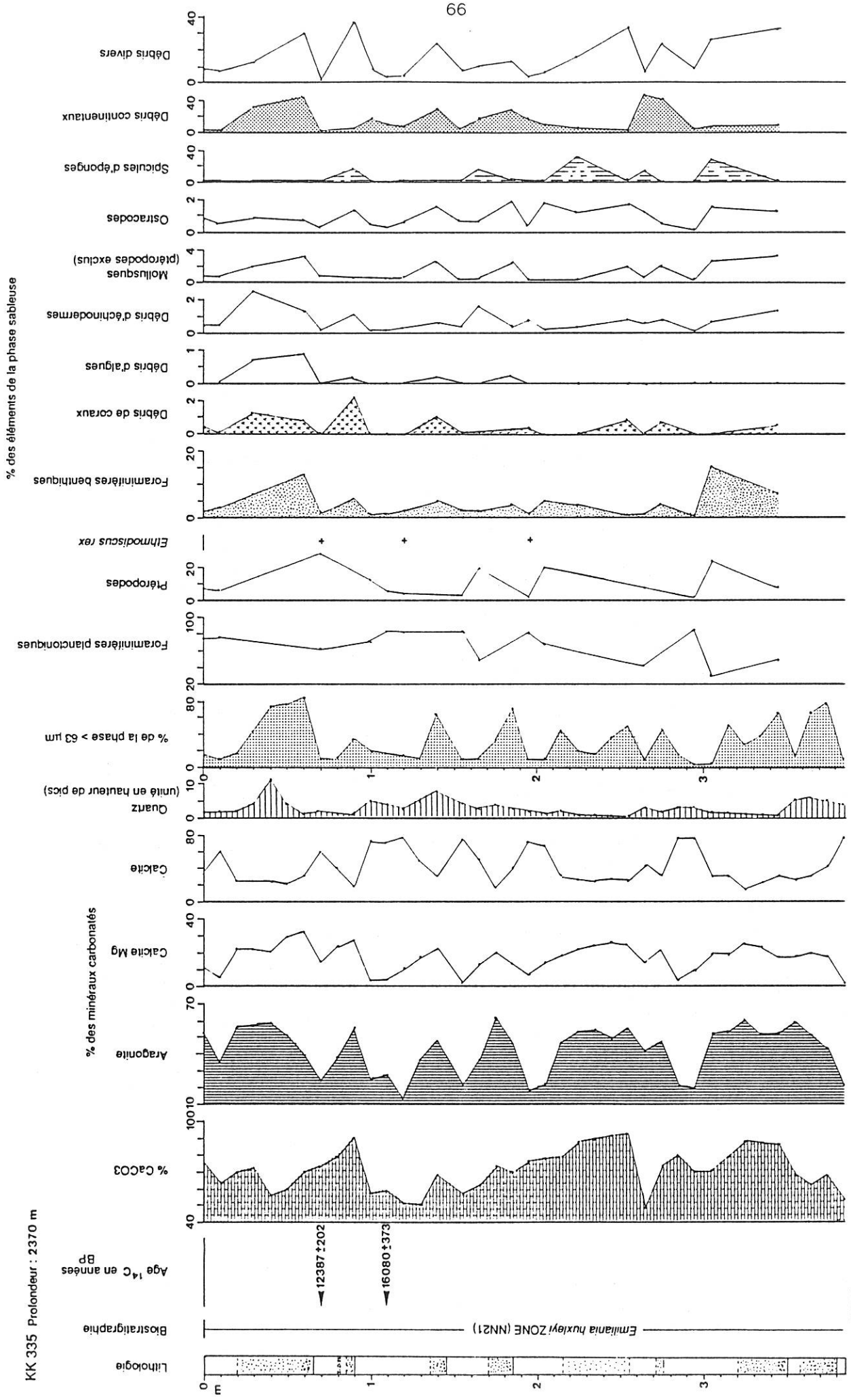


Figure 35 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 335 (au large de Thio).

KK 335 Profondeur : 2370 m

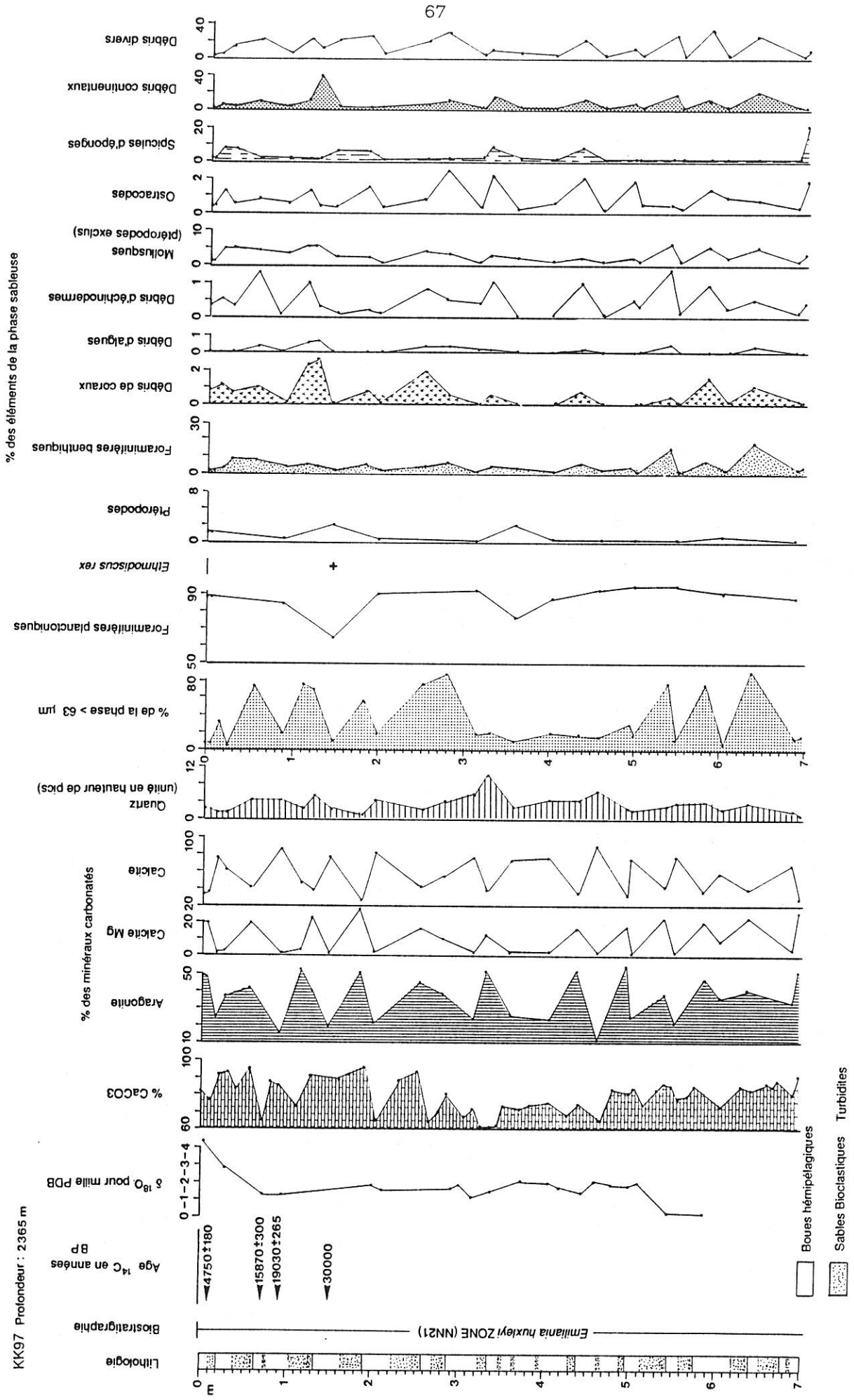


Figure 36 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 97 (boite SB 1).

. Eléments de la phase sableuse : la proportion des composants de la phase supérieure à 63 μm est liée le plus souvent à la teneur en sable. Certaines particularités sont à noter : les débris de coraux, les débris d'algues et les foraminifères benthiques évoluent suivant deux demi cycles. Un au sommet de la carotte et un autre débutant à 3m50 (voir également LIU 1988). Ces deux demi cycles se retrouvent dans les variations des carbonates totaux, de la calcite magnésienne et de la phase sableuse. Les débris continentaux et de coraux évoluent parallèlement, comme dans la carotte 335. Par contre les teneurs en débris de ptéropodes et en spicules de spongiaires d'une part et en CaCO_3 d'autre part varient de façon inverse. Un niveau contenant de nombreuses plaques d'*Ethmodiscus rex* se trouve à 1m40 sous le sommet de la carotte; nous verrons plus loin l'importance de sa position du point de vue stratigraphique et climatique.

Centre du bassin des Loyauté

- Carotte KK93 (fig. 37).
Profondeur : 2320m.

. Lithologie : très éloignée des côtes (60 km de la Grande-Terre), cette carotte présente des niveaux de sables bioclastiques peu épais contenant de faibles pourcentages de débris de faunes benthiques en provenance des plates-formes récifales ainsi que d'éléments d'origine continentale. Les boues hémipélagiques sont dominées par les foraminifères planctoniques et les coccolithes; l'allochtonie y est très faible. La couleur du sédiment est beige claire (5Y5/2) tout le long de la carotte.

. Biostratigraphie : la carotte se trouve entièrement dans la zone NN21.

. Variation verticale des carbonates et du quartz : on observe une cyclicité dans le pourcentage des carbonates totaux qui présentent deux minimums coïncidant avec ceux de l'aragonite. Le quartz et les débris continentaux présentent des variations inverses.

. Eléments de la phase sableuse : les variations sont semblables à celles de la carotte KK97, avec toutefois quelques variantes au niveau des teneurs. Les ptéropodes et les spicules de spongiaires présentent toujours une augmentation de leur effectifs à l'approche d'une baisse des carbonates. Les quelques turbidites présentes dans la carotte (en particulier à 1m95 et 3m35) renferment très peu de foraminifères planctoniques, mais en revanche de nombreux foraminifères benthiques et de ptéropodes. Dans l'ensemble, les débris issus des plates-formes récifales sont en nombre restreint (très peu de coraux, absence de débris d'algues).

Sud-Ouest de Lifou

- Carotte KK319 (fig. 38).
Profondeur : 1985m. Sur la ride Lévi.

. Lithologie : elle est formée essentiellement de boues hémipélagiques beiges (10YR7/4) avec une allochtonie très faible de la phase sableuse. Deux niveaux à verres volcaniques sont présents dans la partie inférieure de la carotte.

. Biostratigraphie : jusqu'à environ 3m55 de profondeur, l'abondance du coccolithe *Emiliana huxleyi* détermine la zone NN21. Sa disparition, l'absence de *Pseudoemiliana lacunosa* et la présence de nombreux *Gephyrocapsa oceanica* permet de ranger la partie sous-jacente dans la zone NN 20.

. Variation verticale des carbonates et du quartz : Les variations du pourcentage des carbonates totaux et de l'aragonite sont similaires. Ces oscillations sont toujours inverses de celles du quartz et présentent dans cette carotte de nombreux cycles.

. Eléments de la phase sableuse : une légère augmentation de la teneur en sable apparaît dans les niveaux à faible taux de carbonates. Dans l'ensemble de la carotte, les

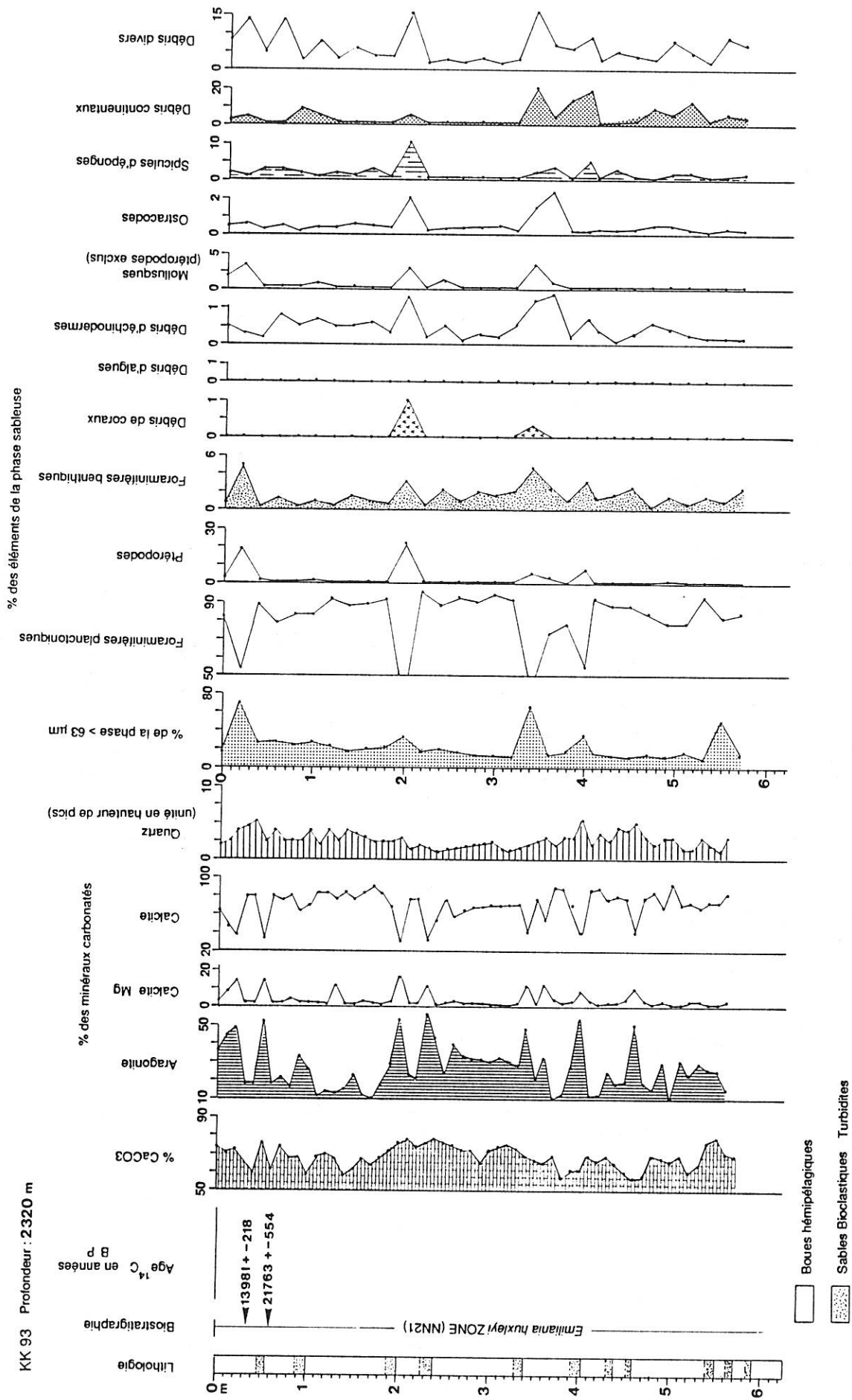
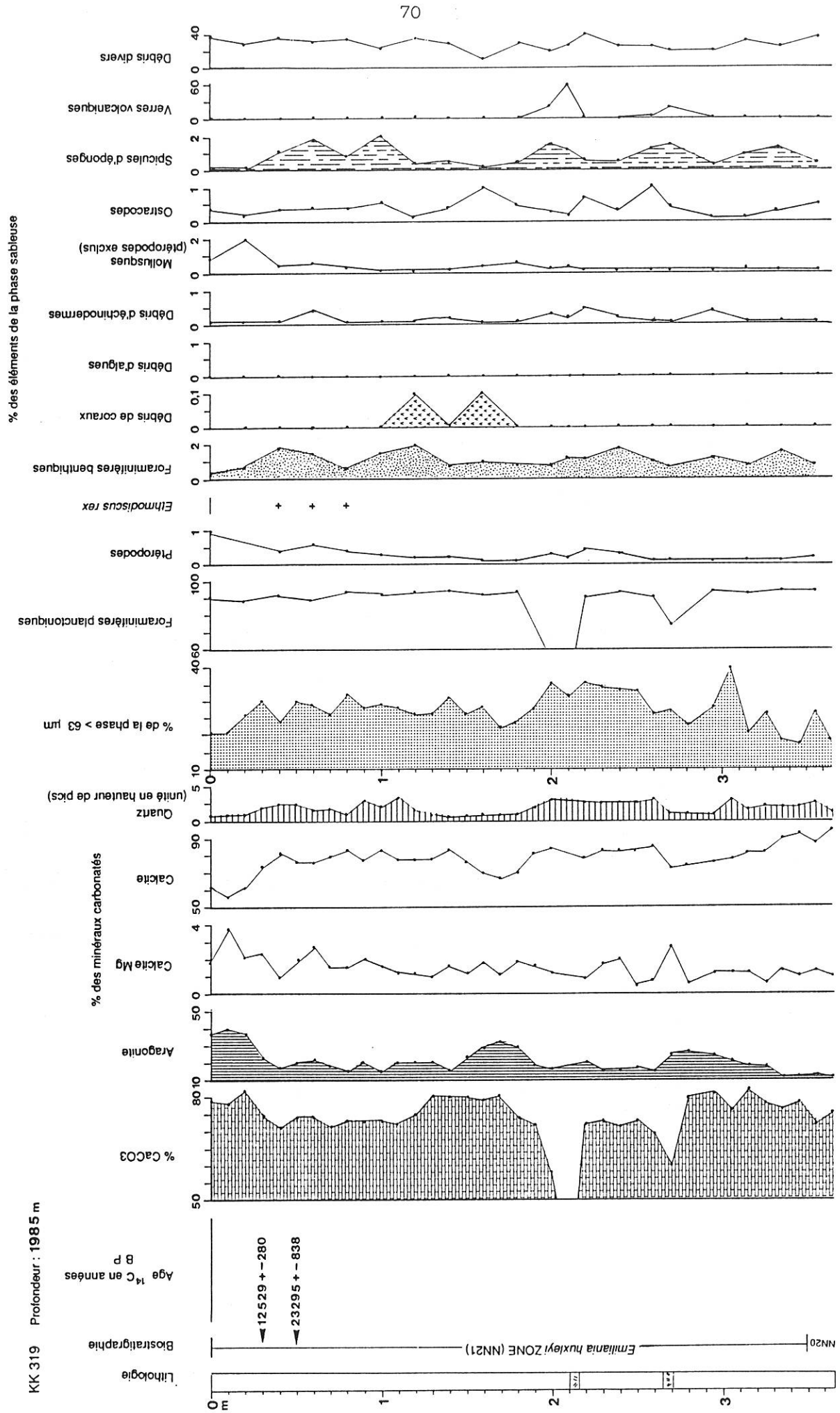


Figure 37 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 93 (centre du bassin).



KK 319 Profondeur : 1985 m

Figure 38 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 319 (boîte SB 2).

foraminifères planctoniques forment l'essentielle de la phase sableuse, sauf dans deux niveaux à verres volcaniques (2m10 et 2m70) où les spicules de spongiaires sont en proportion élevée. Les ptéropodes et les spicules de spongiaires présentent toujours le même type de variation que celui rencontré dans les autres carottes. Des niveaux riches en *Ethmodiscus rex* sont présents à 40, 60, et 80 cm sous le sommet de la carotte lors d'un épisode à faible pourcentage de CaCO₃. Les foraminifères benthiques, les débris d'échinodermes et les ptéropodes (sauf au sommet) varient en opposition avec les carbonates.

- Carotte KK88 (fig. 39).

Profondeur : 2052m. Dans un canyon parallèle à la côte Ouest de Lifou.

. Lithologie : deux turbidites à sables bioclastiques sont présentes au sommet de la carotte. Les boues hémipélagiques sont de couleur beige claire (5Y7/2) dans tout cet intervalle. Deux niveaux à verres volcaniques apparaissent à la base; ils se corrèlent très bien avec ceux de la carotte KK319. Dans la carotte KK88, la présence de niveaux riches en diatomées *Ethmodiscus rex* revêt un aspect très particulier. Au contraire des autres carottes, où les plaques des diatomées sont noyées dans la boue calcaire, il existe ici de véritables lits épais de 1 à 1,5 cm formés d'une accumulation de restes d'*Ethmodiscus rex* associés à d'autres espèces de diatomées ainsi qu'à des organismes siliceux planctoniques (radiolaires) et benthiques (spicules de spongiaires). Ces niveaux contiennent aussi des foraminifères planctoniques très bien conservés, ne présentant aucune trace de dissolution.

. Biostratigraphie : L'ensemble de la carotte se situe dans la zone NN 21. Cependant, l'espèce *E. huxleyi* se raréfie dans la partie inférieure de la succession.

. Variation verticale des carbonates et du quartz : comme dans la carotte KK319, une cyclicité apparaît dans la répartition du CaCO₃. Les fortes teneurs sont bien corrélables avec les pics de l'aragonite. Le quartz présente une évolution inverse.

. Éléments de la phase sableuse : les formes benthiques (ostracodes, mollusques, débris de coraux et d'algues calcaires) augmentent en proportion au niveau des variations majeures des carbonates (de 80cm jusqu'au sommet et de 2m40 à 4m40). Les spicules de spongiaires ainsi que les niveaux à diatomées se multiplient au cours des périodes de faibles teneurs en carbonates totaux. Cette particularité, comme on le verra plus loin, est générale à toutes les carottes.

- carotte KK258 (fig. 40).

Profondeur : 1750m. Pente au large de Lifou.

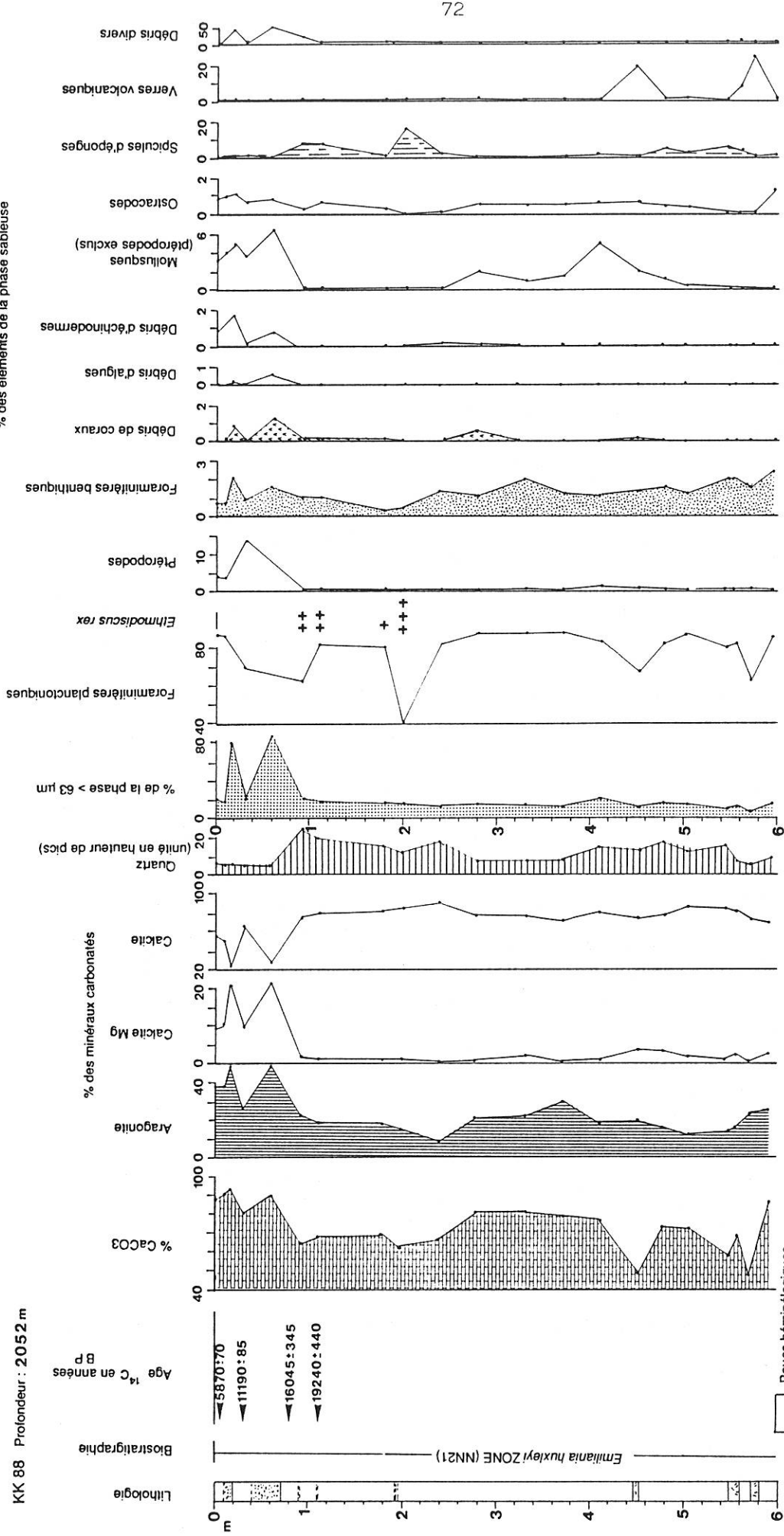
. Lithologie : la carotte est constituée dans sa totalité de boues hémipélagiques claires de couleur brun-orangé (10YR7/4) avec une teneur en sable importante. Un niveau à verres volcaniques se situe à 1m65 de profondeur.

. Biostratigraphie : la totalité de la carotte se situe dans la zone NN21.

. Variation verticale des carbonates et du quartz : de 50cm à 3m, les carbonates totaux ont des pourcentages relativement faibles. Cette baisse correspond à une augmentation du quartz. L'aragonite et le carbonate total suivent la même évolution (baisse de 25 % de la teneur relative en aragonite entre 0m40 et 0m80).

. Éléments de la phase sableuse : le pourcentage en particules de taille supérieure à 63 µm est élevé dans tous les échantillons. Cette forte teneur est due à la proximité de l'île de Lifou. Les formes benthiques (mollusques, ostracodes, échinodermes, coraux) présentent des proportions élevées surtout à l'approche des augmentations en carbonates. Les spicules de spongiaires se comportent de la même façon que dans les autres carottes,

% des éléments de la phase sableuse



KK 88 Profondeur : 2052 m

Age ¹⁴C en années BP
 5870 ± 70
 11190 ± 85
 16045 ± 345
 19240 ± 440

Biostratigraphie

Lithologie

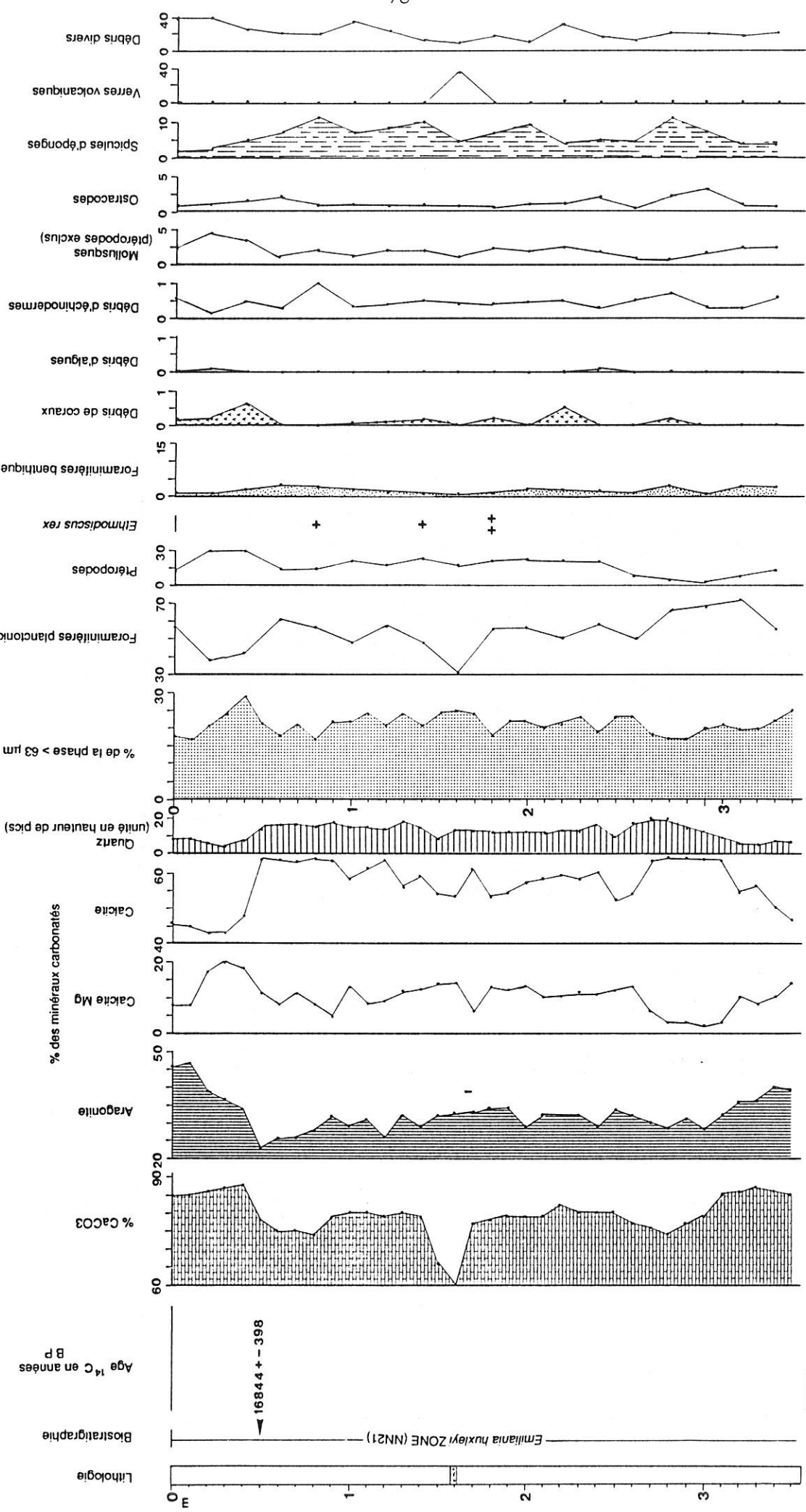
Emiliania huxleyi ZONE (NN21)

- Boues hémipélagiques
- Sables Bioclastiques
- Turbidites
- Niveaux à Verres volcaniques
- Niveaux à diatomées
- Elmmodiscus rex*

Figure 39 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 88 (boite SB 2).

% des éléments de la phase sableuse

KK 258 Profondeur : 1750 m



Boues hémipélagiques
 Niveaux à Verres volcaniques

Figure 40 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 258 (boîte SB 2).

ils augmentent pendant les périodes de faibles teneurs en carbonates (entre 0,5 et 3m). Des boues riches en *Ethmodiscus rex* se déposent durant la même période.

- Carotte KK264 (fig. 41).

Profondeur : 1440m. Haut de la pente SW de Lifou.

. Lithologie : une discontinuité sépare la carotte en deux ensembles bien distincts. Un ensemble inférieur formé d'un sédiment blanc (10YR8/2-N9) avec à la base des niveaux renfermant des éléments de grande taille, en particulier des coquilles de bivalves. Ce sédiment est caractérisé par l'abondance de coccolithes; il s'agit d'une craie de couleur blanche (pl. 1, ph. 7), contenant aussi de nombreux spicules d'ascidies. L'ensemble supérieur de la carotte est une boue hémipélagique beige (10YR7/4) renfermant une turbidite à sable bioclastique de couleur claire.

. Biostratigraphie : la partie supérieure de la carotte se situe dans la zone NN21. La craie contient de nombreux nanofossiles calcaires, en particulier les espèces *Pseudoemiliana lacunosa*, *Gephyrocapsa* sp. aff. *carribbeanica*, *Umbilicosphaera sibogae*, (pl. 1, ph. 4) *Rhabdosphaera claviger* et *Calcidiscus leptoporus*; (pl. 1, ph. 3) les deux premières, associées à l'absence de marqueurs pliocènes et pléistocène supérieur, permettent de proposer la zone NN19.

. Variation verticale des carbonates : dans l'ensemble supérieur, une baisse des carbonates et de l'aragonite est visible au niveau de la turbidite et légèrement en dessous. Au niveau de la craie et dans celle-ci, il se produit une augmentation importante de la teneur en CaCO₃. Le quartz n'a pu être quantifié dans cette carotte du fait de la faible hauteur des pics de l'enregistrement diffractométrique.

. Éléments de la phase sableuse : la teneur en sable diffère dans les deux ensembles. La craie renferme un faible pourcentage de sable. Dans l'ensemble, les éléments fauniques de la phase sableuse montrent une augmentation de leurs proportions dans la partie inférieure crayeuse de la carotte. Dans ce faciès, des niveaux de 1 à 2cm d'épaisseur (à 1m40 et 1m50) sont constitués de coquilles entières de bivalves, de débris de madréporaires centimétriques et de nombreux foraminifères benthiques de plate-forme. La turbidite du sommet de la carotte présente les mêmes caractéristiques.

Sud-Ouest de la Nouvelle-Calédonie

- Carotte KK204 (fig. 42).

Profondeur : 603m. Haut de la pente sur un interfluve.

. Lithologie : la partie supérieure de la carotte comprend un ensemble sableux entrecoupé de boues hémipélagiques. La partie inférieure est constituée d'une boue beige claire (5Y7/2).

. Biostratigraphie : l'ensemble de la carotte fait partie de la zone NN21.

. Variation verticale des carbonates et du quartz : la teneur en CaCO₃ ne varie pas le long de la carotte, malgré la présence de niveaux sableux bioclastiques. La proximité de la barrière récifale et la présence d'un large lagon la séparant de la Grande-Terre en sont sûrement la cause. L'aragonite présente un minimum vers 3m.

. Les éléments de la phase sableuse : les débris de coraux, que ce soit dans les sables bioclastiques ou dans les boues, montrent de grandes variations et de fortes teneurs, en raison de la proximité du récif-barrière. Ces dernières ne correspondent pas nécessairement aux maximums du pourcentage de la phase sableuse supérieure à 63 µm. Les débris d'algues (*Halimeda* principalement) suivent les coraux dans leur évolution. Ils deviennent nombreux à la limite de la zone sableuse et de la boue. L'abondance de ptéropodes (vers 3m), là où les pourcentages d'aragonite diminuent, paraît confirmer que

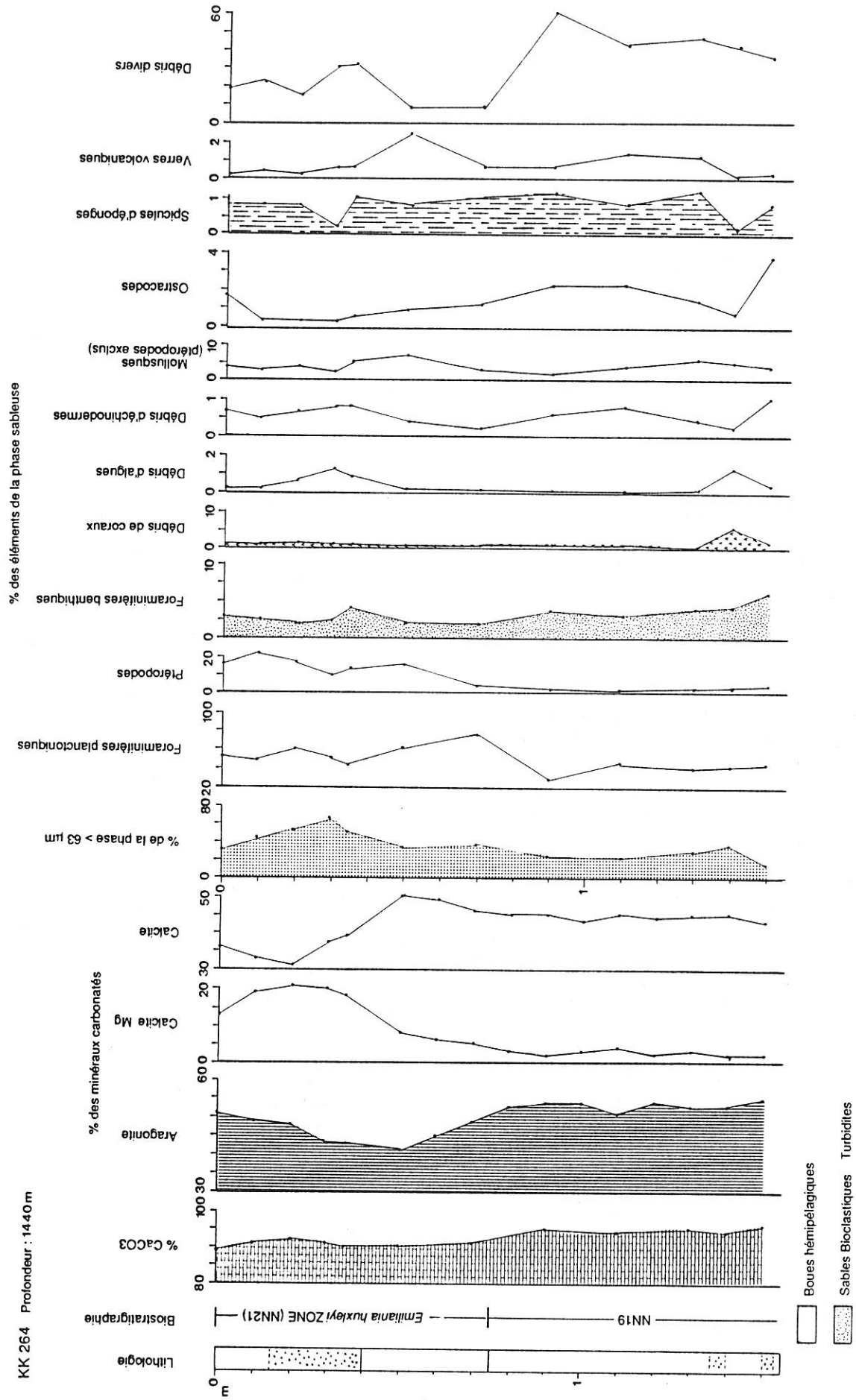


Figure 41 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 264 (boite SB 2).

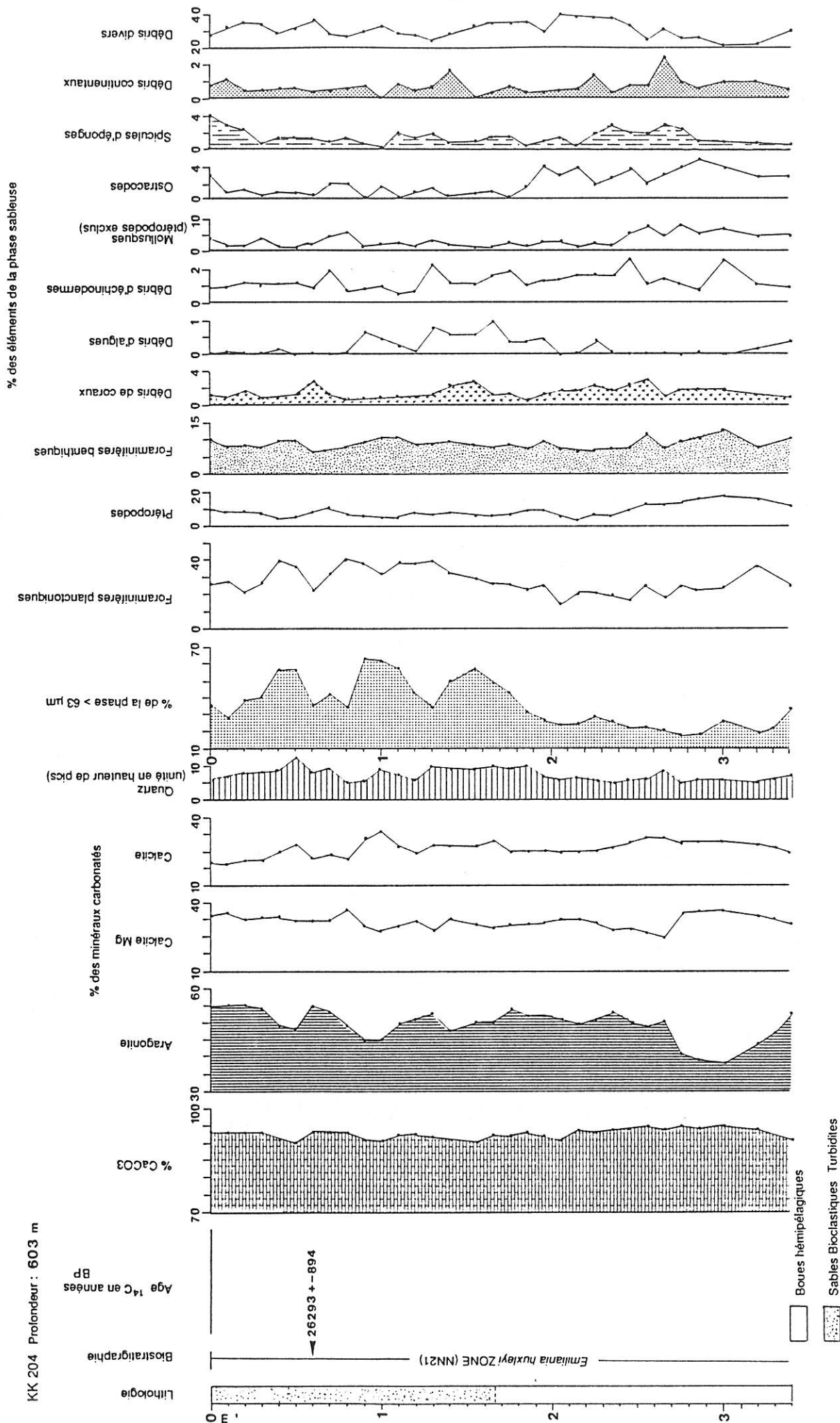


Figure 42 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 204 (boite SB 5).

les teneurs en ce minéral sont contrôlées essentiellement par les apports provenant de la plate-forme.

- Carotte KK 21 (fig. 43).

Profondeur : 2080m. Proche d'un canyon en bas de pente.

. Lithologie : la carotte présente une alternance de boue beige claire (5Y8/4) et de boue plus foncée à verte (10Y6/2) au faciès hémipélagique riche en carbone organique (LIU 1988). Ces boues contiennent de nombreux coccolithes et coccosphères (pl. 1, ph. 5).

. Biostratigraphie : la partie supérieure, jusqu'à 1m10, fait partie de la zone NN21. De 1m10 à 1m30, la zone NN20 est relayée par la zone NN19 jusqu'à 2m50. Au delà la présence de *Discoaster* et l'absence de formes du Quaternaire indiquent le Tertiaire. Un échantillon à 3m05 a montré la présence de *Discoaster pentariadatus*, de *Discoaster surculus* (pl. 1, ph. 6), de *Sphenolithus abies*, de minuscules *Gephyrocapsa* et de *Ceratolithus* du groupe *tricornulatus*; ensemble caractéristique de la zone NN14 du Pliocène moyen.

. Variation verticale des carbonates et du quartz : de nombreuses fluctuations sont décrites par le pourcentage de CaCO_3 ; mais un évènement important caractérise l'apparition du Pliocène : c'est la disparition de l'aragonite et une diminution des carbonates totaux. Les courbes de l'aragonite et du carbonate total présentent toujours des variations parallèles.

. Les éléments de la phase sableuse : même en l'absence de turbidites, le pourcentage de la phase supérieure à $63 \mu\text{m}$ varie. Certains éléments de cette phase (débris de coraux, d'échinodermes, mollusques, ostracodes) montrent une nette diminution, voir une disparition à l'approche du Pliocène, contrairement aux débris continentaux qui augmentent nettement pendant cette période. Nous verrons plus loin le rôle joué par le développement du récif au Pléistocène sur la sédimentation dans les bassins au large de la Nouvelle-Calédonie.

discussion

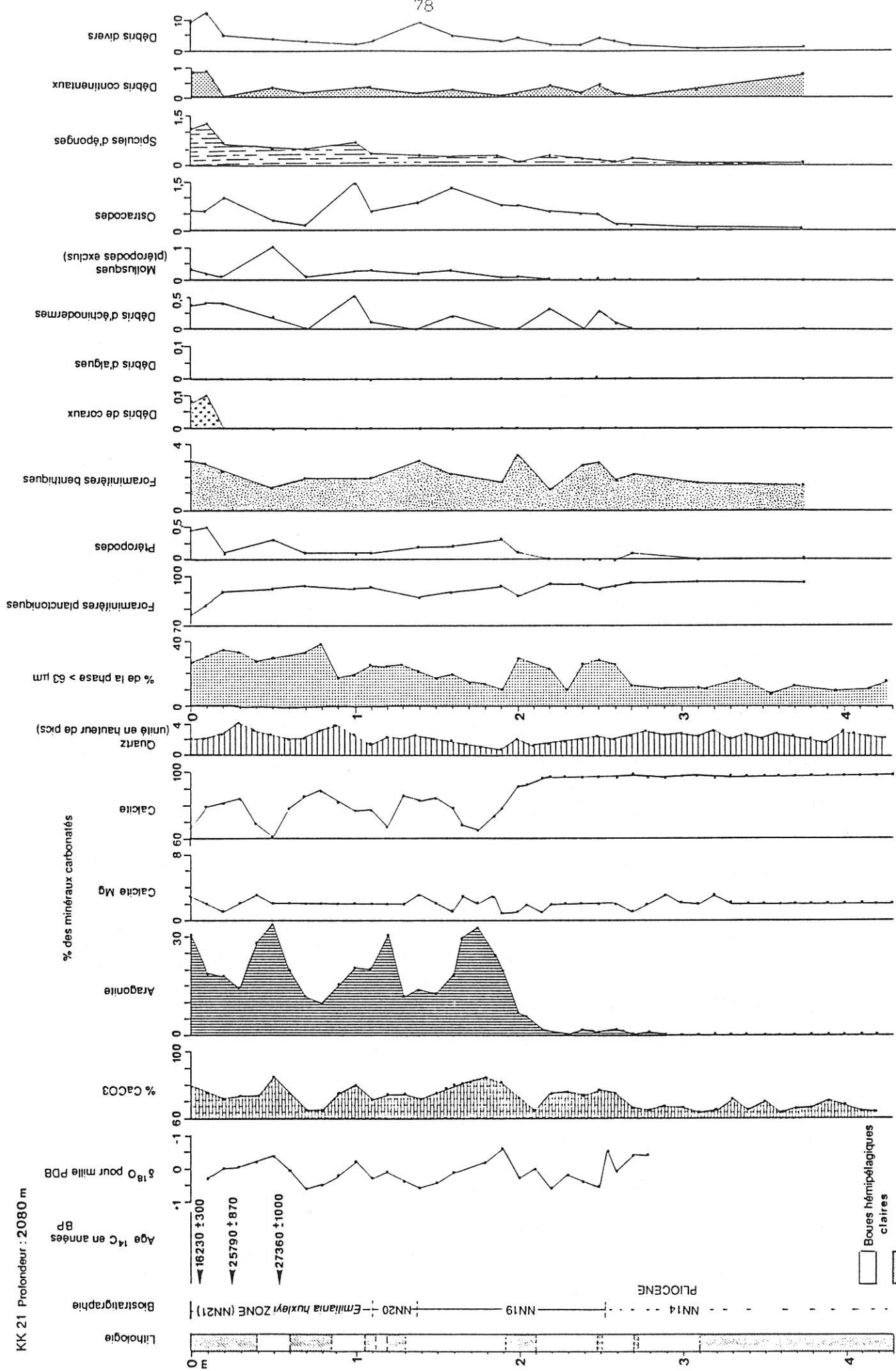
Du point de vue de la lithologie, les carottes extraites au large de Thio renferment de nombreuses turbidites, alors que ces dernières sont faiblement représentées au large de Lifou. En se dirigeant vers le centre du bassin, les restes de faunes benthiques (débris de coraux et d'algues, mollusques, débris d'échinodermes et divers) composant la phase sableuse diminuent. Les débris continentaux diminuent également depuis le sommet de la pente de Thio jusqu'au centre du bassin et sont peu représentés au SW de Lifou. Les niveaux à verres volcaniques ne se rencontrent que dans la région SW de Lifou, ils forment des lits noirs bien distincts dans les carottes.

La répartition verticale des fractions fauniques de taille supérieure à $63 \mu\text{m}$, montre dans l'ensemble plusieurs tendances :

. Dans les intervalles relativement appauvris en carbonates, les spicules de spongiaires et les organismes planctoniques siliceux (ex. *Ethmodiscus rex*) sont abondants. Les ptéropodes, ainsi que certains organismes benthiques (foraminifères, échinodermes, mollusques) se multiplient souvent au cours des transitions entre faible et forte teneur en carbonates.

. Dans les intervalles riches en CaCO_3 de certaines carottes, les foraminifères benthiques et les mollusques présentent des proportions élevées.

% des éléments de la phase sableuse



KK 21 Profondeur : 2080 m

Figure 43 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 21 (boite CR 5)

Les fluctuations de la calcite fortement magnésienne sont le plus souvent parallèles à celles de l'aragonite; dans le cas inverse, on peut penser à deux origines différentes pour ces deux minéraux où pour les carottes 231, 258 et 204 prélevées à faible profondeur, le rôle du benthos doit être important.

Ces différentes tendances sont parfois difficiles à mettre en évidence, car des évènements instantanés, comme les turbidites et les lits à verres volcaniques peuvent en masquer la présence dans les boues hémipélagiques.

3. 3. CORRELATIONS DES CAROTTES PAR RADIOCHRONOLOGIE ET CHIMIOSTRATIGRAPHIE. CONTROLES CLIMATIQUES ET EUSTATIQUES DE LA SEDIMENTATION

3. 3. 1. DATATIONS AU ^{14}C

Effectuées sur toutes les carottes, excepté la KK264, ces datations ont permis de localiser la limite Holocène-Würm correspondant à la remontée du niveau de la mer au début du dernier interglaciaire. Cette limite est datée approximativement de 13000 ans BP. Les corrélations entre les carottes mettent en évidence la chute des pourcentages de carbonates et d'aragonite à l'approche du Würm, et au contraire les fortes teneurs des dépôts holocènes. Cette variation des teneurs en carbonates, calquée sur celle des périodes glaciaires et interglaciaires, peut être utilisée pour effectuer des corrélations lithostratigraphiques basées sur la teneur en carbonates, dans un cadre biostratigraphique bien défini. Si l'on suppose une variation cyclique des teneurs en carbonates calquée sur l'alternance glaciaire/interglaciaire, la forte teneur en CaCO_3 correspondant au dernier interglaciaire devrait se retrouver dans l'interglaciaire Riss-Würm. Cela est précisément le cas, notamment dans la carotte KK 97 (fig. 36, à 5m).

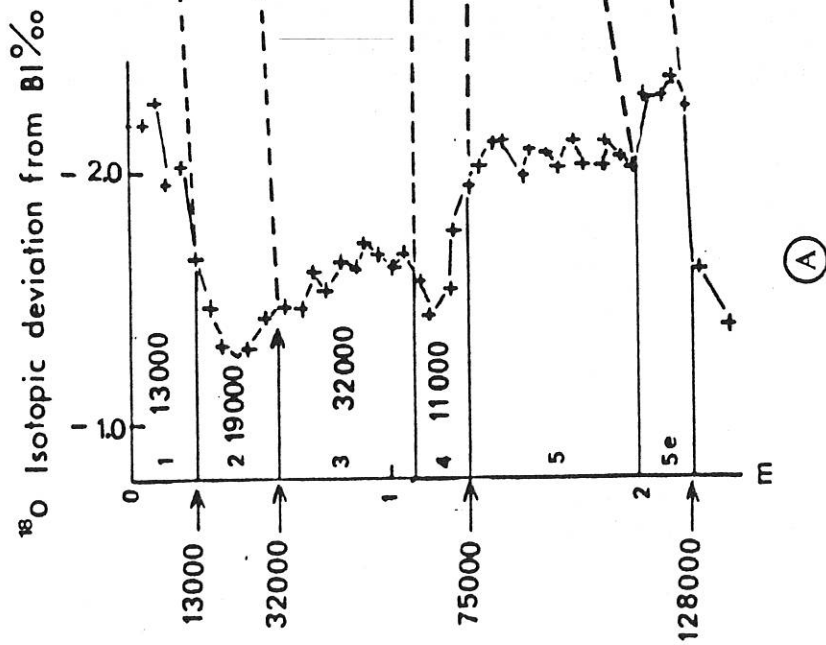
3. 3. 2. DETERMINATION DES PERIODES GLACIAIRES ET INTERGLACIAIRES DANS LA CAROTTE KK97. LIAISON AVEC LES TENEURS EN CARBONATES

Une courbe des variations du $\delta^{18}\text{O}$ du foraminifère planctonique *Orbulina universa* a été construite dans la carotte KK 97. Cette courbe, comparée à celle de SHACKLETON & OPDYKE (1973) du Pacifique équatorial (fig. 44) permet de délimiter les périodes glaciaires et, plus précisément, les limites des stades isotopiques au sein de ces périodes. Trois maximums isotopiques sont corrélés entre les deux courbes; ils correspondent aux stades isotopiques 2, 4 et 6. Ces maximums reflètent un refroidissement climatique global. Les corrélations entre les courbes donnent les limites suivantes dans la carotte KK97 :

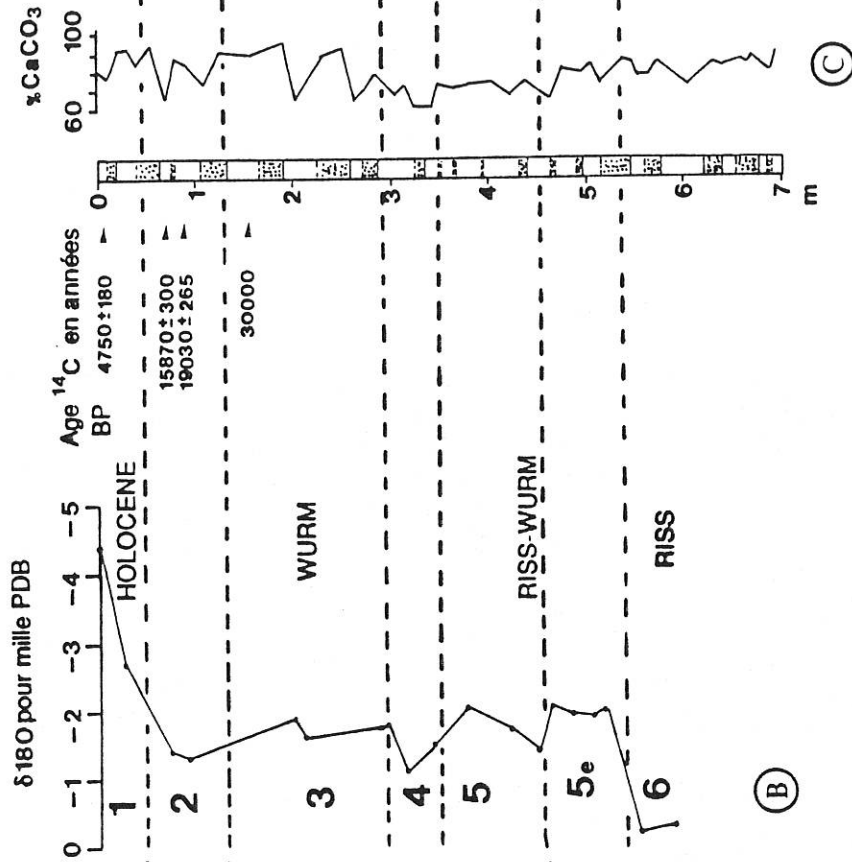
- Limite 1-2 à 49 cm
- Limite 2-3 à 133 cm
- Limite 3-4 à 294 cm
- Limite 4-5 à 350 cm
- Limite 5-6 à 532 cm

Du point de vue de la chronologie glaciaire, l'Holocène correspond au stade isotopique 1, le Würm aux stades 2, 3 et 4, le Riss-Würm aux stades 5 et 5e, le stade 6 marquant la fin du complexe glaciaire rissien.

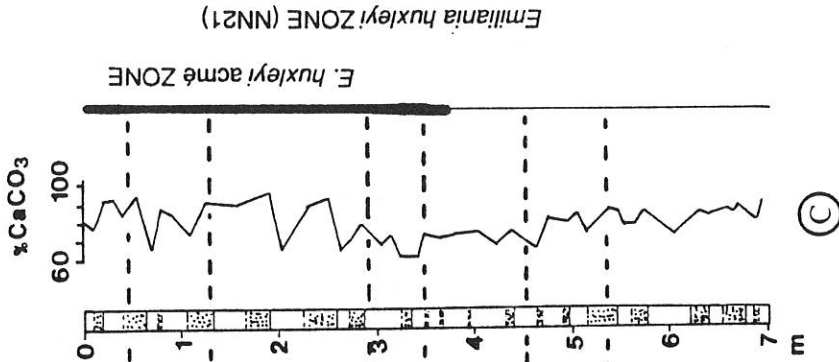
Malgré la présence de nombreuses turbidites, la liaison avec les teneurs en CaCO_3 apporte des informations intéressantes. Les deux périodes de froids maximums dans le Würm (0,8m et 3m20) correspondent à une baisse importante des carbonates dans les boues. Le passage à l'Holocène est caractérisé par une remontée de la teneur en carbonates; il en est de même pour le passage du Würm à l'interglaciaire Riss-Würm.



Carotte V 28-238 du Pacifique équatorial
(Shackleton et Opdyke 1973)
1 à 5 : stades isotopiques



Carotte KK97 Nouvelle-Calédonie
Bassin des Loyauté SB 1
1 à 6 : Stades isotopiques



Emiliania huxleyi acmé ZONE (NN21)

Figure 44 - Corrélation entre les courbes du $\delta^{18}\text{O}$ de la carotte KK 97 (B) du bassin des Loyauté et celle de la carotte V28-238 (SHACKLETON & OPDYKE 1973) (A). Liaison avec les dates ^{14}C et les fluctuations des teneurs en CaCO_3 de la carotte KK 97 (C).

3. 3. 3. CORRELATIONS DES CAROTTES ENTRE LA ZONE B 1 ET LE CENTRE DU BASSIN DES LOYAUTE GRACE AUX COURBES DE VARIATION DES TENEURS EN CARBONATES

Une première tentative de corrélation des carottes entre elles a été proposée par LIU (1988) à partir des séquences de turbidites. Elle va permettre de corroborer les corrélations par les carbonates entre les carottes KK97 et KK93 (fig. 45). Comme on l'a vu précédemment deux fait majeurs ressortent :

- Pendant les périodes interglaciaires (Holocène et Riss-Würm), les boues présentent de fortes teneurs en CaCO_3 .

- Pendant les périodes glaciaires (Würm en particulier), elles renferment moins de carbonates, malgré la présence de nombreuses turbidites riches en aragonite.

Les variations verticales des teneurs en aragonite sont plus difficile à mettre en évidence, du fait de la présence de turbidites en nombre important. Malgré cela, une tendance se dégage, avec de faibles teneurs dans les boues hémipélagiques pendant les périodes froides.

Cette constatation va permettre d'étendre les corrélations à d'autres carottes qui n'ont pas été datées par les variations du $\delta^{18}\text{O}$ (fig. 45).

Au large de Thio, la carotte KK97, très bien datée, va servir de point de départ pour les corrélations avec les autres carottes. Pour ce qui est de la limite Holocène- Würm, sa position est déterminée par les datations au radiocarbone. Dans tous les cas elle correspond à une variation importante des carbonates totaux. L'intervalle Würmien se rencontre en totalité dans les carottes KK97 et KK93; dans cette dernière sa base coïncide avec une diminution des quantités de carbonates totaux et une séquence turbiditique (LIU 1988) déterminées dans la carotte KK97. La carotte KK335 ne présente qu'une partie du Würm avec une tendance à la baisse des carbonates dans les boues depuis la limite de l'Holocène jusqu' à la base de la carotte. La carotte KK 231 est marquée à la fin du Würm par le dépôt d'un corps peu carbonaté riche en débris de végétaux et autres débris continentaux.

3. 3. 4. CORRELATIONS PAR LES COURBES DES TENEURS EN CaCO_3 ET EN ARAGONITE AU SUD-OUEST DE LIFOU

La limite Holocène-Würm est toujours bien déterminée par les datations au ^{14}C . Elle correspond au début d'une remontée des teneurs en carbonates totaux et en aragonite au cours du dernier interglaciaire. La cyclicité des teneurs en carbonates et en aragonite, calquée sur celle des fluctuations glaciaire/interglaciaire, se retrouve dans les carottes KK319 et KK88, pour les périodes Riss-Würm et Riss. Grâce aux corrélations, on voit que la carotte KK 258 contient un niveau à faible teneur relative en carbonates correspondant à la totalité du Würm (fig. 46).

Deux niveaux à verres volcaniques à la base des carottes KK 319 et KK 88 permettent d'améliorer et de confirmer les corrélations chimiostratigraphiques.

De la carotte KK 258, la plus proche de Lifou, à la carotte KK 319 la plus éloignée (sommet de la ride Lévi), on peut noter une diminution du taux de sédimentation, signalé par le contraction des cycles carbonatés, mais aussi par une remontée de la zone NN20 qui se trouve à faible profondeur dans la carotte KK 319. Cet éloignement de la côte se marque également par une allochtonie de moins en moins prononcée des restes d'organismes de la phase sableuse. La position particulière de la carotte KK 319 sur la ride Lévi justifie aussi un défaut d'alimentation.

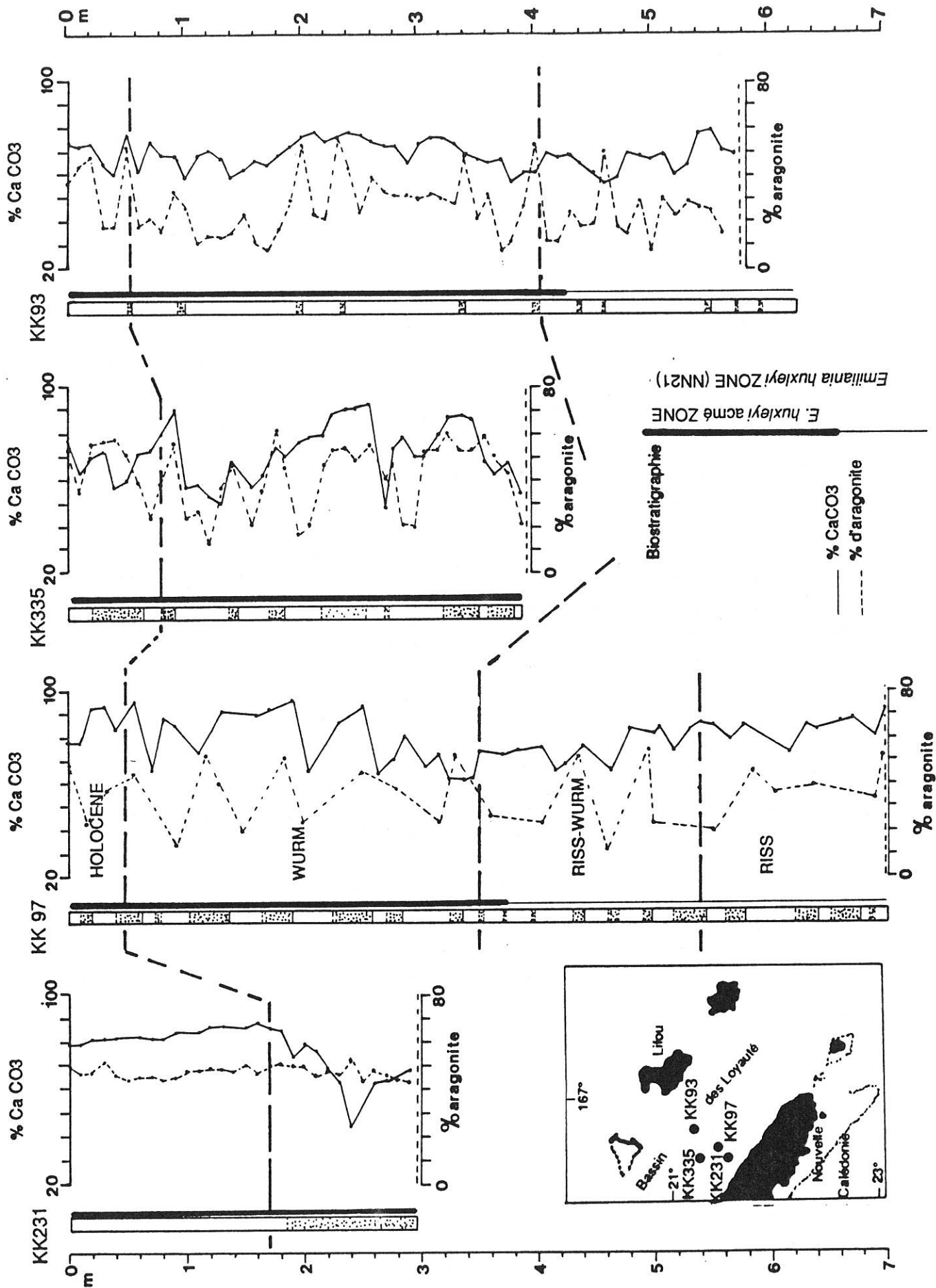


Figure 45 - Corrélation des courbes des carbonates totaux et du % d'aragonite entre la

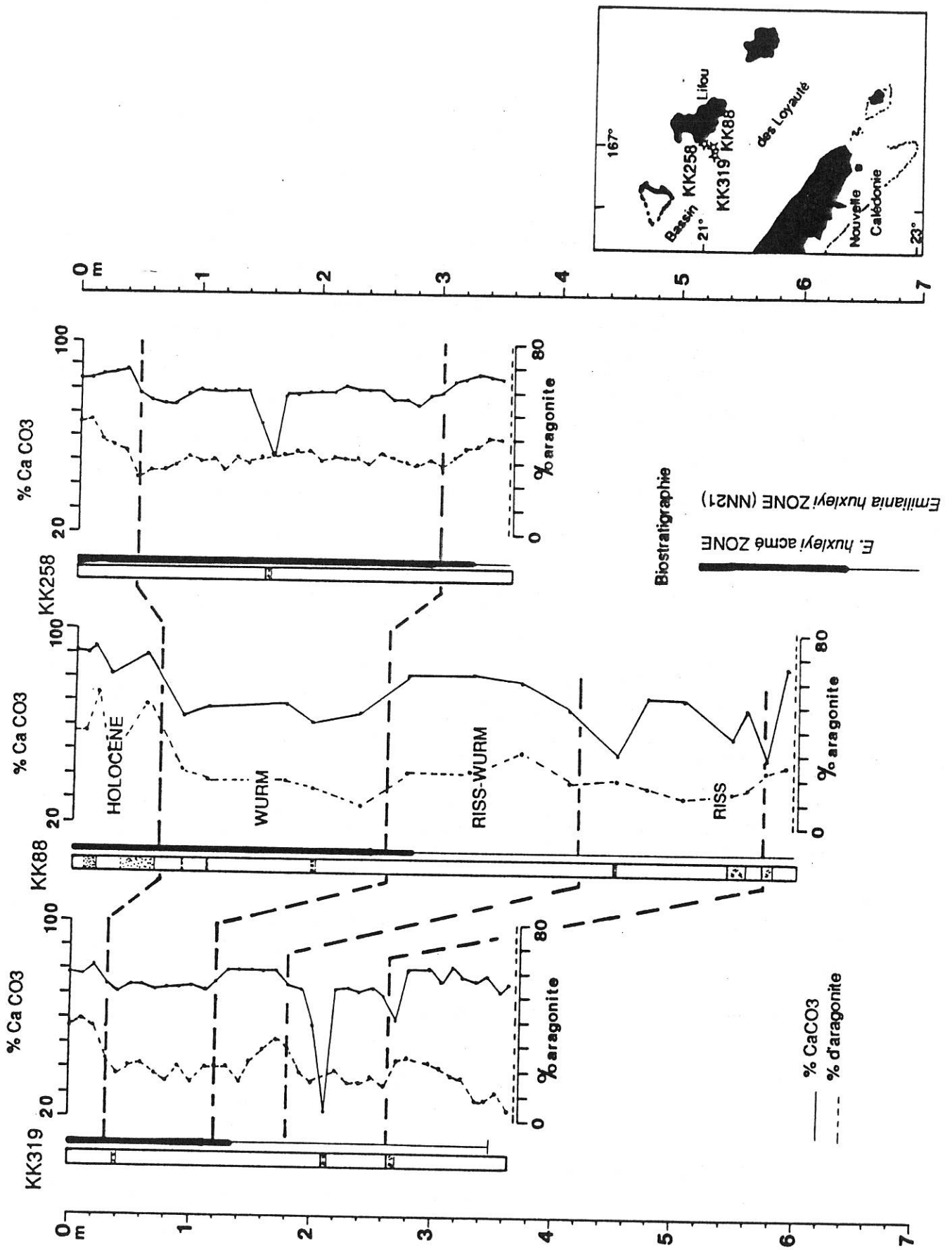


Figure 46 - Corrélation des courbes des carbonates totaux et du % d'aragonite dans la zone B2 et au SW de Lifou

Comme on l'a vu précédemment ces corrélations ne sont possible que dans un cadre biostratigraphique bien défini, appuyé par les datations au radiocarbone pour la partie supérieure des carottes et par l'acmée à *Emiliana huxleyi*. Pour la partie inférieure des carottes (en dessous du Wüm), ces corrélations sont à prendre avec prudence car ne reposant que sur les variations des carbonates totaux et de l'aragonite, mais figurant toujours dans la zone NN21.

En conclusion, les cycles carbonatés sont calqués sur l'alternance périodes glaciaires/interglaciaires. Aux périodes glaciaires correspondent de faibles teneurs relatives en carbonates et en aragonite dans toutes les carottes du bassin des Loyauté; le contraire se produit pendant les périodes interglaciaires. Ces variations, comme nous le verrons, sont dues principalement aux développements des récifs lors des remontées du niveau de la mer. Cette croissance des récifs est enregistrée dans le bassin par une augmentation de l'apport d'aragonite; elle est bien mise en évidence dans la carotte KK21. Au large de Thio où le système sédimentaire est mixte, l'analyse des flux montrera plutôt une variation dans les apports terrigènes, donc une dilution des carbonates. Certains auteurs discutant de l'influence majeure des récifs sur la sédimentation de périplate-forme, ont considéré la dissolution des carbonates (en particulier de l'aragonite) comme un facteur non négligeable (DROXLER & SCHLAGER 1983, 1985a et 1986). En Nouvelle-Calédonie, les profondeurs des stations de prélèvement sont faibles, certainement au dessus de la lysocline de l'aragonite; de plus les fragments carbonatés présentent peu de traces de corrosion chimique. Les fragments d'échinodermes (calcite fortement magnésienne), présentent des traces de biocorrosion (AMEZIAME-COMINARDI et ROUX 1987) suggérant un rôle important de la dégradation biologique des bioclastes. De plus, dans les boues hémipélagiques, le pourcentage de ptéropodes est le plus souvent, corrélé négativement avec les teneurs en aragonite.

3. 3. 5. FLUCTUATIONS DU DEVELOPPEMENT RECIFAL AU QUATERNAIRE. ENREGISTREMENT DANS LA CAROTTE KK 21

Traversant la totalité du Quaternaire et une partie du Pliocène, cette carotte représente un bon enregistrement, dans les boues hémipélagiques du bassin de Nouvelle-Calédonie, de l'histoire du récif SW de la Grande-Terre. La faible épaisseur du Quaternaire dans cette carotte suggère certaines discontinuités dans l'enregistrement sédimentaire, mais rien n'a permis de les déceler.

Quatre phases de croissance ont été caractérisées dans le récif-barrière du Sud-Ouest de la Nouvelle-Calédonie par le forage Ténia (fig. 47) (COUDRAY 1976). Elles ont été mises en évidence par l'étude des structures sédimentaires, du type de cimentation, de la composition et du type de liaison de la macrofaune, ainsi que par l'analyse des successions de deux groupes dominants : les madréporaires et les algues calcaires. Les âges des différents complexes récifaux ont été déterminés à l'aide du carbone 14 et par la méthode $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$; ils montrent un lien avec les variations du niveau de la mer, donc avec les variations climatiques.

Le complexe récifal de base se serait développé pendant la phase chaude post-Nebraskan (post-Gunz) correspondant à l'interglaciaire Aftonian (Gunz-Mindel). Le deuxième complexe daterait de l'interglaciaire Yarmouth (Mindel-Riss) et l'émersion qui suit serait due à la glaciation Illonian (Riss). Le troisième complexe correspondrait à l'interglaciaire Sangamon (Riss-Würm) et sa phase d'émersion terminal à la glaciation Würm. Enfin le quatrième complexe correspond à l'interglaciaire actuel (Holocène).

Si l'on se réfère au tableau stratigraphique précédent (tab. 5), il existe d'après les données stratigraphiques d'ERICSON & WOLLIN (1968), modifiées par COUDRAY (1976), deux interglaciaires pendant la zone NN19 (un au début et un vers la fin), une période chaude pendant la zone NN20 et le début de la zone NN21 et un interglaciaire à la fin de la zone NN21.

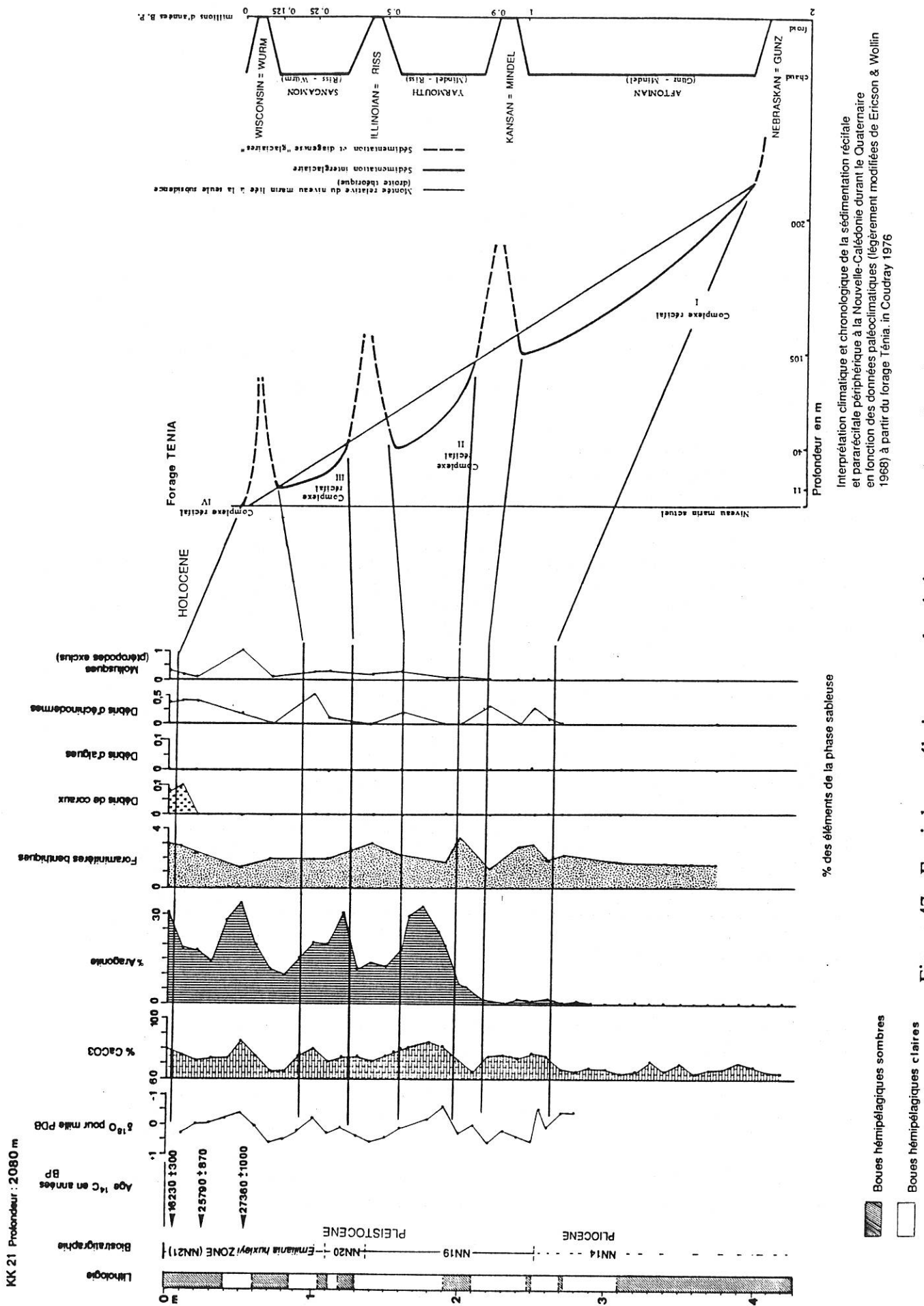


Figure 47 - Essai de corrélation entre les événements carbonatés et isotopiques dans la carotte KK 21 avec la succession récifale traversée par le sondage Ténia (COUDRAY 1976).

Les phases majeures du développement récifal doivent correspondre dans le bassin à une augmentation des pourcentages en carbonates et en aragonite; inversement, la disparition de l'aragonite et la faible quantité de carbonate dans les boues pliocènes vérifient bien l'inexistence des récifs à cette époque (COUDRAY 1976).

Dans la zone NN19 du Pléistocène inférieur, deux maximums de carbonates et d'aragonite, dont un seul est bien marqué, sont présents. Ils correspondent aux interglaciaires Aftonian et Yarmouth. Au cours de la période chaude suivante, le Sangamon (Riss-Würm), une augmentation des carbonates et de l'aragonite apparaît au passage des zones NN 20 et NN 21. Un réchauffement mineur pendant le Würm, distingué par la courbe des variations du $\delta^{18}\text{O}$ à 50cm et correspondant au stade isotopique 3 (COTILLON et al. 1989a), entraîne aussi une augmentation des carbonates et de l'aragonite. Ce réchauffement n'apparaît pas dans le forage Ténia. Le dernier interglaciaire (Holocène) est amorcé dans la carotte, que se soit pour les carbonates totaux ou pour l'aragonite, par une remontée des teneurs. Avec chaque pic de ces teneurs coïncide une diminution du rapport isotopique de l'oxygène indiquant un réchauffement (fig. 47).

Cette constatation va dans le sens des observations faites sur les autres carottes, où la cyclicité des courbes des carbonates et de l'aragonite était déjà pressentie comme une réponse à l'alternance des périodes interglaciaires et glaciaires.

Le parallélisme entre les courbes de l'aragonite et du pourcentage en ptéropodes (fig. 43) montre que ces formes planctoniques jouent peut-être un rôle dans les fluctuations des teneurs en carbonates; dans les autres carottes, les ptéropodes sont présents en fortes proportions pendant les périodes froides, ce qui est aussi le cas au large de la Floride (GARDULSKI et al. 1986; MULLINS et al. 1988).

La relation entre le développement récifal et les remontées du niveau de la mer en période interglaciaire a été démontrée au Bahamas (KIER & PILKEY 1971, DROXLER & SCHLAGER 1985a, BOARDMAN et al. 1986, DROXLER et al. 1983, 1988 et REYMER et al. 1988). Dans cette région, au contexte sédimentaire purement carbonaté, la réponse aux fluctuations de la croissance récifale au quaternaire est très bien représentée dans le bassin par des variations des teneurs en aragonite.

Comme dans la carotte KK21, les fortes proportions en aragonite des sédiments péribahamiens sont dues au développement des récifs pendant les périodes chaudes qui fournissent des carbonates détritiques aragonitiques au bassin; au contraire, pendant les phases d'émersion correspondent aux glaciations; l'altération météorique des récifs fournit alors très peu de matériel solide au bassin. Nous verrons que ce schéma est plus ou moins modulé par les apports terrigènes au large de Thio, mais qu'il est bien illustré au Sud-Ouest de Lifou.

3. 4. REPARTITION DE LA DIATOMÉE *ETHMODISCUS REX* ET RELATION AVEC LES EVENEMENTS CLIMATO-EUSTATIQUES DU QUATERNAIRE DANS LE BASSIN DES LOYAUTE

La carotte KK 88 comporte plusieurs niveaux d'une épaisseur de 1 à 1,5 cm renfermant des débris de plaques perforées de quelques millimètres. Ces plaques ont été attribuées par LIU (1988) à des diatomées, sans qu'un nom précis ait pu être donné.

Après une étude plus fine et des comparaisons avec des formes similaires décrites dans la littérature, ces diatomées ont été rapportées à l'espèce *Ethmodiscus rex* (pl. 2, ph. 1 et 2).

Ces diatomées ont été décrites pour la première fois en 1868 par Collingwood et sont signalées de façon constante dans tous les océans et en particulier dans les zones tropicales et intertropicales. Elles constituent à elles seules des couches sédimentaires (boues à *Ethmodiscus*) qui atteignent parfois plusieurs mètres.

Elles possèdent des frustules géants atteignant une taille d'environ 2 mm, donc visible à l'oeil nu. Dans les niveaux étudiés ici, seuls des fragments de frustules empilés les uns sur les autres ont été rencontrés, rarement des diatomées entières.

La bibliographie récente décrit deux espèces d'*Ethmodiscus*:

- *Ethmodiscus rex*;
- *Ethmodiscus gazellae*.

La distinction entre les deux espèces est très discutée, car fondée sur la disposition des pores d'individus bien conservés et entiers, ce qui est rarement le cas. Aussi, les taxons *rex* et *gazellae* sont tenus pour synonymes, rien ne prouvant qu'ils soient des espèces biologiques distinctes (JANIN 1987). Ils sont donc considérés comme des morphotypes. En conséquence, l'étude présente ne fait aucune distinction entre les deux formes; tous les débris de frustules sont ainsi attribués à l'espèce *Ethmodiscus rex*, ce que font la plupart des auteurs (GARDNER & BURCKLE 1975, TANIMURA 1981, JANIN 1987).

Dans le bassin des Loyauté, ces diatomées ont été trouvées soit en lits distincts, soit en grand nombre noyées dans la boue. Dans les carottes (fig. 48), les couches riches en *Ethmodiscus rex* se rencontrent au moment de la baisse des teneurs carbonates attribuée à la glaciation Würm, et plus précisément au moment des minimums carbonatés de l'intervalle würmien. Comme nous l'avons déjà signalé, de nombreux radiolaires (pl. 2, ph. 4, 5 et 6), des spicules de spongiaires et d'autres diatomées (pl. 2, ph.3) se rencontrent en compagnie d'*Ethmodiscus rex*.

L'origine des couches à *Ethmodiscus* a suscité un grand intérêt et beaucoup de questions. MIKKELSEN (1977) a dénombré 5 hypothèses relatives à leur formation :

1/ - Celle du bloom qui, pour le phytoplancton moderne, semble se rapporter à de courtes périodes allant de quelques jours à quelques semaines. La plupart des *Ethmodiscus rex* entières actuelles ont été en effet récoltées lors de blooms. C'est l'une des hypothèses retenues par GARDNER & BURCKLE (1975) pour expliquer leur concentration dans des boues au large de l'Afrique occidentale pendant la dernière glaciation.

2/ - Celle de l'habitat dysotrophique selon lequel *Ethmodiscus* est cantonnée en grande quantité à une profondeur particulière. Cette hypothèse n'a pas été vérifiée dans l'actuel et *Ethmodiscus rex* a été rencontrée à toutes les profondeurs.

3/ - L'hypothèse du déclin d'un taxon suggérant que *Ethmodiscus rex* est une forme déclinante dans le phytoplancton d'aujourd'hui; mais cette diatomée est encore trouvée actuellement dans toute la partie Est du Pacifique équatorial (JOHNSON 1974).

4/ - La redéposition des frustules de diatomées, qui a été envisagée lorsque celles-ci se rencontrent à l'état de débris, suppose que par leur comportement hydrodynamique ces grandes diatomées sont susceptibles d'être isolées des autres particules et en particulier des autres organismes de petite taille, diatomées comprises et de donner lieu à des concentrations mécaniques. Cette hypothèse ne peut être retenue dans le cas présent car *Ethmodiscus rex* coexiste avec de petites formes comme les radiolaires.

5/ - La dissolution différentielle, se fondant sur le fait que *Ethmodiscus rex* résiste mieux à la dissolution que les autres espèces de diatomées (WISEMAN & HENDEY 1953), est l'hypothèse retenue par MIKKELSEN (1977). Mais dans le bassin des Loyauté, cette grande diatomée a été rencontrée avec d'autres diatomées plus petites et de nombreux radiolaires ne présentant aucune trace de corrosion chimique (pl. 2, phs. 3, 4, 5 et 6).

La localisation des couches à *E. rex* dans le Würm, période glaciaire, suggère plutôt une modification courantologique. Pendant la glaciation se produit une arrivée d'eaux

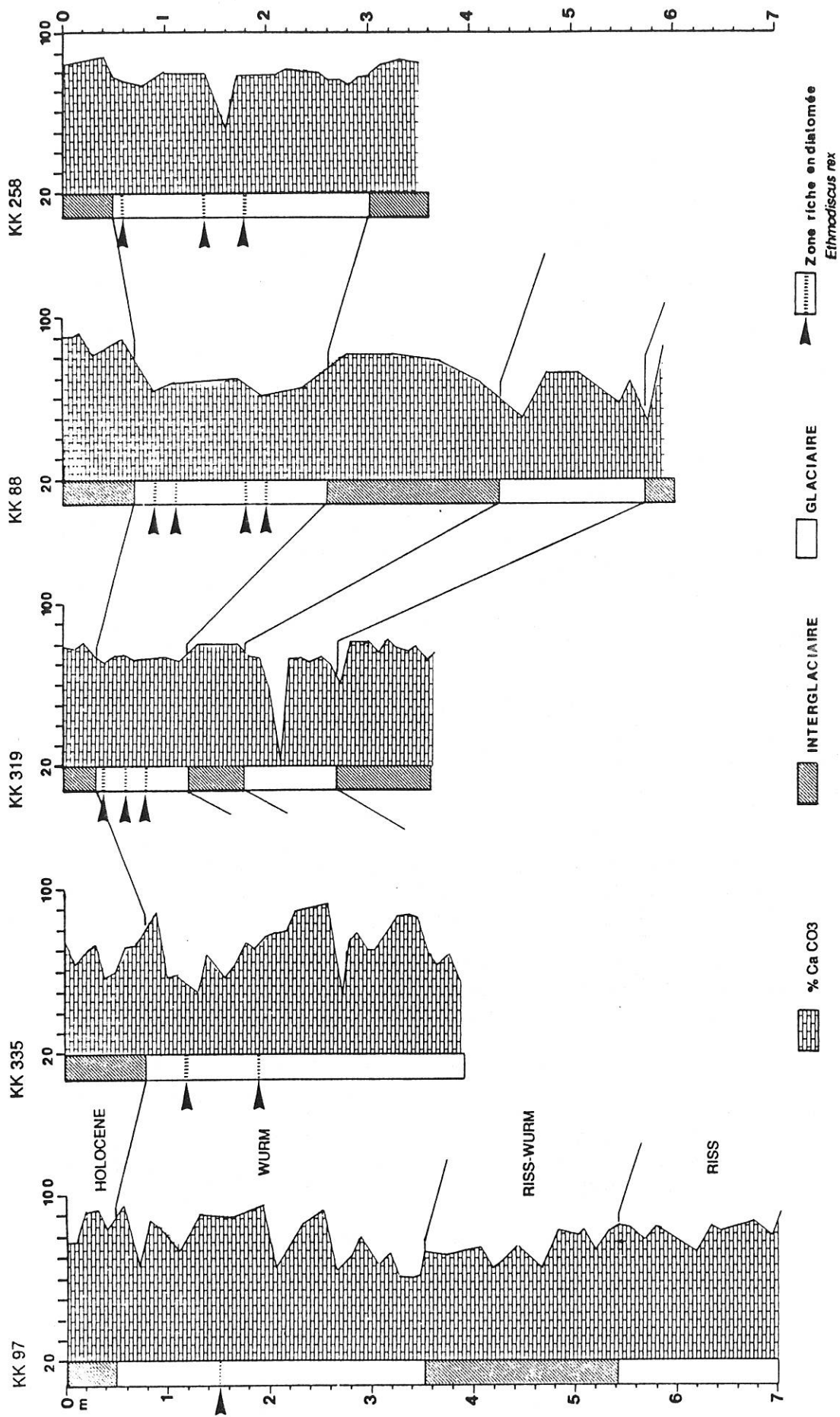


Figure 48 - Répartition des zones riches en diatomée *Ethmodiscus rex* dans 5 carottes du bassin des Loyauté, en fonction des épisodes carbonatés de périodes glaciaires et interglaciaires.

antarctiques intermédiaires et profondes plus importante, causée par la descente du front polaire en latitude. Ces eaux, chargées en éléments nutritifs et légèrement désalées, favorisent le développement des diatomées et du phytoplancton siliceux en général. Sous l'effet des forces de Coriolis, ces courants d'eaux froides sont déportés sur la bordure Est du bassin des Loyauté avec peut-être des phénomènes d'upwelling où les couches les plus riches en diatomées ont été rencontrées.

Cette modification de la structure thermo-courantologique des océans est sans doute un facteur important des variations climatiques au Quaternaire; le couple atmosphère-océan serait l'un des moteurs de la formation des glaces (BROECKER & DENTON 1988).

3. 5. COMPORTEMENT DES DIFFÉRENTES FRACTIONS PALYNOPLANCTONIQUES LORS DES VARIATIONS DU NIVEAU DE LA MER

Entreprise avec le concours de H. Méon (URA 11. Université C. Bernard Lyon), cette étude palynologique s'est appuyée sur deux carottes: KK 88, au Sud-Ouest de Lifou et KK 231, au large de Thio; elle a pour but la recherche d'une relation éventuelle entre la distribution des restes palynoplanctoniques et les variations du niveau de la mer au Quaternaire.

Ces deux carottes ont été choisies en raison de leur localisation de part et d'autre du bassin des Loyauté, supposant des différences sensibles quant à l'intensité et à la composition des flux terrigènes. L'une, KK231, est proche de la côte de Thio et à une profondeur de 531 m, l'autre éloignée de la côte de Lifou et à une profondeur de 2050 m.

- Carotte KK 88 (fig. 49) : dans ce sondage, 14 échantillons ont été étudiés, les deux supérieurs KK88-1-10 et KK88-1-68 s'étant révélés stériles. Dans tous les prélèvements, la microflore se compose d'un mélange de formes continentales et de formes marines (pl. 3, ph.2). La microflore d'origine continentale est toujours abondante et dominée par les spores de Ptéridophytes (pl. 3, ph. 5); une part souvent importante est constituée par des pollens de conifères, en particulier d'*Araucariaceae* (*Araucaria*, pl. 3, ph. 6) et de *Podocarpaceae* (*Podocarpus* spp). La microflore marine est bien représentée, mais jamais dominante; elle montre des variations importantes en liaison avec les fluctuations du niveau de la mer. Dans la partie supérieure du sondage, cette microflore est composée de dinoflagellées (genre *Impaginium*, pl. 3, ph. 4). Microforaminifères et kystes de dinoflagellées augmentent en proportions à l'approche de l'Holocène, légèrement avant la transgression flandrienne. Les kystes de dinoflagellées dominent pendant les périodes de haut niveau marin, tandis que les pollens d'*Araucariaceae* sont nombreux au cours des périodes de bas niveau; actuellement ces arbres dominent sur les couronnes récifales (LATHAM & MERCKY 1983). Pendant la chute du niveau de la mer, il se produit une exondation du récif, donc un élargissement de la couronne récifale favorisant le développement des *Araucariaceae*.

- Carotte KK 231 (fig. 49) : 8 prélèvements ont été choisis dans ce sondage où le sédiment s'est révélé beaucoup moins riche en microflore que dans la carotte 88. Le palynofaciès montre toujours d'assez nombreux débris tels que cuticules, débris ligneux (pl. 3, ph. 1). Les organismes marins sont dominés par les microforaminifères (pl. 3, ph. 3). Les différentes fractions palynologiques et planctoniques se comportent comme dans la carotte KK 88, avec toujours une dominance des *Araucariaceae* pendant la période de bas niveau marin.

Les assemblages palynologiques (pollens et spores) des deux carottes ne permettent pas de mettre en évidence des variations climatiques. On peut donc penser que le domaine insulaire néocalédonien n'avait pas enregistré de telles modifications au cours du Quaternaire, en raison semble-t-il d'un fort effet tampon du domaine océanique sur les terres émergées. Signalons par ailleurs l'absence des pollens de *Rhizophora*, indice de mangrove dans les carottes.

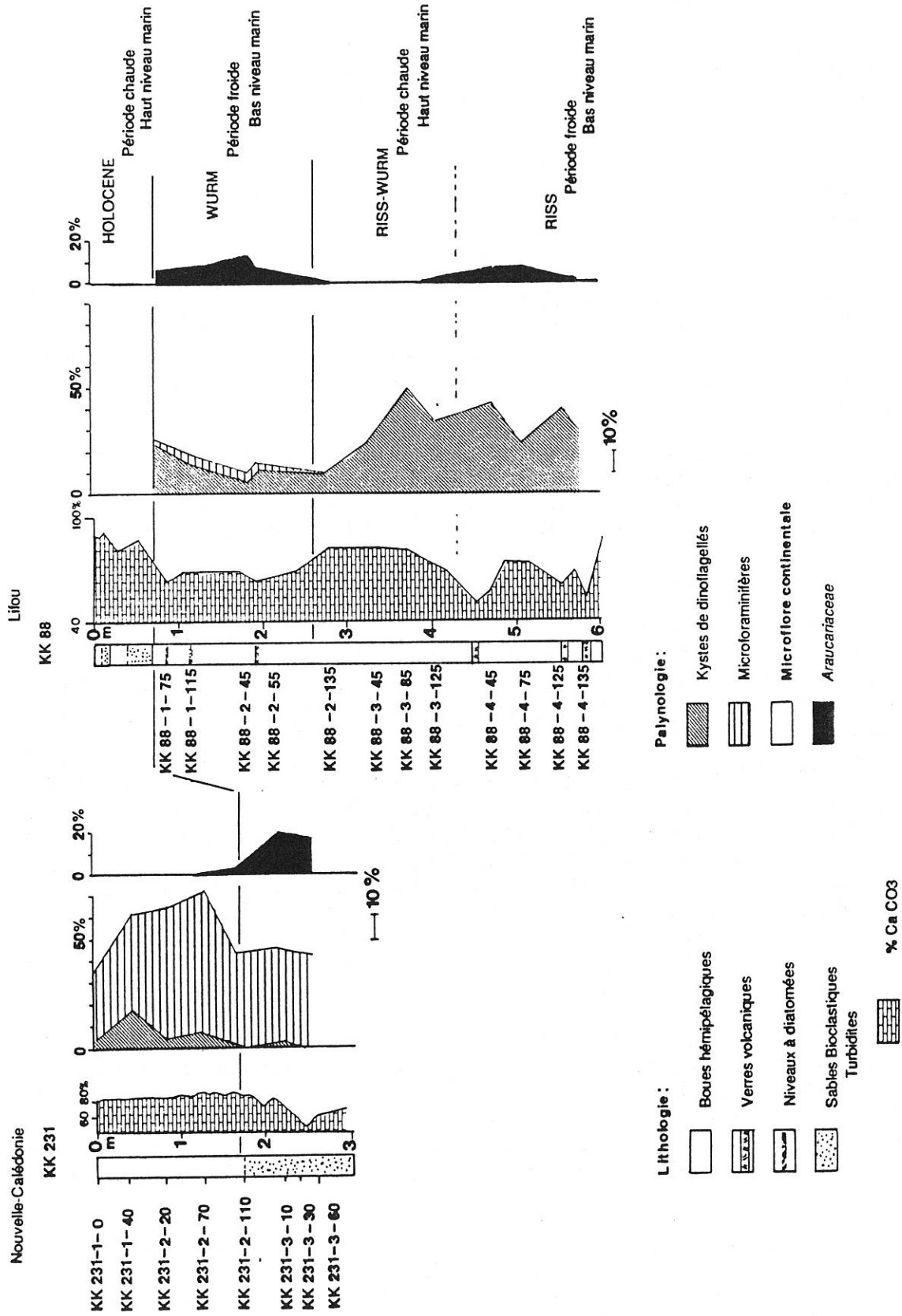


Figure 49 - Analyse palynologique des carottes KK 231 et KK 88. Liaison avec les variations des teneurs en carbonates et les périodes climatiques.

Cette étude palynologique a pu ainsi contribuer à une reconstitution des fluctuations du niveau de la mer au Quaternaire supérieur confirmant les données fournies par la sédimentologie. L'importance du domaine océanique dans les sites choisis se traduit par la forte proportion des microflores marines, mais la partie continentale malgré sa faible surface est néanmoins bien représentée dans le flux sédimentaire.

3. 6. ELEMENTS DE LA PHASE SABLEUSE

L'analyse de la phase sableuse dans 4 fractions granulométriques; 63 μm , 100 μm , 250 μm et 400 μm a révélé plusieurs particularités permettant de distinguer différentes évolutions tant verticales dans les carottes qu'horizontales entre les carottes et cela même si les fréquences des différents composants sont exprimées en pourcentages relatifs. Les différentes tendances à l'intérieur et entre les carottes se distinguent nettement.

Le pourcentage de sable conditionne le plus souvent la répartition des éléments provenant des plates-formes récifales, surtout lorsqu'il y a une forte proportion de sables bioclastiques dans les carottes. Les fréquences élevées de turbidites au large de Thio rendent difficile la visualisation de l'évolution verticale des composants des sables dans les boues ou quelquefois la masque complètement.

La répartition des éléments de la phase sableuse en fonction des périodes climatiques est la suivante :

- très peu de variation des foraminifères planctoniques dans les boues hémipélagiques, avec seulement une augmentation éventuelle de leurs proportions en période chaude, favorisée par une productivité plus forte du plancton carbonaté; il est donc difficile de quantifier ou même de distinguer par les foraminifères les variations du flux planctonique calcaire.

- dans pratiquement toutes les carottes, les ptéropodes se multiplient pendant les périodes froides, c'est à dire au moment où les carbonates voient leur pourcentage diminuer. Ces bioclastes sont aussi présent le plus souvent dans les turbidites, où parfois ils forment la totalité du sable.

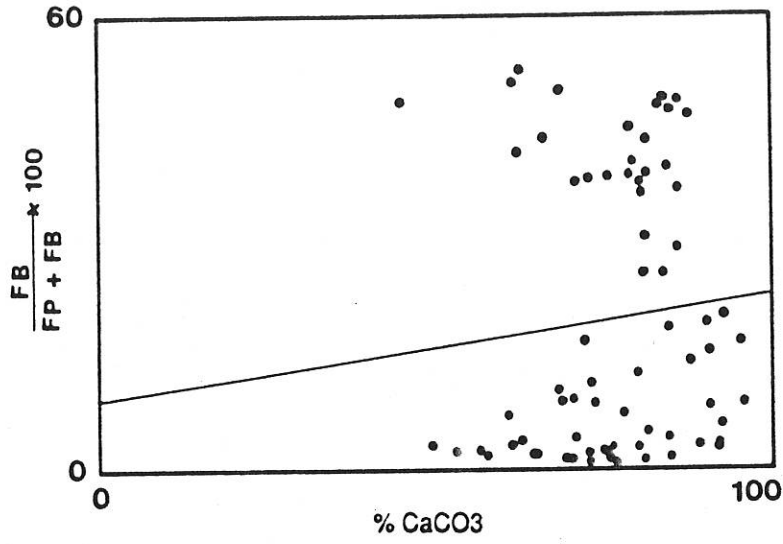
- les proportions de foraminifères benthiques, de débris de coraux et des autres organismes benthiques (mollusques, ostracodes) sont surtout liées à la présence de turbidites. Ces éléments sont nombreux en proportion au moment des remontées du niveau de la mer (KK 319, KK 258, KK 335, KK 93, KK 97). L'allochtonie de la plupart des foraminifères benthiques (formes de plate-forme carbonatée : *Calcarina*, *Amphistegina*, *Operculina*, *Amphisorus* et *Elphidium*) montrant l'importance des arrivées en provenance du domaine récifal dans le bassin (VINCENT et LAURIN 1988).

- quelle que soit la carotte, les spicules de spongiaires sont toujours bien représentés pendant les périodes froides, ceci en liaison probable, comme pour les diatomées, avec l'arrivée d'eaux froides antarctiques, riches en silice, au cours des glaciations.

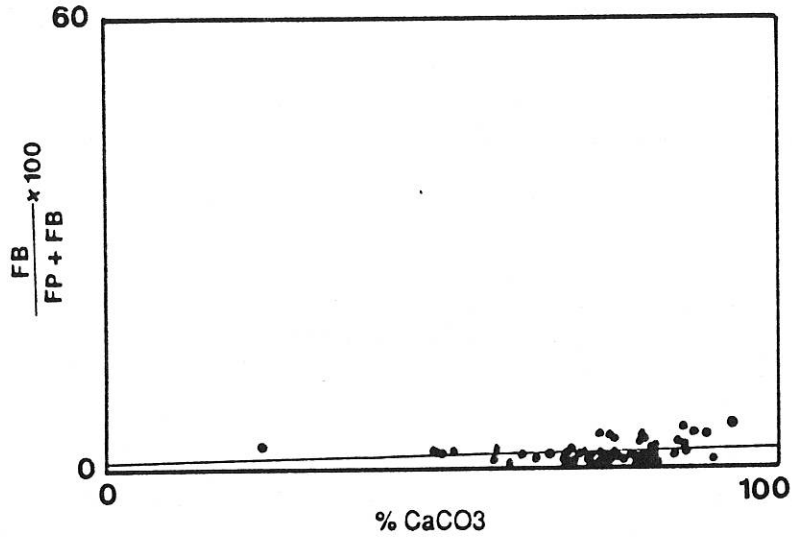
- les débris volcaniques (ponces et verres) sont bien représentés au large de Lifou; ils permettent de visualiser l'effet de la bioturbation et peuvent servir à corréliser les carottes entre elles. Ces niveaux contiennent de grandes quantités de bioclastes siliceux, en particulier de nombreux radiolaires et de spicules de spongiaires dont le développement est certainement favorisé par l'apport de silice d'origine volcanique.

Au large de Thio, les débris continentaux de la phase sableuse, composés de fragments de végétaux, de minéraux (quartz, minéraux sombres du magmatisme) et de débris de roches anciennes, ont été pris en considération, ceci en raison de la proximité de

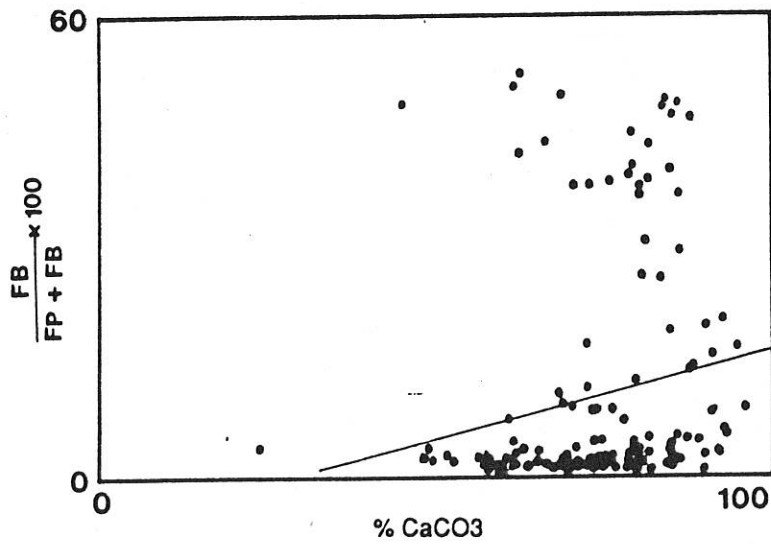
Thio



Lifou



Bassin des Loyauté



FP = % Foraminifères planctoniques
 FB = % Foraminifères benthiques

Figure 50 - Diagrammes du % en CaCO₃ en fonction du rapports FB/FP+FB X 100 pour les trois domaines.

la Grande Terre. Ces différents éléments sont liés aux turbidites. Ils caractérisent le plus souvent les bas niveaux de la mer (KK 93, KK 97).

La relation entre le rapport (proportion de foraminifères benthiques/proportion de foraminifères planctoniques+benthiques)100 et la teneur en CaCO_3 , a permis de distinguer les deux domaines au large de Thio et de Lifou. Pour le domaine purement silicoclastique, il existe une corrélation négative très bien marquée entre les deux variables (DIESTER-HAAS 1987), c'est à dire que les rapports (FB/FP+FB)100 élevés (fortes proportions de foraminifères benthiques) sont corrélés avec de faibles teneurs en CaCO_3 . Au Sud-Ouest de Lifou, la tendance est inverse : les teneurs en carbonates totaux tendent à être corrélées positivement avec le rapport (FB/FP+FB)100 (fig. 50), en raison du caractère très bioclastique des turbidites. Au large de Thio, il y a une dispersion des valeurs (fig. 50), avec des rapports très élevés caractérisant une forte allochtonie des foraminifères benthiques (très apparente aussi lors de la détermination des genres). Une corrélation existe parfois avec de faibles teneurs en carbonates, ce qui se rapproche du modèle silicoclastique.

Cette étude des éléments de la phase sableuse dans les carottes et leurs interrelations dans le contexte climato-eustatique, donnent de nombreux renseignements sur les transferts de matière et leurs modalités; elle montre en particulier que le début de la transgression (Holocène en particulier) et son apogée correspondent aux maximums de l'allochtonie et de la fréquence pour les faunes benthiques. De plus, il ressort que les fortes fréquences des turbidites au large de Thio améliorent les corrélations entre les éléments de la phase sableuse alors que la corrélation entre l'aragonite et les carbonates totaux reste faible. Au large de Lifou, tout le contraire se produit du fait de la moindre importance des turbidites dans les carottes.

3. 7. ESSAI DE BILAN : TAUX DE SEDIMENTATION, PLACE DES TURBIDITES DANS LES SEQUENCES DE DEPOTS ET FLUX SEDIMENTAIRES

L'alternance des périodes glaciaires et interglaciaires et des modalités de transferts qu'elle contrôle va déterminer des variations du taux de sédimentation en raison de l'influence du niveau marin sur la fréquence des turbidites et sur les flux sédimentaires qu'ils soient latéraux (détritisme) ou verticaux (productivité planctonique et benthique).

Le taux de sédimentation calculé pour les périodes chaudes et les périodes froides, va permettre de retrouver le type de contexte sédimentaire : silicoclastique, carbonaté ou mixte. La totalité des sédiments (turbidites et sables bioclastiques compris) sera pris en compte pour les calculs.

3. 7. 1. VARIATIONS DU TAUX DE SEDIMENTATION

Dans chaque carotte, on calcule un taux de sédimentation moyen pour les périodes chaudes (Holocène, Riss-würm) et un autre pour les périodes froides (Würm, Riss). Ces valeurs sont portées sur un diagramme bivarié, avec le taux de sédimentation en période glaciaire (cm/1000 ans) en abscisse et le taux de sédimentation en période interglaciaire (cm/1000 ans) en ordonnée (fig. 51). Ce type de diagramme a été utilisé par DROXLER & SCHLAGER (1985a) pour des carottes quaternaires provenant des Bahamas et témoignant de taux de sédimentation élevés pendant les périodes interglaciaires, ainsi que pour des carottes de même âge provenant du cône de l'Amazone et montrant le phénomène inverse.

Pour la carotte KK 97 au large de Thio, le taux de sédimentation en période glaciaire est de 4,9 cm/1000 ans et de 3,4 cm/1000 ans en période interglaciaire. Le point représentatif sur le diagramme (fig. 51) est proche du domaine silicoclastique, ce qui est

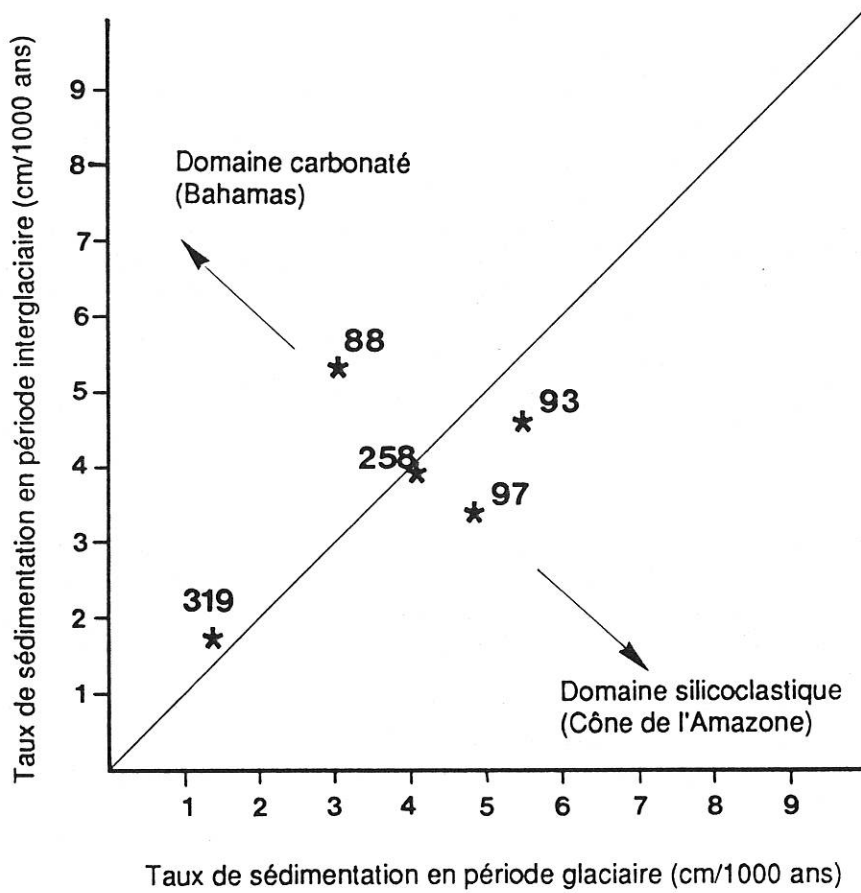


Figure 51 - Diagramme du taux de sédimentation moyen (cm/1000 ans) en période glaciaire en fonction du taux de sédimentation moyen en période interglaciaire pour différentes carottes du bassin des Loyauté. (d'après un modèle de diagramme de DROXLER & SCHLAGER 1985).

logique étant donné la proximité des terres néocalédoniennes du site 97; toutefois le point est proche de la médiane séparant le diagramme en deux domaines, ce qui témoigne d'une influence carbonatée.

La carotte KK 88 proche de Lifou, montre la tendance inverse confirmant ainsi le caractère carbonaté de type Bahamien de son contexte.

Certaines carottes se trouvent nettement sur la médiane, c'est le cas pour KK 319 qui est très éloignée de la côte et sur un point haut (ride Lévi). Elle présente des taux de sédimentation très faible (1,7 cm/1000 ans pour les périodes chaudes et 1,32 cm/1000 ans pour les périodes froides). Il en est de même pour la carotte KK 258, très proche de la côte de Lifou, qui au contraire présente des taux de sédimentation élevés pendant les différentes périodes en raison d'arrivées sableuses importantes dans les boues hémipélagiques.

Le bassin des Loyauté dans son ensemble apparaît donc comme un domaine de sédimentation mixte silicoclastique et carbonatée dans lequel deux tendances s'expriment : l'une vers un pôle silicoclastique (large de Thio), l'autre vers un pôle carbonaté (SW de Lifou).

3. 7. 2. MISE EN PLACE DES TURBIDITES EN RELATION AVEC LES VARIATIONS DU NIVEAU DE LA MER

Le contrôle eustatique sur la mise en place des turbidites a été étudié par SHANMUGAM & MOIOLA (1982, 1984, et 1988). En contexte silicoclastique, les turbidites se déposent en période de bas niveau marin, en raison d'une érosion plus importante de la plate-forme et du transport des sédiments par les rivières directement à la tête des canyons (SHANMUGAM & MOIOLA 1982, HANS NELSON & MALDONADO 1988). Au large des plates-formes carbonatées isolées comme les Bahamas, les turbidites se déposeraient en priorité au début de la baisse du niveau de la mer entraînant une instabilité des pentes (CREVELLO & SCHLAGER 1980, SHANMUGAM & MOIOLA 1984). Par ailleurs une liaison entre haut niveau marin et dépôt de turbidites a été mise en évidence aussi par DROXLER & SCHLAGER (1985a) aux Bahamas. Elle correspond au développement du récif exportateur de matériel au bassin.

Dans le bassin des Loyauté, de nombreuses turbidites à sables bioclastiques ont été rencontrées dans les carottes au large de Thio. Dans les carottes KK 97, KK 93 et KK 335, les turbidites sont présentes en toutes périodes, mais quelques tendances se manifestent : les turbidites les plus nombreuses et les plus épaisses se situent le plus souvent au moment de la montée du niveau marin, c'est à dire aux limites Riss/Riss-Würm et Würm/Holocène. Au contraire pendant les périodes de haut niveau marin (Riss-Würm de la carotte KK 97) les turbidites sont moins épaisses. Au Würm, en particulier au cours du stade isotopique 4 dans la carotte KK 97 (fig. 44), il y a peu de turbidites. Cette mise en place particulière des turbidites lors de la montée du niveau de la mer est aussi bien représentée dans la carotte KK 88 (fig. 46), où deux turbidites se rencontrent à l'approche de l'Holocène. KOUNKOU & BARUSSEAU (1988) ont montré qu'au large du Sénégal, la fréquence des turbidites étaient beaucoup plus importante durant les transitions des étages isotopiques 4/3 et 2/1 que durant les phases régressives 5/4 et 3/2. La grande fréquence des turbidites lors de la remontée du niveau de la mer résulterait d'une meilleure remobilisation des sédiments de plate-forme. GIRESSE et BARUSSEAU (1989) ont fait la même observation sur la marge atlantique de l'Afrique. Cette corrélation semble pouvoir être étendue au cas de la Nouvelle-Calédonie avec une certaine modulation due au développement des récifs.

La part de la tectonique dans la mise en place des turbidites est très difficile à établir. Dans les mers de Corail et du Japon, KLEIN (1985) a observé que la fréquence et la périodicité des turbidites dans les cônes sous-marins étaient corrélées aux soulèvements liés aux collisions majeures des rides de Papouasie et du Japon. Cette liaison s'observe

pour des périodes géologiques de longue durée. Dans le cas de la Nouvelle-Calédonie et de la ride des Loyauté, il est vraisemblable que les soulèvements dus au bombement de la plaque australienne induisent des processus de resédimentation sur les pentes. La part entre les phénomènes d'origine tectonique et eustatique pour ces courtes périodes du Quaternaire terminal est pratiquement impossible à distinguer. De plus, il est possible que les périodes d'intense activité tectonique soient en phase avec les périodes eustatiques, ce qui masquerait la part des différents effets. Il ressort tout de même, au vu des comparaisons avec d'autres marges actuelles et des données sédimentaires acquises dans le bassin des Loyauté, que le contrôle eustatique sur la croissance des récifs et la remobilisation des sédiments sur la plate-forme soit le processus majeur dont dépendent les variations verticales des teneurs en carbonates et en minéraux carbonatés, plus accessoirement la fréquence et l'importance de la resédimentation par courants de turbidité.

3. 7. 3. VARIATIONS DES FLUX SEDIMENTAIRES AU COURS DU QUATERNAIRE TERMINAL DANS LE BASSIN DES LOYAUTE

3. 7. 3. 1. DEFINITION

L'accumulation sédimentaire définie par la masse de sédiment (ou de particules) déposée par unité de surface et de temps ($\text{g.cm}^{-2}.1000 \text{ ans}$) est qualifiée de flux sédimentaire. Cette expression de l'intensité de la sédimentation ne dépend pas du taux de compaction, comme peut l'être le taux de sédimentation.

Le flux sédimentaire total s'écrit :

$$F_t = S \times d$$

où S est le taux de sédimentation en $\text{cm}.1000 \text{ ans}$;

d est la densité du sédiment sec en g.cm^{-3}

F_t est le flux sédimentaire total en $\text{g.cm}^{-2}.1000 \text{ ans}$.

Par mesure de la teneur en CaCO_3 du sédiment, on obtient le flux sédimentaire carbonaté :

$$F_c = F_t \times t_{\text{CaCO}_3}$$

où F_t est le flux total en $\text{g.cm}^{-2}.1000 \text{ ans}$;

t_{CaCO_3} est le taux en carbonate exprimé comme la fraction carbonaté du sédiment;

F_c est le flux carbonaté en $\text{g.cm}^{-2}.1000 \text{ ans}$.

Par différence on obtient le flux sédimentaire terrigène F_{ri} .

Dans ce dernier flux, calculé à partir du résidu insoluble, intervient le flux sédimentaire planctonique non carbonaté, composé essentiellement par la silice biogène (radiolaires et diatomées). Cette sédimentation siliceuse d'origine planctonique est très faible dans le bassin des Loyauté. Elle ne prend de l'importance qu'à des moments précis comme pendant l'apparition des niveaux à *Ethmodiscus rex*.

Le flux sédimentaire total peut-être décomposé en trois flux majeurs :

- le flux carbonaté planctonique, qui correspond à la production carbonatée biogénique de surface, composé principalement par les nannofossiles calcaires, les foraminifères planctoniques et, dans une moindre mesure, par les ptéropodes;

- le flux détritique carbonaté issu des plates-formes récifales. Il est surtout composé d'aragonite et de calcite magnésienne;

- le flux terrigène dominé par des argiles issues de la dégradation des massifs ultrabasiques de Nouvelle-Calédonie.

Les deux flux carbonatés sont pratiquement impossibles à distinguer par les calculs.

L'étude des flux sédimentaires dans le bassin des Loyauté a été réalisée par l'analyse des carottes KK 97, KK 319 et KK 88, la première étant découpée stratigraphiquement grâce à la courbe du $\delta^{18}\text{O}$, les deux autres par les variations des teneurs en CaCO_3 (voir plus haut).

3. 7. 3. 2. RESULTATS ET COMMENTAIRES

Dans la carotte KK 97 (fig. 52), les maximums de flux total correspondent à l'étage isotopique 4, donc à la période glaciaire. Ce flux total évoluent parallèlement au flux terrigène, ce qui montre l'influence des apports terrigènes en période de bas niveau marin. Par contre, au cours de l'étage isotopique 2, une augmentation temporaire du flux terrigène correspond à une chute des flux total et carbonaté. Le flux carbonaté reste en moyenne plus élevé pendant le Würm, alors que la carotte présente dans les boues hémipélagiques de faibles teneurs en carbonates et en aragonite. Le matériel carbonaté est donc dilué, mais l'apport d'éléments nutritifs en provenance du continent (matière organique et sels minéraux) favorise certainement le développement de la microflore carbonatée océanique. Pendant les périodes chaudes et de haut niveau marin, le flux terrigène diminue de façon importante, au contraire, le flux carbonaté est relativement important (ex. à l'Holocène).

Les carottes KK 88 et KK 319 (figs. 53 et 54) montrent un flux sédimentaire total nettement contrôlé par le flux carbonaté, alors que le flux terrigène varie peu avec cependant un léger minimum pendant la période chaude Riss-Würm. Les deux carottes présentent un fort flux carbonaté pendant l'Holocène, même dans la carotte KK 319 dépourvue de turbidites. Les maximums du flux carbonaté correspondent donc aux périodes chaudes et de haut niveau marin favorable au développement des récifs fournissant des carbonates au bassin. En période de bas niveau marin, le flux terrigène n'intervient pratiquement pas du fait de l'éloignement des sites par rapport à la Grande-Terre. La dilution des carbonates par les produits terrigènes est pratiquement nulle. On en déduit que les fluctuations des teneurs en carbonates sont dues principalement aux apports carbonatés venant de la plate-forme (courbe d'aragonite en phase avec celle des carbonates totaux) et aux variations de productivité du plancton (siliceux et calcaires); à noter en plus que pour la carotte 319, récoltée en un site hors d'atteinte des turbidites, il y a parallélisme entre flux terrigène et carbonaté indiquant sans doute une stimulation de la production planctonique par des nutriments accompagnant les apports terrigènes.

En conclusion, la séparation en deux contextes sédimentaires du bassin des Loyauté se retrouve dans les variations des différents flux sédimentaires. Au large de Thio, le flux terrigène, par des effets de dilution, conditionne nettement l'enregistrement de la sédimentation carbonatée. Malgré cela, l'apport de carbonates par le récif n'est absolument pas à négliger (voir les courbes de variations de l'aragonite et des débris d'organismes d'origine récifale, paragraphe description des carottes). Au contraire au large de Lifou, le flux carbonaté, alimenté principalement par les récifs, joue un rôle majeur dans les fluctuations des teneurs en carbonates des sédiments. Toutefois sur la ride Lévi, le flux carbonaté qui est influencé par le flux terrigène à sans doute une origine plutôt planctonique.

Les différentes courbes de flux (total, carbonaté et terrigène) reflètent donc l'alternance des périodes froides/chaudes. Ces flux semblent donc bien contrôlés par le climat (BERGER et al. 1989) et par les variations du niveau de la mer.

L'étude des flux sédimentaires est un essai pour exprimer quantitativement les transferts de matière dans le bassin des Loyauté. Dans l'absolu, les résultats doivent être

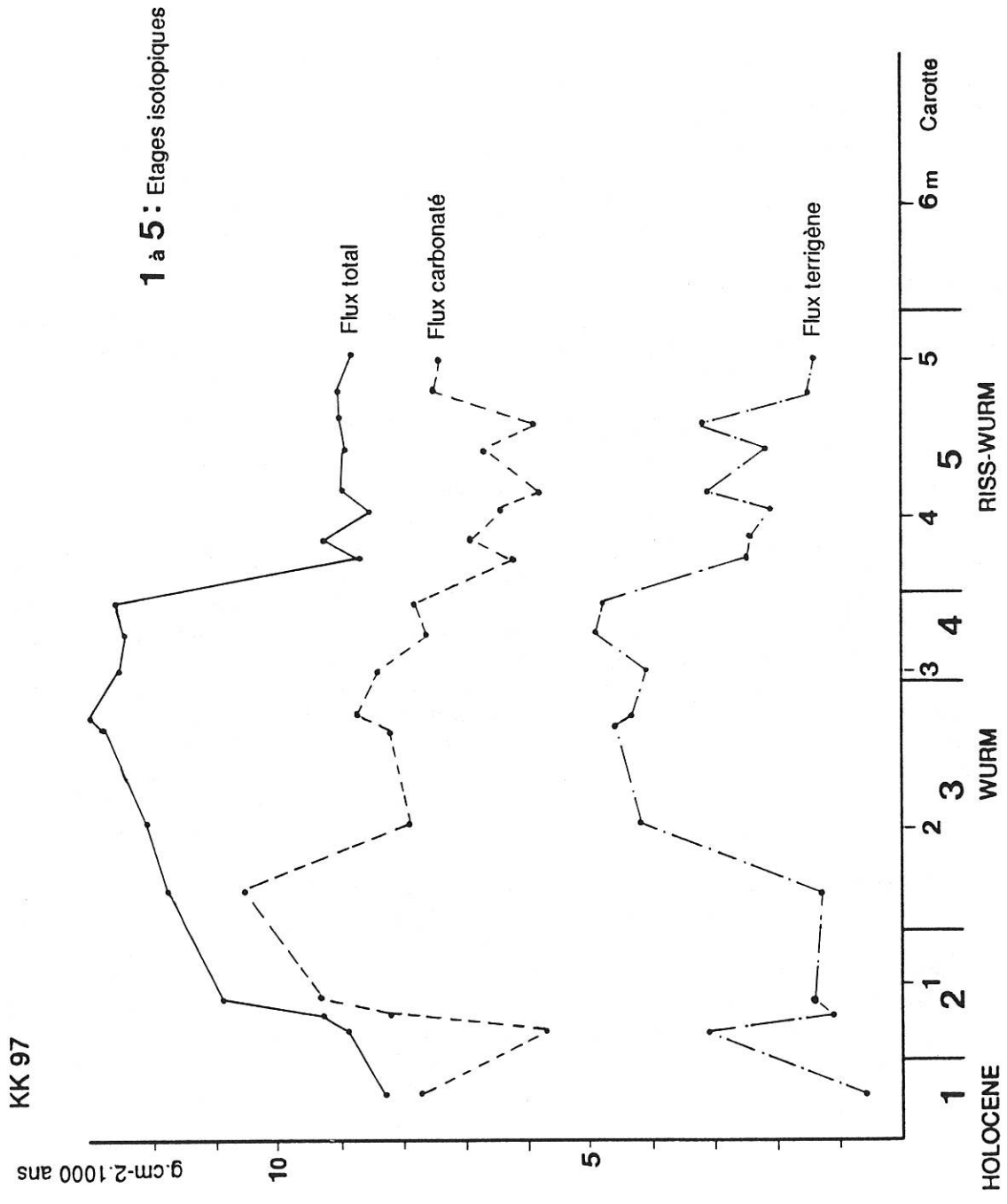


Figure 52 - Courbes des variations du flux sédimentaire total, du flux carbonaté et du flux terrigène le long de la carotte KK 97. Liaison avec les stades isotopiques et les périodes climatiques.

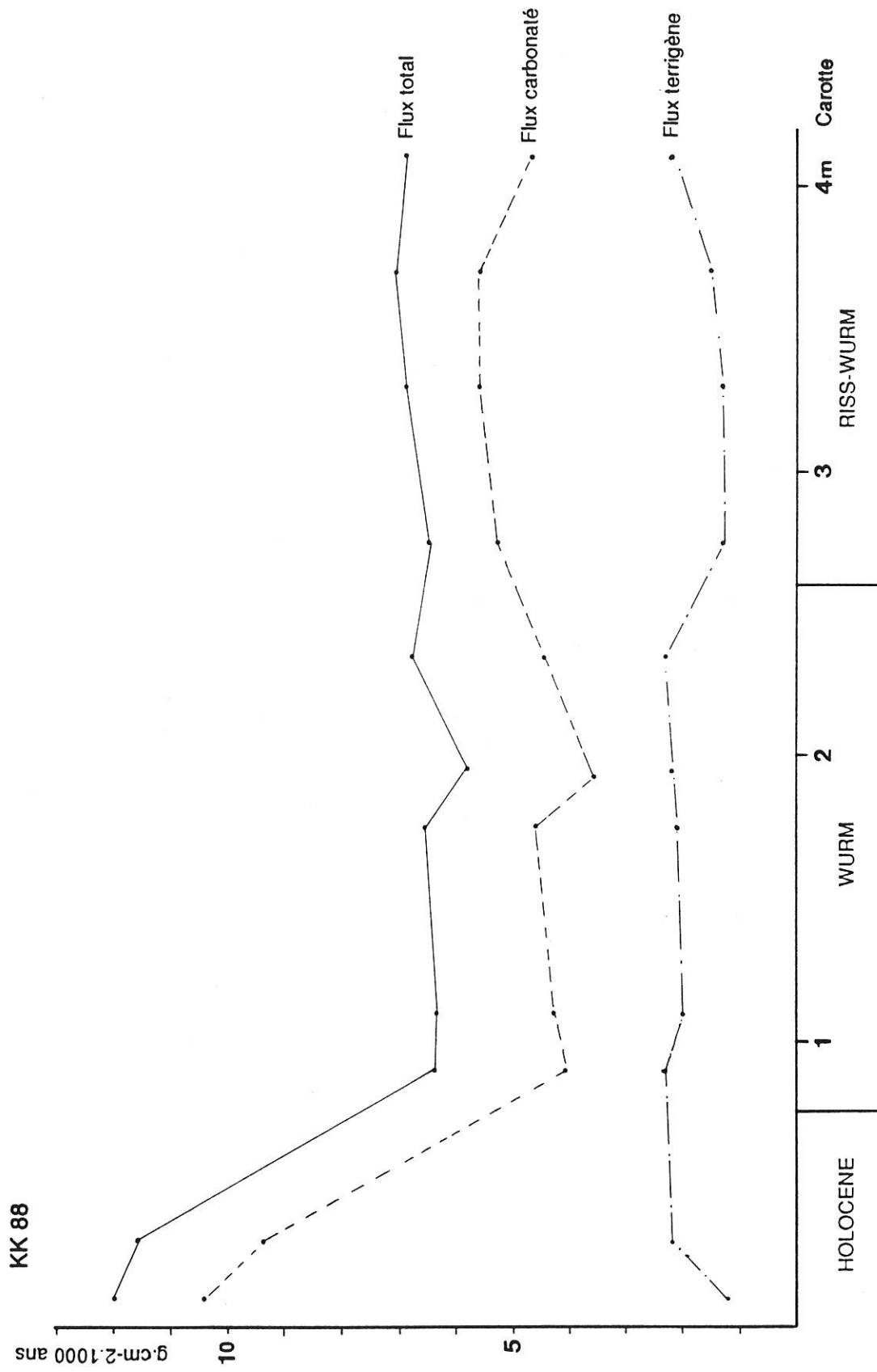


Figure 53 - Courbes des variations du flux sédimentaire total, du flux carbonaté et du flux terrigène le long de la carotte KK 88. Liaison avec les périodes climatiques.

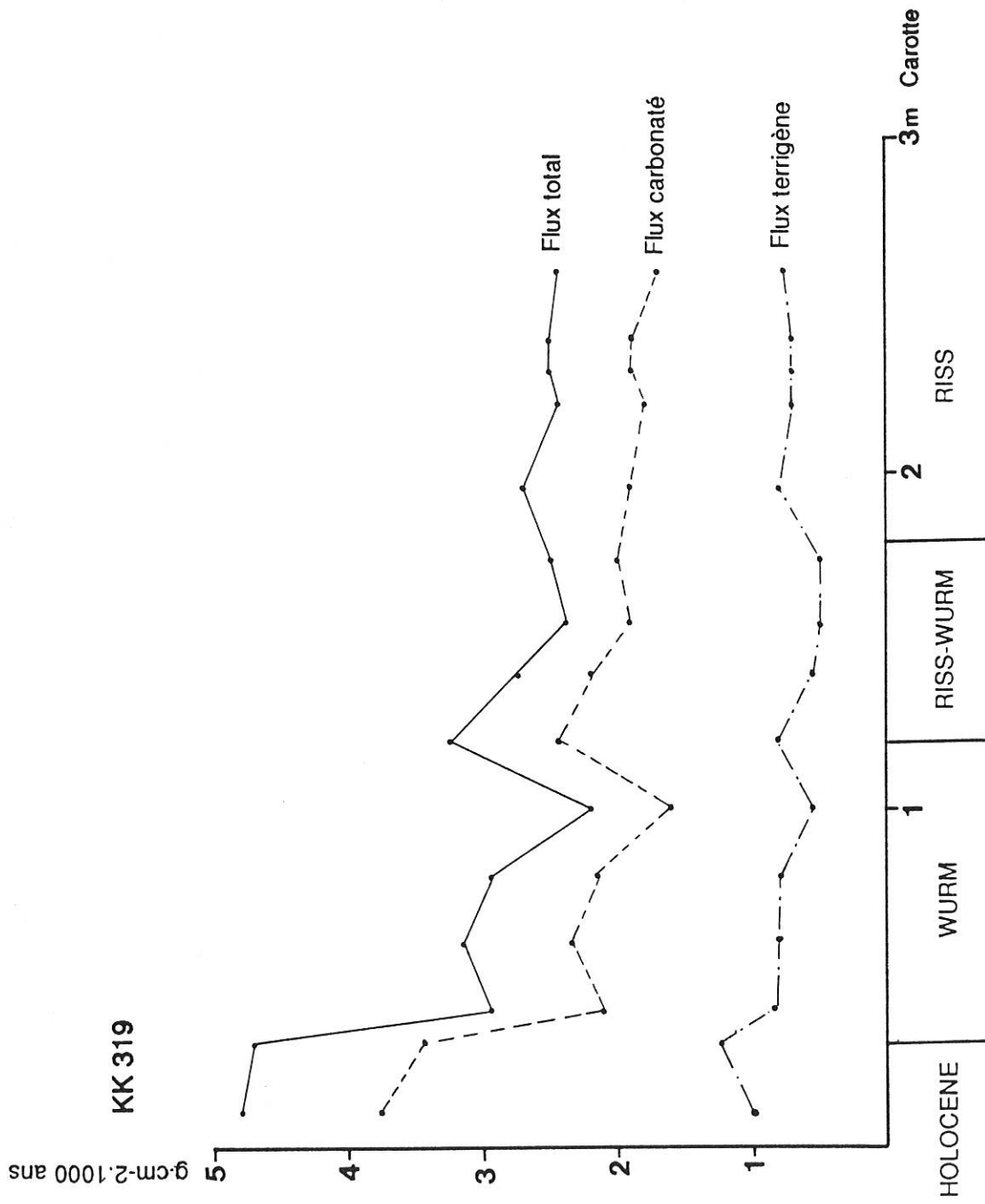


Figure 54 - Courbes des variations du flux sédimentaire total, du flux carbonaté et du flux terrigène le long de la carotte KK 319. Liaison avec les périodes climatiques.

regardés avec prudence, étant donné la nature composite des flux, aussi bien carbonatés que siliceux et silicoclastiques, du fait aussi de l'impossibilité d'en dissocier les divers parties avec les moyens dont dispose cette étude. Néanmoins, les indications obtenues concernant les divers contextes sédimentaires du bassin des Loyauté vont dans le même sens que celles obtenues par la composition de la phase sableuse, et la minéralogie des carbonates. D'autre part, les erreurs sur la mesure de la densité (paragraphe 1. 2. 7.) et le taux de sédimentation ne sont pas négligeables. Cette approche quantitative de la dynamique sédimentaire reste malgré tout très prometteuse; une étude conjointe sur la matière organique à l'aide de biomarqueurs (par exemple) devrait permettre d'exprimer la part du flux planctonique.

3. 8. CONCLUSION : ENREGISTREMENT SEDIMENTAIRE DES VARIATIONS DU NIVEAU DE LA MER AU QUATERNAIRE TERMINAL DANS LE BASSIN DES LOYAUTE

Les nombreuses analyses pétrologiques, palynologiques et le calcul des flux sédimentaires permettent de mieux cerner l'enregistrement des variations du niveau marin dans la sédimentation.

Plusieurs faits se dégagent des analyses. D'abord les échogrammes 3,5kHz et les données sédimentologiques ont montré une séparation du bassin des Loyauté en deux domaines :

- un domaine mixte silicoclastique/carbonaté au large de Thio avec une pente rectiligne;
- un domaine à dominante carbonaté au large de Lifou avec une pente concave.

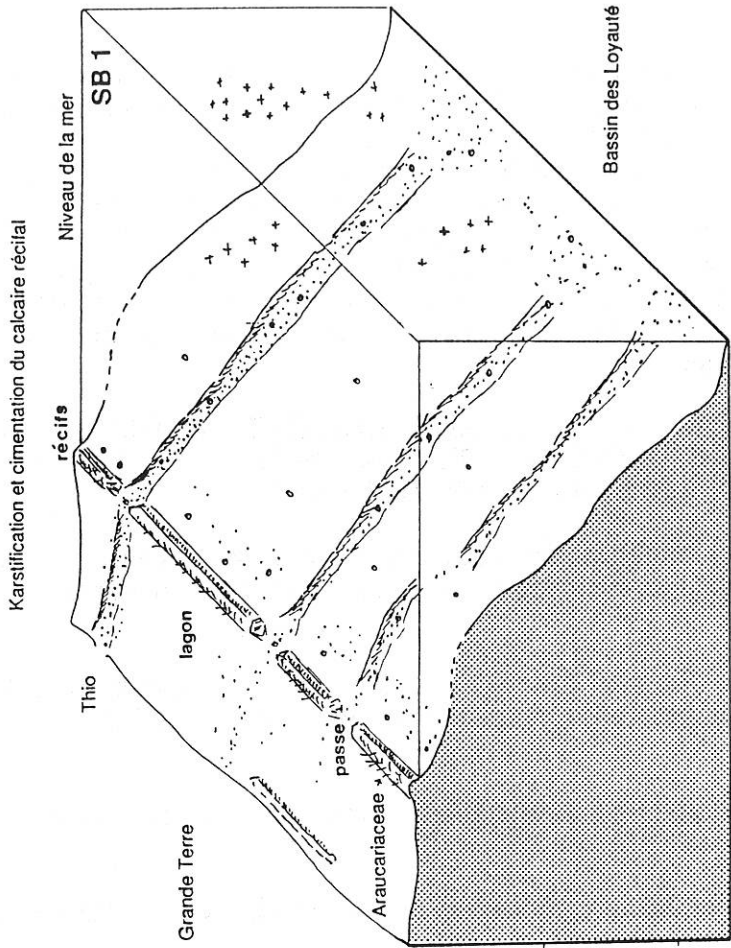
En fonction de cette distinction, deux modes d'enregistrement du glacio-eustatisme sont proposés; ils possèdent malgré tout des points communs :

- dépôt de fortes quantité de carbonates totaux et d'aragonite pendant les périodes interglaciaires;
- arrivée massive de matériel allochtone en provenance des plates-formes récifales et des pentes pendant les phases transgressives (net au large de Lifou) :
- individualisation de niveaux riches en diatomées appartenant à l'espèce *Ethmodiscus rex* pendant les périodes froides, avec une diminution des carbonates totaux et de l'aragonite;
- forte proportion, dans les sédiments, des spicules de spongiaires et des *Araucariaceae* lors des périodes glaciaires;
- développement des kystes de dinoflagellées et des microforaminifères pendant les périodes de haut niveau marin, particulièrement à l'Holocène.

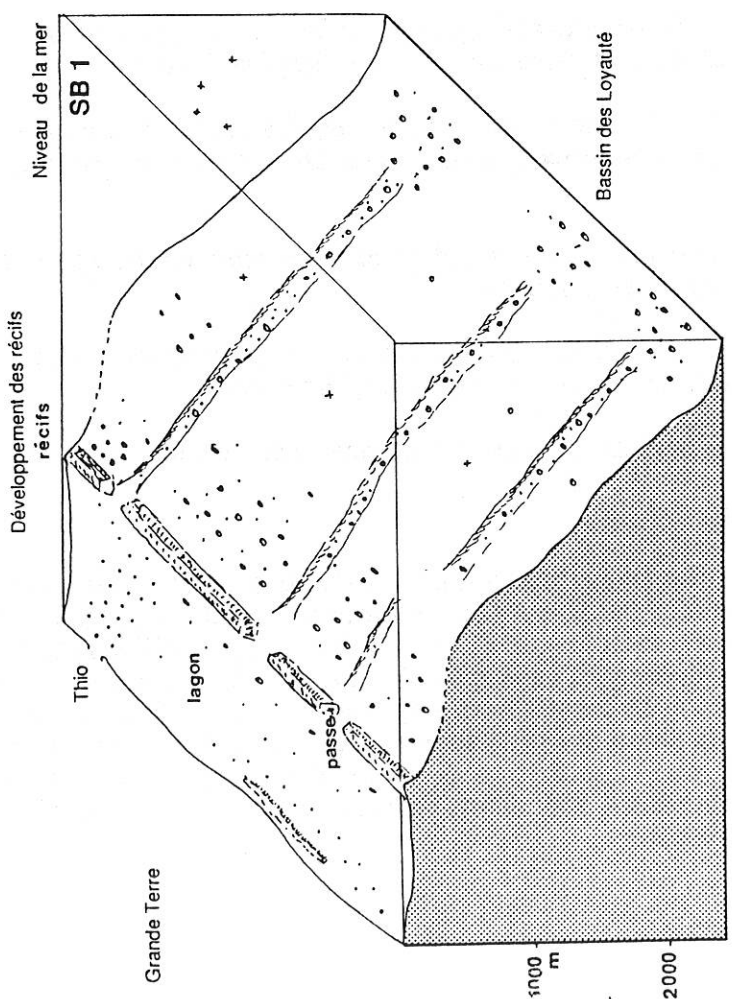
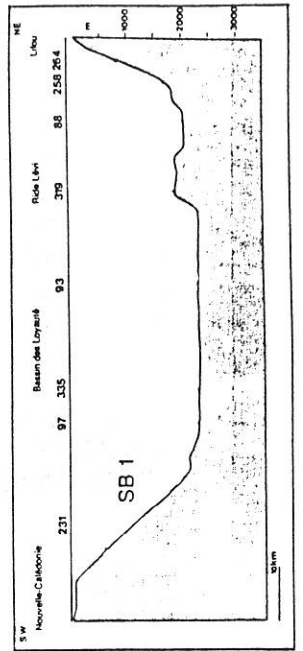
La distinction entre les deux domaines se fait surtout au niveau des apports :

1) Au large de Thio (fig. 55) :

En période de bas niveau marin (environ -120m par rapport au niveau actuel au stade isotopique 2), le récif barrière et la plate-forme subissent une altération météoritique marquée par une cimentation retrouvée dans le forage Ténia (COUDRAY 1976). Les apports en carbonates détritiques dans le bassin sont très réduits, ce qui se traduit par une diminution des teneurs en carbonates et en aragonite et moins de débris coralliens dans les boues. Au contraire, la phase terrigène augmente en proportion (voir paragraphe sur les flux sédimentaires), avec l'apparition de matériel continental (débris de cuirasses latéritiques dans la carotte KK 335, débris végétaux dans la carotte KK 231), conduisant à une dilution des carbonates.



b) Période glaciaire = Bas niveau marin
WURM



a) Période interglaciaire = Haut niveau marin
HOLOCENE

- .. Flux terrigène
- ++ Flux planctonique siliceux
- .. Flux détritique carbonaté

Figure 55 - Modèle sédimentaire au large de Thio (boîte Sea-Beam 1) en relation avec les variations du niveau de la mer. a) Haut niveau marin. b) bas niveau marin. La baisse de niveau est de l'ordre de 120 m (Würm terminal).

Lors d'une transgression (Holocène par exemple), le récif reprend sa croissance donc fournit du matériel au bassin; les pourcentages en CaCO_3 et en aragonite augmentent ainsi que les arrivées de matériel allochtone (turbidites au site KK 97, débris de coraux et d'algues calcaires au site KK 231). Les matériaux terrigènes restent certainement piégés dans le lagon (diminution du flux terrigène); cependant l'instabilité des pentes sous l'effet d'une surcharge sédimentaire peut entraîner une remobilisation des matériaux de plate-forme.

En période de haut niveau marin, où le développement du récif diminue en intensité, on note dans les dépôts une forte proportion de carbonate et d'aragonite, mais une faible quantité de turbidites.

Dans ce domaine, les produits terrigènes confèrent un cachet particulier aux apports, qui restent néanmoins très carbonatés du fait de la faible profondeur du bassin. La variation verticale des apports planctoniques est très difficile à mettre en évidence, mais une augmentation du flux carbonaté pendant les épisodes froids pourrait être liée à une plus forte productivité planctonique par apports de nutriments continentaux.

En résumé, dans ce contexte mixte, silicoclastique et carbonaté, l'enregistrement de l'eustatisme est nouveau et original : turbidites présentes en toutes périodes mais plus fréquentes au moment des transgressions. Corrélation étroite entre la sédimentation et le développement récifal. Dilution de la phase carbonatée par le matériel terrigène.

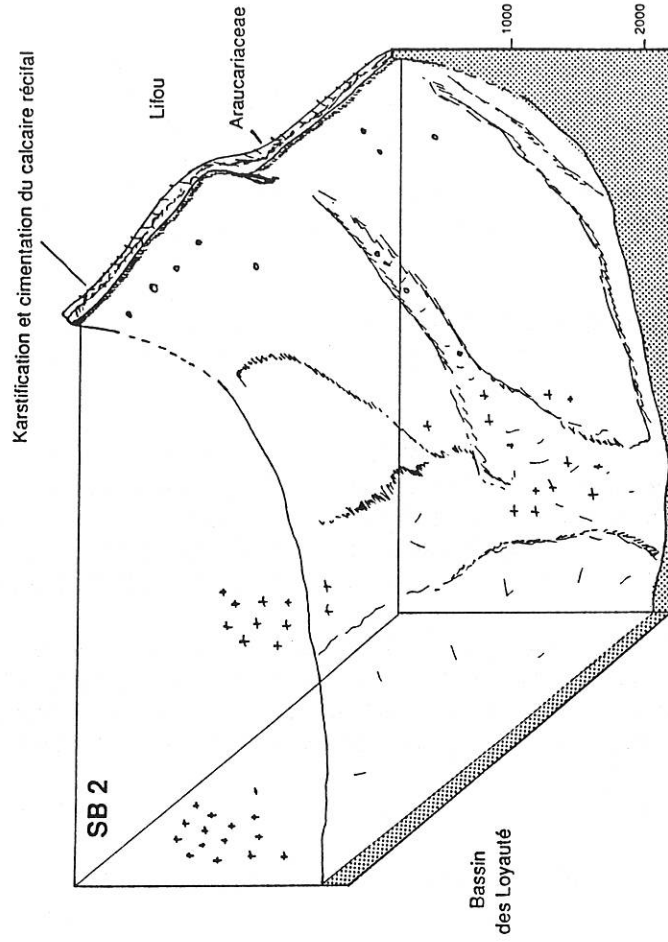
2) Au large de Lifou (fig. 56) :

Le comportement de la marge orientale du bassin des Loyauté se rapproche de celui des Bahamas.

Les périodes de bas niveau marin produisent les mêmes effets sur le récif qu'au large de Thio. Les cimentations lors de l'exondation de la plate-forme sont attestées par la présence de dalles calcaires bioclastiques récoltées par dragage en haut de la pente B 2. Le flux terrigène est très difficile à individualiser et ne figure donc pas sur les schémas; en effet il doit provenir en majeure partie de la Nouvelle-Calédonie après avoir traversé tout le bassin, car l'île de Lifou, recouverte de calcaire récifaux, ne peut fournir que très peu de matériel terrigène silicaté. La diminution des apports carbonatés en période de bas niveau est liée à celle des apports récifaux. La forte production du plancton siliceux (diatomées, radiolaires) pendant les glaciations contribue aussi à la baisse des teneurs en carbonates totaux dans les sédiments.

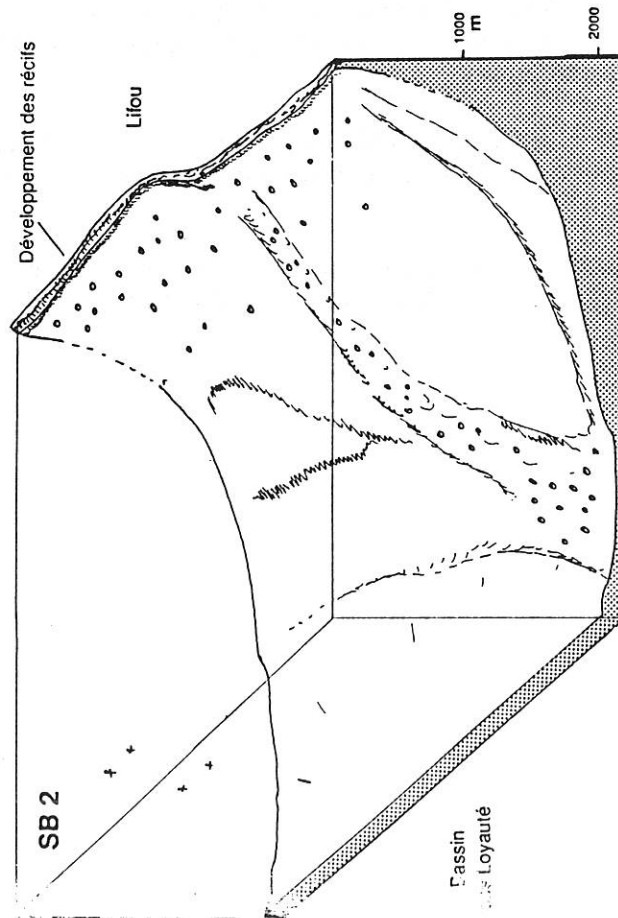
La montée du niveau de la mer se traduit, de la même façon qu'au large de Thio, par une plus faible remobilisation des sédiments de la marge, accentuée ici par son étroitesse autour de l'île de Lifou.

Le haut niveau marin correspond toujours à un développement du récif plus ou moins ralenti, mais des carbonates détritiques arrivent néanmoins dans le bassin.



b) Période glaciaire = Bas niveau marin

WURM



a) Période interglaciaire = Haut niveau marin

HOLOCENE

++ Flux planctonique siliceux

oo Flux détritifique carbonaté

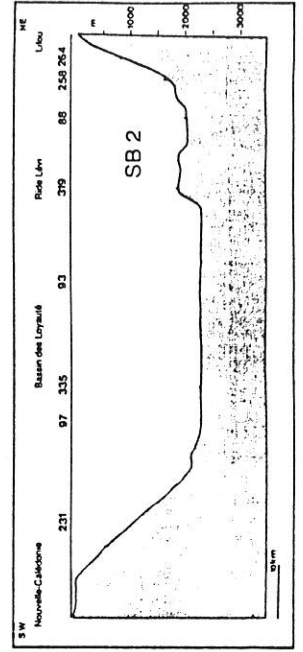


Figure 56 - Modèle sédimentaire au SW de Lifou (boîte Sea-Beam 2) en relation avec les variations du niveau de la mer. a) Haut niveau marin. b) bas niveau marin. La baisse de niveau est de l'ordre de 120 m (Würm terminal).

CHAPITRE 4

CHAPITRE 4

COMPARAISONS AVEC D'AUTRES MARGES ACTUELLES

L'absence d'études dans des domaines comparables à celui du bassin des Loyauté (étroitesse du bassin, ceinture récifale carbonatée active, importance du domaine océanique environnant, domaine insulaire soumis à une forte érosion), a permis seulement des comparaisons avec des contextes sédimentaires de types très particuliers. D'abord avec les Bahamas, où les auteurs américains ont conduit de nombreuses campagnes notamment le leg 101 d'ODP, la Floride, la mer des Caraïbes avec le site 502B, les zones silicoclastiques deltaïques comme le cône de l'Amazone et du Gange, différents sites au large de la côte occidentale de l'Afrique, le site 594 au large de la Nouvelle-Zélande et des domaines océaniques plus éloignés des continents (fig. 57).

Suivant la position des sites par rapport au continent et suivant le type d'environnement sédimentaire, le facteur primordial de la sédimentation correspond soit à des transferts latéraux de produits terrigènes et/ou de carbonates de plate-forme, soit à des transferts verticaux du plancton calcaire modulés par les phénomènes de dissolution.

4. 1. LES BAHAMAS

Ce système sédimentaire isolé et purement carbonaté a été très étudié (KIER & PILKEY 1971; DROXLER *et al.* 1983; MULLINS 1983; BOARDMAN & NEUMANN 1984; DROXLER & SCHLAGER 1985a et b; BOARDMAN *et al.* 1986; AUSTIN *et al.* 1988; REYMER *et al.* 1988). Les auteurs ont montré la liaison entre les périodes interglaciaires chaudes et les forts pourcentages en aragonite et en CaCO_3 dans les sédiments péribahamiens (figs. 58). Cette liaison permet de comprendre l'influence du développement des plates-formes récifales sur la sédimentation des bassins adjacents. En haut niveau marin, les récifs sont actifs et sont à l'origine d'un flux important de carbonates détritiques dans le bassin où la fréquence des turbidites est importante. Lors de la baisse du niveau marin, l'altération météoritique du récif et sa karstification réduisent l'exportation de carbonates détritiques vers le bassin, entraînant une chute des teneurs en carbonates et en aragonite. Ce mécanisme est très proche de celui du bassin des Loyauté, en particulier au large de Lifou, car au large de Thio, les carbonates sont dilués par du matériel terrigène en provenance de la Nouvelle-Calédonie.

4. 2. LA FLORIDE ET LA MER DES CARAIBES (SITE 502B)

Une carotte a été extraite au large de la Floride, dans le Golfe du Mexique, à une profondeur de 890 m (GARDULSKI *et al.* 1986; MULLINS *et al.* 1988). Les fortes concentrations d'aragonite, de calcite magnésienne, de dolomite et de résidu insoluble sont corrélées avec les périodes glaciaires marquées par la courbe du $\delta^{18}\text{O}$ (fig. 59). L'accroissement des apports terrigènes au cours de ces périodes en même temps que celui de nutriments augmenteraient la productivité des ptéropodes, donc les teneurs en aragonite des dépôts. L'aragonite du bassin des Loyauté et des Bahamas, qui est d'origine récifale, varie selon un mécanisme totalement inverse.

Au large de la côte du Costa Rica, à une profondeur de 3051 m, le site 502 B se situe en domaine tropical, à proximité d'un continent. Ce sondage montre une corrélation entre les carbonates totaux et les périodes chaudes (fig. 60); les variations de la composition du sédiment sont dues principalement aux changements du niveau marin entraînant des dilutions plus ou moins importantes des carbonates par du matériel terrigène (PRELL 1982; GARDNER 1982).

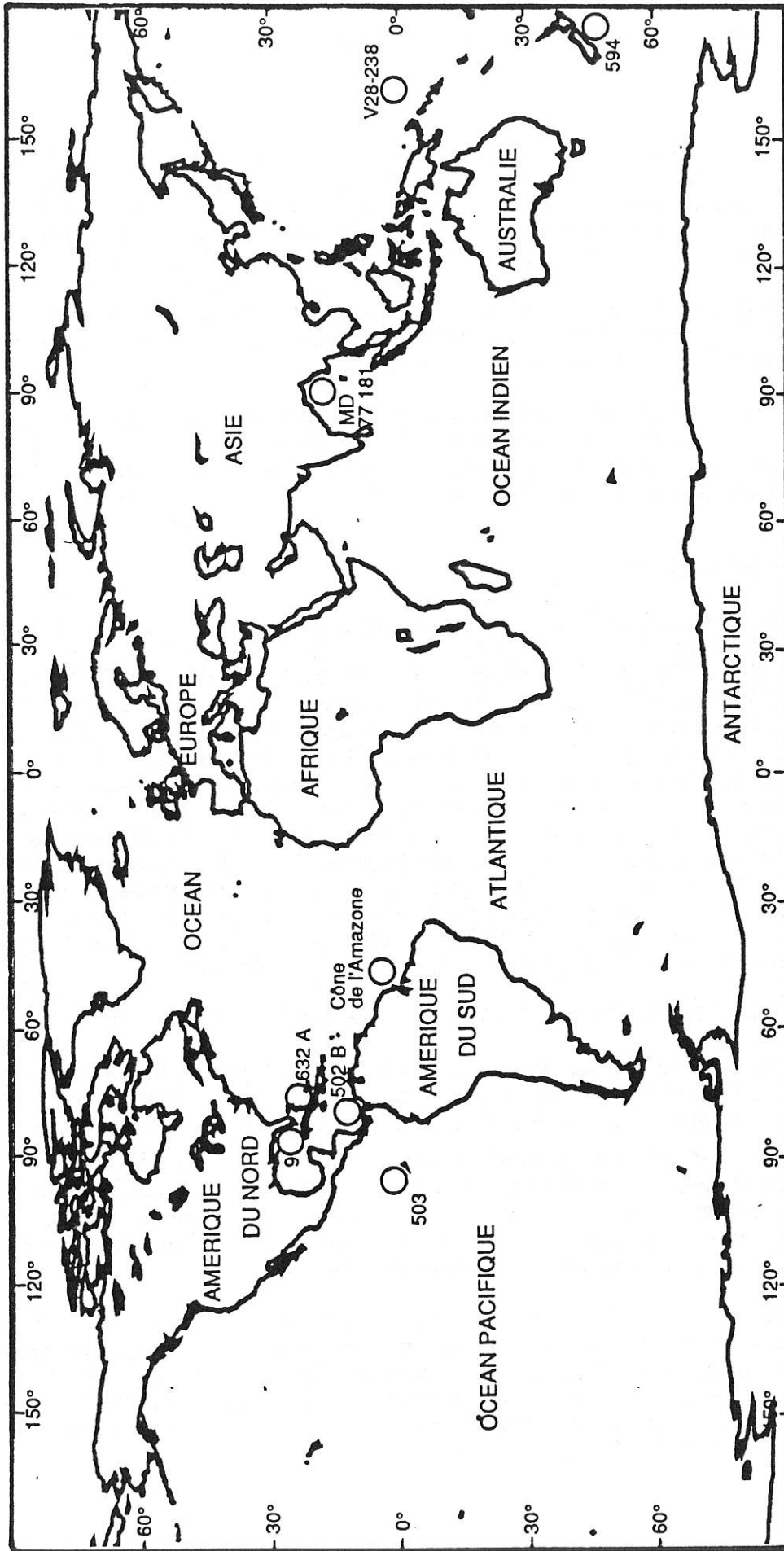


Figure 57 - Carte de position des sites et carottes étudiées pour les comparaisons.

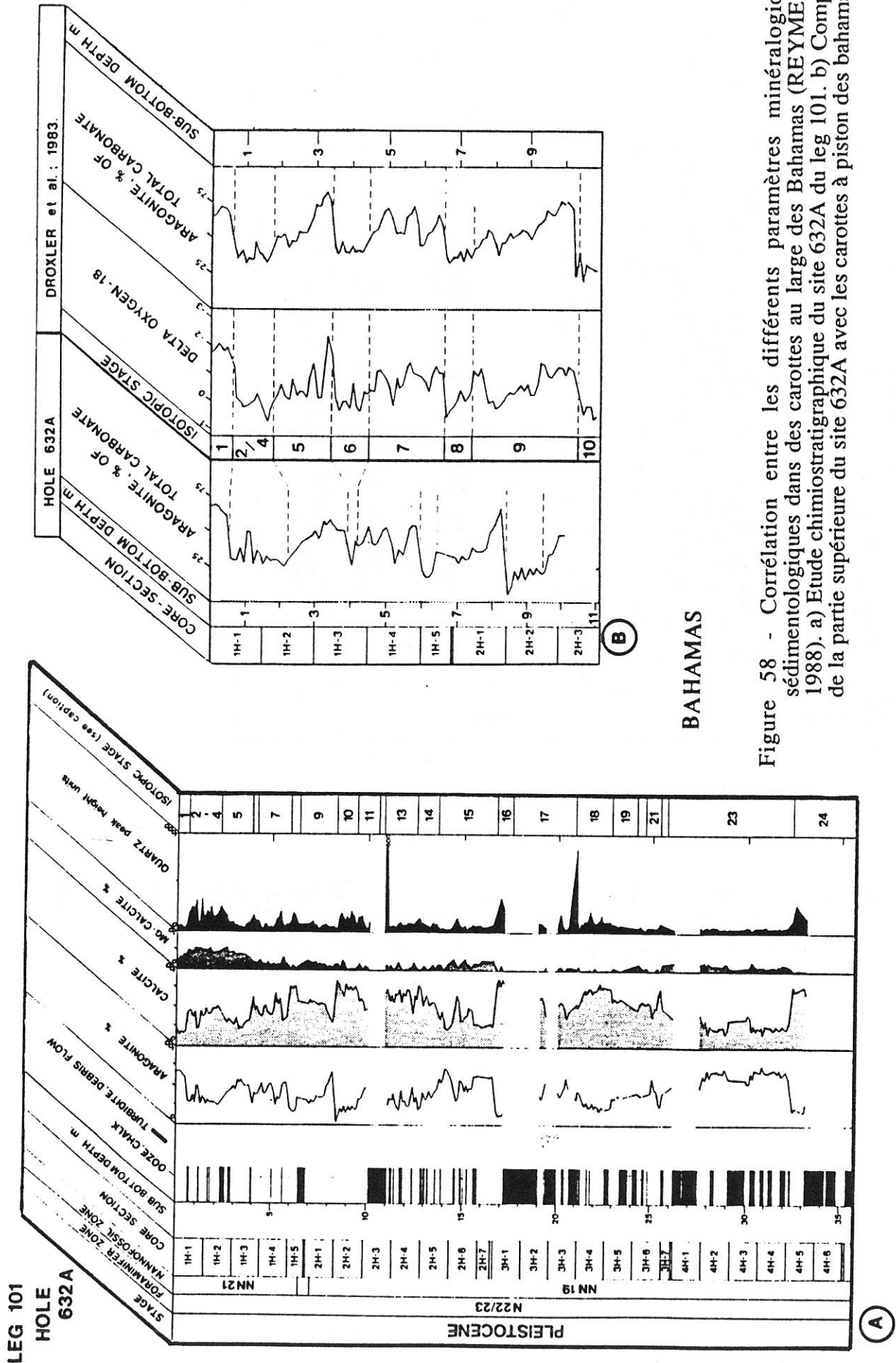
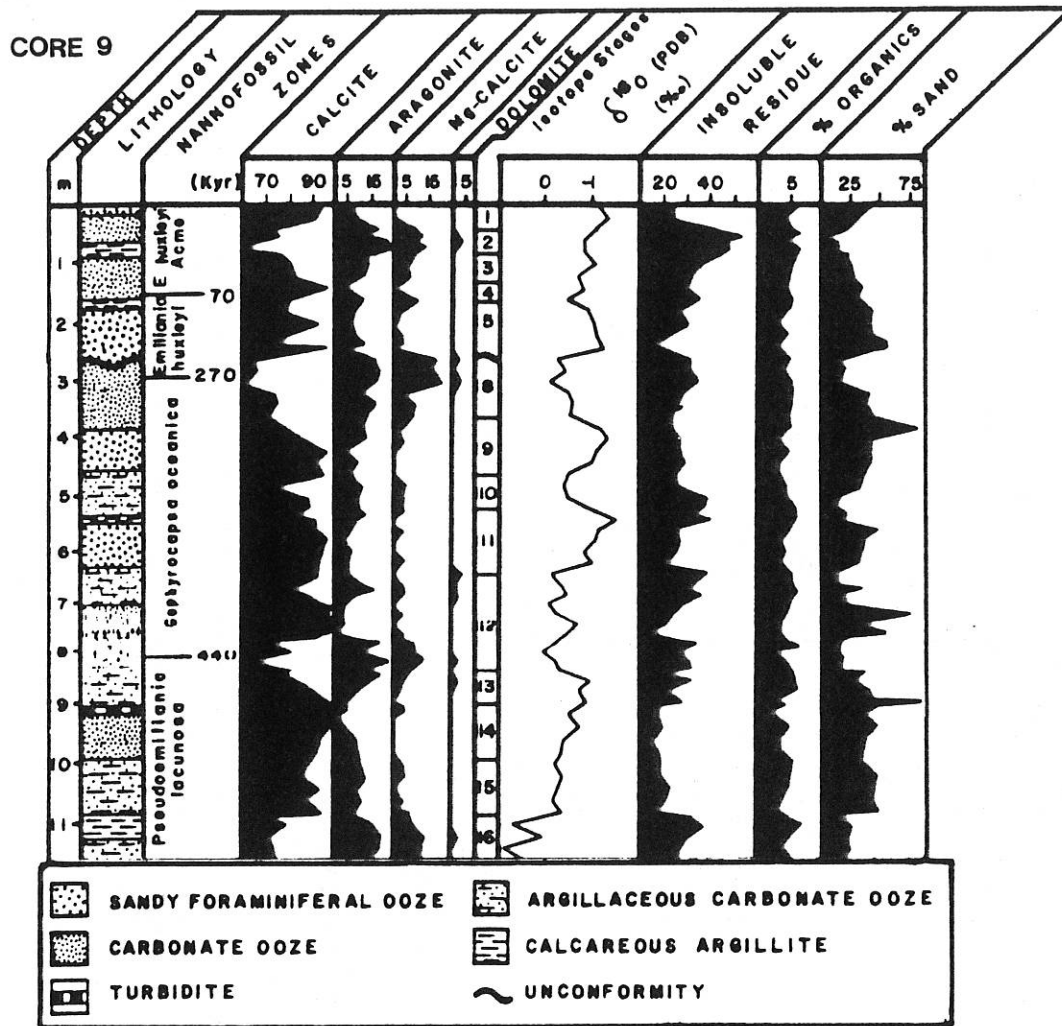


Figure 58 - Corrélation entre les différents paramètres minéralogiques et sédimentologiques dans des carottes au large des Bahamas (REYMER et al. 1988). a) Etude chimostratigraphique du site 632A du leg 101. b) Comparaison de la partie supérieure du site 632A avec les carottes à piston des bahamas.



FLORIDE

Figure 59 - Sédimentologie et biostratigraphie de la carotte 9 au large de la Floride. Noté les fortes concentrations en aragonite et de résidus insolubles avec des valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ élevées durant les périodes glaciaires (GARDULSKI *et al.* 1986).

4.3 COMPARAISONS AVEC DES DOMAINES PUREMENT SILICOCLASTIQUES ET DES DOMAINES OCEANIQUES FRANCS

4. 3. 1. DOMAINES SILICOCLASTIQUES

Au large du Sénégal, une carotte prélevée à 2000-2500 m de profondeur présente une alternance de turbidites et d'hémipélagites (KOUNKOU & BARUSSEAU 1988) avec une bonne corrélation entre les périodes interglaciaires et les fortes teneurs en carbonates. Les variations des pourcentages en carbonates sont liées aux variations du niveau de la mer jouant sur les apports du continent; nous avons vu précédemment que la fréquence des turbidites dans cette région étaient très importantes au moment des transgressions. GIRESSSE & BARUSSEAU (1989) ont montré aussi la même tendance dans différents sites au large de la cote occidentale africaine avec des flux sédimentaires très élevés au moment de la transgression holocène (6000-16000 ans BP); ceci en liaison avec une recrudescence des précipitations.

Le site 594 (NELSON *et al.* 1986), proche de l'antarctique (1204 m de profondeur), montre une évolution des carbonates très dépendantes des stades isotopiques (fortes teneurs en CaCO_3 pendant les périodes chaudes) (fig. 61). Pendant les périodes glaciaires de bas niveaux marins les glaces envahissent les Alpes néozélandaises ce qui accroît les arrivées de produits terrigènes dans le bassin. Durant les périodes interglaciaires de haut niveau marin, l'érosion de la chaîne alpine est moins sévère, l'apport d'argiles en mer diminue ainsi que la productivité biogénique siliceuse. Les fluctuations des carbonates dans le site 594 sont donc liées aux variations du niveau de la mer; elles relèvent principalement d'une dilution par les produits terrigènes et, dans une certaine mesure, de la productivité planctonique.

Au large de l'Amazone, l'évolution sédimentaire au cours du Quaternaire montre que pendant les périodes glaciaires et de bas niveau marin, il se dépose une quantité importante de turbidites et d'hémipélagites riches en silts et argiles provenant du continent. Pendant ces périodes, la plate-forme est élargie, l'érosion continentale est importante, le transfert des sédiments se fait donc très en aval dans le bassin. Au cours des hauts niveaux marins, le bassin se trouve au contraire protégé des influences continentales; il se dépose alors des boues pélagiques à foraminifères (fig. 62) (DAMUTH *et al.* 1988).

Il en est de même pour le cône du Gange (fig. 63), où les périodes interglaciaires sont riches en carbonates du fait de la faible dilution par les éléments terrigènes. Mais FANG (1987) a montré que les valeurs du flux carbonaté étaient plus fortes pendant les périodes glaciaires, ce qui permet de dire que l'apport terrigène et la productivité calcaire varient parallèlement sans doute par le biais de nutriments d'origine continentale.

Pour ces différents sites, la dilution par du matériel terrigène en provenance du continent est la principale cause des fluctuations des carbonates, ces derniers n'étant généralement que faiblement représentés. Cette situation présente une certaine similitude avec celle que nous avons décrite au large de Thio, dans le bassin des Loyauté.

4. 3. 2. DOMAINES OCEANIQUES

Le site 503 DSDP, situé au sud-ouest de Panama dans le Pacifique équatorial, se trouve à une profondeur de 3672 m; les composants des boues quaternaires y évoluent quantitativement d'une manière inverse de celle des sites mentionnés ci-dessus. Les fortes concentrations en carbonates apparaissent pendant les périodes glaciaires (GARDNER 1982), ce qui rejoint les observations d'ARRHENIUS (1952, 1988) et d'OLAUSSEON (1988) dans le Pacifique équatorial. L'abondance des carbonates en périodes glaciaires serait due à des upwellings équatoriaux augmentant la productivité planctonique, donc le flux carbonaté. Mais il faut y ajouter le jeu des variations de la lysocline lié à l'alternance glaciation/déglaciation (BROECKER 1982); en effet, le site 503, montre que les foraminifères planctoniques et les nannofossiles révèlent par leur préservation des variations de l'intensité de la dissolution. Il est très difficile de cerner la part des différents



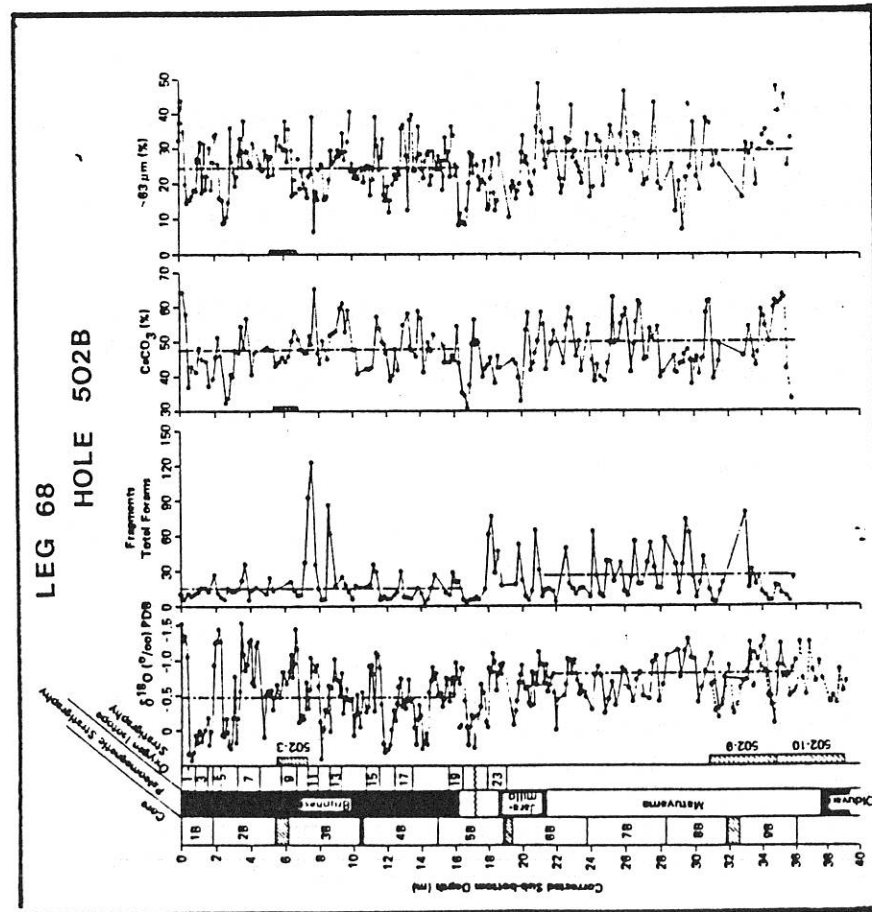


Figure 60 MER DES CARAIBES

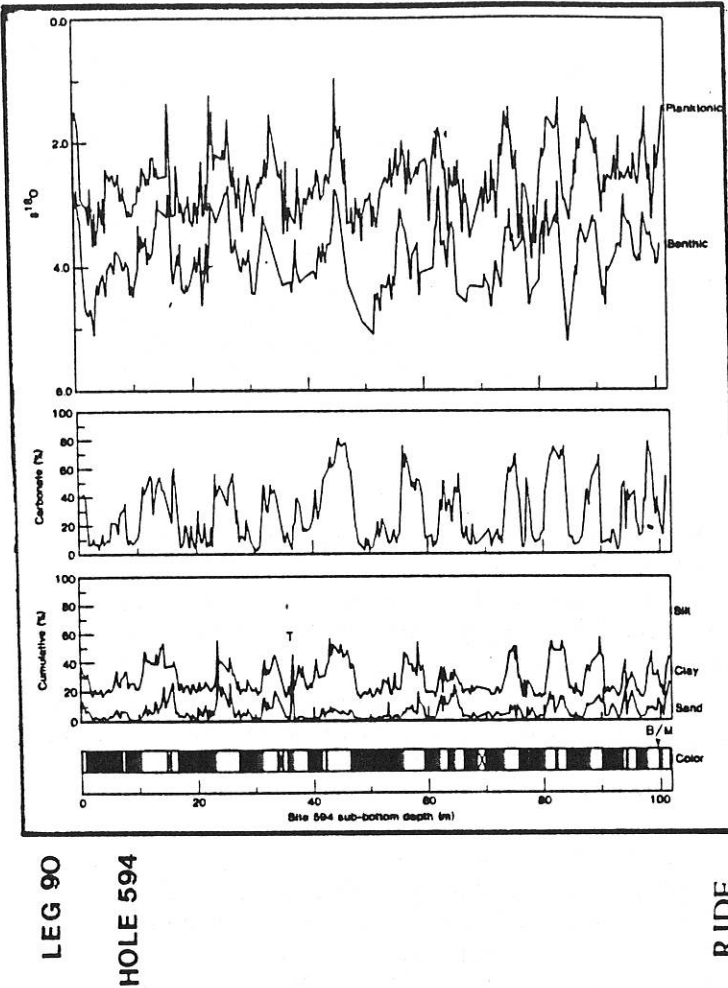


Figure 61
RIDE CHATHAM

Figure 60 - Comparaison de la stratigraphie par la courbe du $\delta^{18}\text{O}$ avec les teneurs en carbonates, des fragments de foraminifères et du % de la phase sableuse dans le site 502B au large du Costa Rica (PRELL 1982).

Figure 61 - Résumé de la lithologie, de la texture et de la teneur en carbonate de calcium et de la variation du $\delta^{18}\text{O}$ dans la carotte du site 594 au large de la Nouvelle-Zélande (NELSON *et al.* 1986).

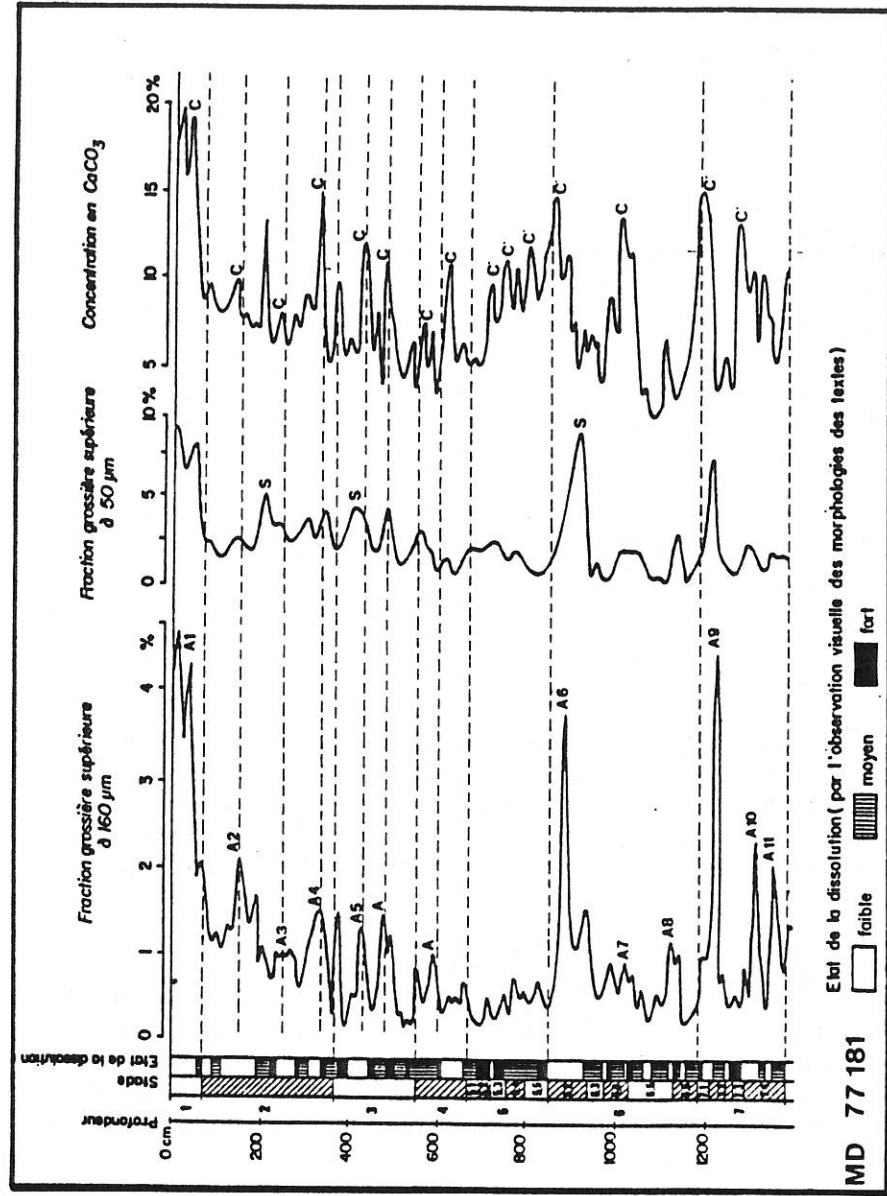


Figure 62 - Relations entre les fluctuations eustatiques du niveau de la mer et la lithologie des sédiments du cône de l'amazone (DAMUTH et al. 1988).

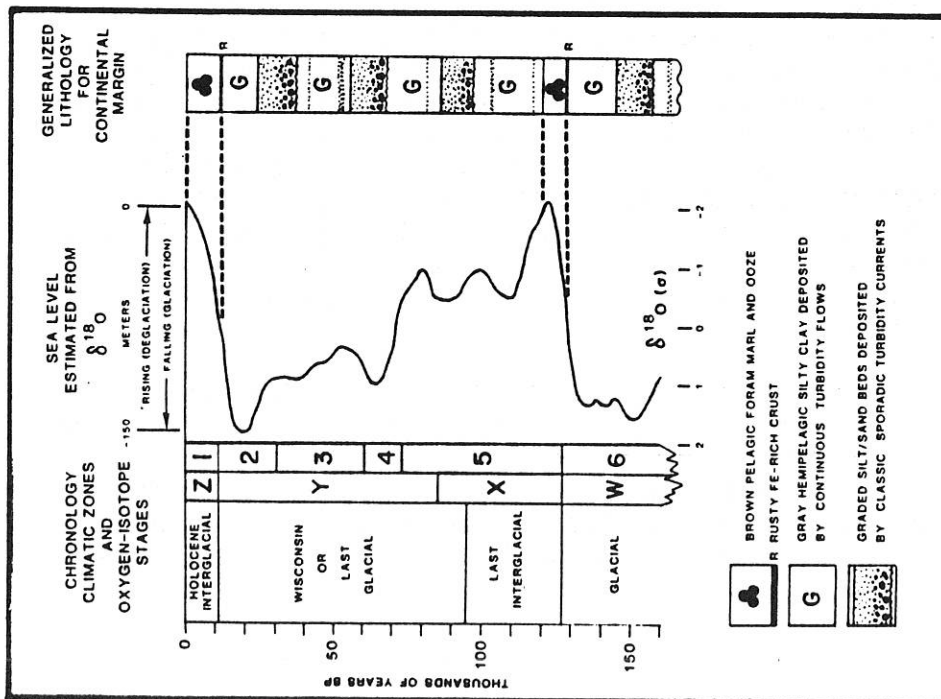


Figure 63 - Relation entre l'état de la dissolution, la concentration en CaCO₃ et les étages isotopiques dans la carotte MD 77 181 du golfe du Bengale (FANG 1987).

Figure 62 - Relations entre les fluctuations eustatiques du niveau de la mer et la lithologie des sédiments du cône de l'amazone (DAMUTH et al. 1988).

Figure 63 - Relation entre l'état de la dissolution, la concentration en CaCO₃ et les étages isotopiques dans la carotte MD 77 181 du golfe du Bengale (FANG 1987).

facteurs, mais il ressort que les intervalles glaciaires, dans le Pacifique équatorial, sont marqués par une faible dissolution des carbonates (BERGER 1973; THOMPSON 1976), ce qui contribue, au même titre que la production des eaux de surface, à une augmentation de leurs proportions.

Le contrôle de la sédimentation carbonatée dans l'océan Indien a été étudié en détail par DENIS-CLOCHIATTI (1982). Les fortes proportions de carbonates dans ce domaine sont contemporaine des périodes interglaciaires. Les cycles à haute fréquence de l'accumulation du calcaire sont contrôlés principalement par les balancements latitudinaux de fronts hydrologiques et des masses d'eaux associées, traduisant la réorganisation climatique de la structure thermohaline de l'océan indien. Cette modification générale à l'échelle mondiale, perceptible uniquement hors des ceintures de convergence polaire de l'état d'équilibre des carbonates dissous en milieu océanique serait une réponse de ce milieu aux glaciations/déglaciations.

Il en est de même pour différents sites de l'Atlantique (WILLIAMS & LEDBETTER 1979; BALSAM 1988; MIENERT et *al.* 1988) où se produit une forte dissolution des carbonates pendant les périodes froides.

4. 4. CONCLUSION

L'étude de ces différents cas, montre que les causes des fluctuations des teneurs en carbonates dans les dépôts pélagiques sont liées principalement au type de contexte sédimentaire. En fonction de ce dernier, l'un des facteurs suivants dominera : soit la dilution par du matériel silicoclastique terrigène, soit le couple dissolution-production carbonatée et siliceuse planctonique, soit l'apport de carbonates détritiques issus des plates-formes.

Dans le bassin des Loyauté, la présence de la Grande-Terre fournit un flux terrigène important diluant les carbonates; la ceinture récifale, par son développement, contrôle en partie les variations de la sédimentation carbonatée. Ces deux sources sont elles mêmes contrôlées par les variations du niveau de la mer. La productivité planctonique est très difficile à mettre en évidence, mais dans le cas des diatomées et du plancton siliceux en général, il y a augmentation de la production pendant les périodes glaciaires, pouvant conduire au dépôt de véritables lits de diatomées.

Le bassin des Loyauté est très semblable aux bassins bahamiens (Tongue of the Ocean et Exuma Sound avec le site 632 A), par ses dimensions, la morphologie de ses pentes (modèle de bypass margin gullied slope), avec cependant plus d'érosion sur les pentes en Nouvelle-Calédonie et par la minéralogie des sédiments carbonatés. Les évolutions respectives des teneurs en carbonates au cours du temps sont tout à fait comparables : le développement des récifs se traduit par une augmentation des teneurs en aragonite et en carbonates (carotte KK21) dans les dépôts des bassins adjacents. Ce parallélisme est très net pour les environs de Lifou et le pied de la pente SW de la Nouvelle-Calédonie, mais au large de Thio, la morphologie de la pente, l'accumulation importante de résédiments en bas du talus, le flux terrigène élevé du fait de la proximité de la Nouvelle-Calédonie et de la passe de Thio, les taux de sédimentation forts en périodes glaciaires montrent nettement que ce domaine se situe dans un contexte mixte : carbonaté et silicoclastique.

Ce système hybride du bassin des Loyauté est une originalité, montrant que beaucoup de facteurs sont en jeu dans le contrôle des fluctuations des carbonates et que les comparaisons avec d'autres marges doivent se faire avec prudence pour ce qui concerne les causes de ces fluctuations. En particulier, la productivité planctonique présente des variations induites par l'apport de nutriments en provenance du continent (cas en contexte silicoclastique et au large de Thio) ou par des causes purement océaniques.

Mais dans pratiquement tous les domaines étudiés, l'eustatisme est l'un des facteurs principaux dans la répartition et la composition des sédiments quaternaires en fonction du temps. Les apports provenant du continent et de la plate-forme carbonatée peuvent être modulés en intensité par les variations du niveau marin. Ainsi, une faible baisse de ce niveau peut simplement découvrir le sommet du récif et réduire le flux détritique carbonaté, ainsi que le flux terrigène, alors qu'une chute rapide et importante du niveau marin émergeant la totalité de la plate-forme permet un transit plus rapide et plus importante du matériel terrigène dans le bassin (DOLAN 1989). Ce mécanisme se retrouve dans le bassin des Loyauté, surtout au large de Thio.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La recherche par différentes méthodes de l'enregistrement de l'eustatisme dans la sédimentation quaternaire de périplate-forme et de bassin autour de la Nouvelle-Calédonie, permet de proposer des modes d'évolution de la sédimentation en fonction des variations du niveau marin.

L'étude sédimentologique et en particulier l'analyse des fonds au sondeur de sédiments a d'abord permis de déceler dans le bassin des Loyauté les influences de deux contextes sédimentaires : l'un mixte silicoclastique et carbonaté, au large de Thio caractérisé par l'abondance des matériaux resédimentés, un autre carbonaté au large de Lifou, se rapprochant du modèle bahamien.

Dans un cadre biostratigraphique bien défini, une chimiostratigraphie par les carbonates autorise des corrélations entre les carottes en même temps qu'avec les fluctuations du niveau de la mer; il ressort :

- en période froide et de bas niveau marin (ex. Würm), les sédiments sont relativement pauvres en carbonates;

- en période chaude et de haut niveau marin (ex. Holocène), l'inverse peut être observé.

Il existe donc des cycles carbonatés calqués sur les variations climato-eustatiques.

Le parallélisme entre les courbes des teneurs en carbonates et en aragonite, très bien observable au large de Lifou et dans la carotte KK 21, suggère une liaison avec le développement des systèmes récifaux où alternent des périodes de croissance et des périodes d'émersion. Cette relation a été mise en évidence dans la carotte KK 21 où les sédiments carbonatés profonds ont pu être corélés à la succession du récif-barrière au SW de la Grande Terre traversée par forage. Les périodes chaudes de haut niveau marin, déterminées grâce à la courbe de $\delta^{18}\text{O}$, sont en correspondance avec de fortes teneurs en carbonates et en aragonite ainsi qu'avec les différentes phases de l'édification du récif. Ces corrélations sont étendues au bassin des Loyauté.

L'étude des formes planctoniques révèle de fortes proportions de kystes de dinoflagellées pendant les épisodes de transgression et le développement de boues à *Ethmodiscus rex* pendant les périodes de glaciation, témoignant de l'influence d'eaux antarctiques profondes riches en éléments nutritifs.

L'allochtonie des restes végétaux est caractérisée en période de bas niveau marin par un pourcentage élevé de pollens d'*Araucaria* dans les sédiments; les éléments de la phase sableuse (>63 μm) ont une répartition complexe, dépendant surtout de celles de turbidites, mais certaines tendances se dégagent :

- les spicules de spongiaires sont abondants pendant les périodes froides;
- les foraminifères benthiques, les débris de coraux, d'algues et d'échinodermes sont abondants dans les turbidites et sont fortement représentés pendant les transgressions.

La quantification des transferts par l'analyse des flux sédimentaires est une source intéressante d'informations. Au large de Thio, le flux terrigène contrôle les fluctuations des carbonates par un effet de dilution alors qu'au large de Lifou, le flux carbonaté contrôle le flux sédimentaire total. Cela confirme le découpage du bassin en deux zones d'influence dépendantes de l'étendue et du type de l'arrière pays : la Grande-Terre exportatrice de produits terrigènes d'une part, l'île de Lifou, peu étendue et recouverte de calcaires récifaux d'autre part.

En outre, du fait de la faible profondeur de dépôt des sédiments, la dissolution des carbonates est pratiquement inexistante, donc peu susceptible de contrôler les fluctuations des carbonates. Le flux planctonique, qu'il soit carbonaté (coccolithes, foraminifères et ptéropodes) ou siliceux (radiolaires et diatomées) est difficilement quantifiable. Le dépôt épisodique de boues à diatomées montre qu'il peut jouer un rôle important dans les fluctuations des teneurs en carbonates; quant au flux carbonaté planctonique, dominé par les coccolithes, il nécessite une étude approfondie permettant de déterminer la dépendance des événements climatiques et son rôle dans les variations des teneurs en carbonate au cours du temps. La variété des sources sédimentaires explique la difficulté de faire la part des différents flux et de leur importance; il est possible cependant de comparer les systèmes sédimentaires néocalédoniens à des modèles classiques, carbonatés et/ou silicoclastiques d'autres régions du globe. Il ressort que c'est avec le modèle carbonaté bahamien que le cas étudié présente le plus d'affinité même si l'environnement terrigène au large de la côte Est-calédonienne lui confère une originalité propre.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AHARON, P. and CHAPPELL, J., 1986. Oxygen isotopes, sea level changes and the temperature history of a coral reef environment in New Guinea over the last 10⁵ years. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 56, pp. 337-379.
- AMEZIAME-COMINARDI, N. et ROUX, M., 1987 Biocorrosion et micritisation des ossicules d'échinodermes en milieu bathyal au large de la Nouvelle-Calédonie. *C. R. Acad. Sc., Paris*, t. 305, pp. 701-705.
- ARRHENIUS, G., 1952. Sediment cores from the East Pacific. In : PETTERSON, H. (Editor), *Reports of the Swedish Deep Sea Expedition, 1947-1948*, vol. 5, 201 p.
- ARRHENIUS, G., 1988. Rate of production, dissolution and accumulation of biogenic solids in the ocean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 67, pp. 119-146.
- AUSTIN, J. A., Jr., SCHLAGER, W. et al., 1988. *Proc. ODP, Science Results*, vol. 101 : College Station, TX (Ocean Drilling Program), 501 p.
- BALSAM, W. L., 1988. Sediment accumulation rates West of the Mid-Atlantic ridge (-35° N). *Marine Geology*, vol. 81, pp. 1-13.
- BAUDRON, J. C., GUILLON, J. H. et RECY, J., 1976. Géochronologie par la méthode K/Ar du substrat volcanique de l'île de Maré, archipel des Loyauté (Sud-Ouest Pacifique). *Bulletin du B. R. G. M.*, (2ème série), Section IV, n°3, pp. 165-175.
- BEARD, J. H., SANGREE, J. B. and SMITH, L. A., 1982. Quaternary chronology, paleoclimate, depositional sequences and eustatic cycles. *Bull. Am. Ass. Pet. Geol.*, vol. 66, n°2, pp. 158-169.
- BERGER, W. H., 1973. Deep-sea carbonates : Pleistocene dissolution cycles. *Journal of Foraminiferal Research*, vol. 3, n°4, pp. 187-195.
- BERGER, W. H., SMETACEK, V. S. and WEFER, G., (eds) 1989. Productivity of the Ocean : Present and Past. Life Sciences Research Report 44, *John Wiley & Sons*, 470 p.
- BERGGREN, W. A., KENT, D. V. and van COUVERING, J. A., 1985. The Neogene : Part 2. Neogene geochronology and chronostratigraphy. In : SNELLING, N. J., (ed.). The chronology of geological record. Memoir N° 10, *The Geological Society by Blackwell Scientific Publications*, pp. 211-260.
- BITOUN, G. et RECY, J., 1982. Origine et évolution du bassin des Loyauté et de ses bordures après la mise en place de la série ophiolitique de Nouvelle-Calédonie. *Travaux et Documents de l'ORSTOM*, n°147, pp. 509-539.
- BOARDMAN, M. R. and NEUMANN, A. C., 1984. Sources of periplatform carbonates, Northwest Providence Channel, Bahamas. *J. Sediment. Petrol.* vol. 54, n°4, pp. 1110-1123.
- BOARDMAN, M. R. and NEUMANN, A. C., 1986. Reply on " Banktop responses to Quaternary fluctuations in sea level recorded in periplatform sediments ", *Geology*, vol. 14, pp. 1040-1041.

- BOARDMAN, M. R., NEUMANN, A. C., BAKER, P. A., DULIN, L. A., KENTER, R. J., HUNTER, G. E. and KIEFER, K. B., 1986. Banktop responses to Quaternary fluctuations in sea level recorded in periplatform sediments. *Geology*, vol. 14, pp. 28-31.
- BOUVIER-SOUMAGNAC, Y. and DUPLESSY, J. C., 1985. Carbon and oxygen isotopic composition of planktonic foraminifera from laboratory culture, plankton tows and recent sediment : implications for the reconstruction of paleoclimatic conditions and the global carbon cycle. *Journal of Foraminiferal Research*, vol. 15, n°4, pp. 302-320.
- BROECKER, W. S., 1982. Ocean chemistry during glacial time. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 46, pp. 1689-1705.
- BROECKER, W. S. and DENTON, G. H., 1989. The role of ocean-atmosphere reorganizations in glacial cycles. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 53, pp. 2465-2501.
- BUFFLER, R. T., SCHLAGER, W., et al., 1984. *Init. Repts. DSDP* vol. 77 : Washington (U. S. Govt. Printing Office). 747 p.
- CABIOCH, G., THOMASSIN, B. A. et LECOLLE, J. F., 1989. Age d'émergence des récifs frangeants holocènes autour de la "Grande Terre" de Nouvelle-Calédonie (SO Pacifique) : nouvelle interprétation de la courbe des niveaux marins depuis 8000 ans B. P. C. R. *Acad. Sci. Paris*, t. 308, série II, pp. 419-425.
- CARRIERE, D., 1987. Enregistrement sédimentaire, diagénétique et morphologique d'un bombement lithosphérique sur l'atoll soulevé de Maré, archipel des Loyauté, Nouvelle Calédonie. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 305, pp. 975-980.
- COTILLON, P., LIU, J. D., GAILLARD, C. et EVIN, J., 1989a. Evolution du taux de sédimentation au cours des derniers 30000 ans aux abords de la Nouvelle-Calédonie (SW Pacifique) : résultats de datations au radiocarbone et par la courbe de l'oxygène 18. *Bull. Soc. Géol. France*, (8), t. V, n°4, pp. 881-884.
- COTILLON, P., RIGOLOT, P., COUSTILLAS, F., GAILLARD, C., LAURIN, B., LIU, J. D., PANNETIER, W., PASCAL, A. et RIO, M., 1989. Pentes et bassins au large de la Nouvelle-Calédonie (Sud-Ouest Pacifique); morphologie, environnements biosédimentaires, sédimentation. *Oceanologica Acta*, vol. 12, n°2, pp. 131-140.
- COUDRAY, J., 1976. Recherches sur le Néogène et le Quaternaire marins de la Nouvelle-Calédonie. Expédition française sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie, vol. 8, *Fondation Singer-Polignac*, 275 p.
- COUDRAY, J., 1977. Recherches sur le Quaternaire marin de la Nouvelle-Calédonie : contribution de l'étude des récifs coralliens et des éolianites associées à la reconstitution de l'histoire climatique et structurale. *Bull. Ass. Fran. Et. Quat.*, vol. 1, n°50, pp. 331-340.
- COUDRAY, J. et DELIBRIAS, G., 1972. Variations du niveau marin au dessus de l'actuel en Nouvelle-Calédonie depuis 6000 ans. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 273, pp. 2623-2626.
- COUDRAY, J. et MONTAGGIONI, L., 1982. Coraux et récifs coralliens de la province indo-pacifique : répartition géographique et altitudinale en relation avec la tectonique globale. *Bull. Soc. Géol. France*, (7), t. XXIV, n°5-6, pp. 981-993.

- CREVELLO, P. D. and SCHLAGER, W., 1980. Carbonate debris sheets and turbidites, Exuma Sound Bahamas. *J. Sediment. Petrol.*, vol. 50, pp. 1121-1148.
- DAMUTH, J. E., 1975. Echo character of the western Equatorial Atlantic floor and its relationship to the dispersal and distribution of terrigenous sediments. *Marine Geology*, vol. 18, pp. 17-45.
- DAMUTH, J. E., 1980. Use of high-frequency (3,5-12 kHz) echograms in the study of near-bottom sedimentation processes in the deep-sea : a review. *Marine Geology*, vol. 38, pp. 51-75.
- DAMUTH, J. E. and HAYES, D. E., 1977. Echo character of the East Brazilian continental margin and its relationship to sedimentary processes. *Marine Geology*, vol. 24, pp. 73-95.
- DAMUTH, J. E., FLOOD, R. D., KOWSMANN, R. O., BELDERSON, R. H. and GORINI, M. A., 1988. Anatomy and growth pattern of Amazon deep sea fan as revealed by long-range side-scan sonar (GLORIA) and high-resolution seismic studies. *Bull. Am. Ass. Pet. Geol.*, vol. 72, n°8, pp. 885-911.
- DEAN, W. E., LEINEN, M. and STOW, D. A. V., 1985. Classification of deep sea fine-grained sediments. *J. Sediment. Petrol.*, vol. 55, n°2, pp. 250-256.
- DEBENAY, J. P., 1985. Recherches sur la sédimentation actuelle et les thanatocoénoses des foraminifères de grande taille dans le lagon Sud-Ouest et sur la marge insulaire Sud de la Nouvelle-Calédonie. *Thèse de Doctorat d'état de l'Université d'Aix-Marseille II*, 200 p., annexes I et II.
- DENIS-CLOCHIATTI, M., 1982. Sédimentation carbonatée et paléoenvironnement dans l'océan Indien au Cénozoïque. *Mémoires de la Société Géologique de France* (Nouvelle série), n°143, 92 p.
- DIESTER-HAAS, L. and ROTHE, P., 1987. Plio-Pleistocene sedimentation on the Walvis ridge, Southeast Atlantic (DSDP leg 75, site 532). Influence of surface currents, carbonate dissolution and climate. *Marine Geology*, vol. 77, pp. 53-85.
- DOLAN, J. F., 1989. Eustatic and tectonic controls on deposition of hybrid siliciclastic/carbonate basinal cycles : discussion with examples. *Bull. Am. Ass. Pet. Geol.*, vol. 73, n°10, pp. 1233-1246.
- DROXLER, A. W., 1986. Comment on " Banktop responses to Quaternary fluctuations in sea level recorded in periplatform sediments" *Geology*, vol. 14, pp. 1039-1040.
- DROXLER, A. W. and SCHLAGER, W., 1985a. Glacial versus interglacial sedimentation rates and turbidites frequency in the Bahamas. *Geology*, vol. 13, pp. 799-802.
- DROXLER, A. W. and SCHLAGER, W., 1985b. Sources of platform carbonates : Northwest Providence Channel, Bahamas - Discussion. *J. Sediment. Petrol.*, vol. 55, pp. 928-929.
- DROXLER, A. W., MORSE, J. W. and KORNICKER, W. A., 1988. Controls on carbonate mineral accumulation in Bahamian basins and adjacent Atlantic ocean sediments. *J. Sediment. Petrol.*, vol. 58, n°1, pp. 120-130.
- DROXLER, A. W., SCHLAGER, W. and WHALLON, C. C., 1983. Quaternary aragonite cycles and oxygen-isotope record in the Bahamian carbonate ooze. *Geology*, vol. 11, pp. 235-239.

- DUBOIS, J., LAUNAY, J. and RECY, J., 1973. Les mouvements verticaux en Nouvelle-Calédonie et aux îles Loyauté et interprétation de certains d'entre eux dans l'optique de la tectonique des plaques. *Cah. ORSTOM, sér., Géol.*, vol. V, n°1, pp. 3-24.
- DUBOIS, J., LAUNAY, J. and RECY, J., 1974a. Uplift movements in New-Caledonia Loyalty islands area and their plate tectonics interpretation. *Tectonophysics*, vol. 24, pp. 133-150.
- DUBOIS, J., RAVENNE, C., AUBERTIN, A., LOUIS, J., GUILLAUME, R., LAUNAY, J. et MONTADERT, L., 1974b. Continental margins near New-Caledonia. In : BURK, C. A. and DRAKE, C. L. (eds.). *The Geology of continental margins. Springer*, pp. 521-535.
- EMERY, W. J. and MEINCKE, J., 1986. Global water masses : summary and review. *Oceanologica Acta*, vol. 9, n°4, pp. 383-391.
- EMILIANI, C., 1955. Pleistocene temperatures. *Journal of Geology*, vol. 63, pp. 538-578.
- ERICSON, D. B. and WOLLIN, G., 1986. Pleistocene climates and chronology in deep sea sediments. *Science*, vol. 162, n°3859, pp. 1227-1234.
- FANG, N., 1987. Le contrôle climatique de la sédimentation Quaternaire récente dans la région moyenne du cône profond du Gange (Océan Indien). *Thèse de doctorat, Université Paris VI*, 159 p.
- GAILLARD, C., 1988. Bioturbation récente au large de la Nouvelle-Calédonie. Premiers résultats de la campagne BIOCAL. *Oceanologica Acta*, vol. 11, n°4, pp. 389-399.
- GARDNER, J. V., 1982. High resolution carbonate and organic-carbon stratigraphies for the late Neogene and Quaternary from the western Caribbean and Eastern Equatorial Pacific. In : PRELL, W. L., GARDNER, J. V. et al., *Init. Repts. DSDP 68 : Washington (U. S. Govt. Printing Office)*, pp. 347-364.
- GARDNER, J. V. and BURCKLE, L. H., 1975. Upper Pleistocene *Ethmodiscus rex* oozes from the Eastern Equatorial Atlantic. *Micropaleontology*, vol. 21, n°2, pp. 236-242.
- GARDULSKI, A. F., MULLINS, H. T., OLDFIELD, B., APPLGATE, J. and WISE, S. W., Jr., 1986. Carbonate mineral cycles in ramp slope sediment : Eastern Gulf of Mexico. *Paleoceanography*, vol. 1, n° 4, pp. 555-565.
- GIRESSÉ, P. and BARUSSEAU, J. P., 1989. Quaternary accumulation rates by hemipelagic and gravity current sedimentation on the Atlantic margin of Africa : control factors of advective and vertical flows. *Marine Geology*, vol. 89, pp. 279-297.
- GODDARD, E. N., TRASK, P. D., de FORD, R. K., ROVE, O. N., SINGEWARD, J. J. and OVERBECK, R. M., 1963. Rock color Chart. The rock color chart committee. *The Geological Society of America*.
- GONORD, H., 1977. Recherches sur la géologie de la Nouvelle-Calédonie; sa place dans l'ensemble structural du Pacifique Sud-Ouest. *Thèse de Doctorat de l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc. Montpellier*. 310p.
- GUEVEL, D., 1983. Etude hydrologique du canal des îles Loyauté. *Ann. Hydrogr., Paris*, 5^{ème} sér., 11, (758), pp. 33-39.

- HAENEL, P. 1985. Intérêt paléocéanographique d'*Orbulina universa* d'Orbigny (Foraminifère). *Thèse de Doctorat de l'Université C. Bernard LYON I*. 129 p.
- IMBRIE, J., HAYS, J. D., MARTINSON, D. G., McINTYRE, A., MIX, A. C., MORLEY, J. J., PISIAS, N. G., PRELL, W. L. and SHACKLETON, N. J., 1984. The orbital theory of Pleistocene climate : support from a revised chronology of the marine $\delta^{18}\text{O}$ record. In : BERGER, A. L. et al. (eds), *Milankovitch and climate, Part I, Reidel Publishing Company*, pp. 269-305.
- JACOBI, R. D., 1976. Sediment slides on the Northwestern continental margin of Africa. *Marine Geology*, vol. 22, pp. 157-173.
- JACOBI, R. D., 1982. Microphysiography of the Southeastern North Atlantic and its implications for the distribution of near-bottom processes and related sedimentary facies. *Bull. Inst. Geol. Bassin d'Aquitaine*, Bordeaux, n°31, pp. 31-46.
- JANIN, M. C., 1987. Micropaléontologie de concrétions polymétalliques du Pacifique central : Zone de Clarion-Clipperton, Chaîne Centre Pacifique, Iles de la Ligne et Archipel des Touamotou (Eocène Actuel). *Mémoires de la Société Géologique de France*, (Nouvelle série), n°152, 317 p.
- JOHNSON, T. C., 1974. Dissolution of siliceous microfossils in surface sediments of the Eastern Tropical Pacific. *Deep-Sea Research*, vol. 21, pp. 851-864.
- KIER, J. S. and PILKEY, O. H., 1971. The influence of sea level changes on sediment carbonate mineralogy, Tongue of The Ocean, Bahamas. *Marine Geology*, vol. 11, pp. 189-200.
- KLEIN, G. D., 1985. The frequency and periodicity of preserved turbidites in submarine fans as a quantitative record of tectonic uplift in collision zones. *Tectonophysics*, vol. 119, pp. 181-193.
- KOUNKOU, G. L. and BARUSSEAU, J. P., 1988. Terrigenous sedimentation of the upper Quaternary in the Cayar deep sea fan (Sénégal-Gambia abyssal plain-Atlantic Ocean). *Oceanologica Acta*, vol. 11, n°4, pp. 359-368.
- LAINÉ, E. P., DAMUTH, J. E. and JACOBI, R. D., 1986. Surficial sedimentary processes revealed by echo character mapping in the western North Atlantic. In : VOGT, P. R. and TUCHOLKE, B. E., (eds), *The geology of North America, volume M, The western North Atlantic region. Geological Society of America*, pp. 427-436.
- LATHAM, M. et MERCKY, P., 1983. Etudes des sols des Iles Loyauté; carte pédologique et carte d'aptitude culturale et forestière à 1 : 200000. *ORSTOM*, Notice explicative n°99, 45 p.
- Le BORGNE, R., 1986. Résultats des campagnes à la mer du Programme PROCAL. *ORSTOM Nouméa Nouvelle-Calédonie*. 154 p.
- Le CANN, C., 1987. Le diapirisme dans le bassin liguro-provençal (Méditerranée Occidentale). *Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale*, 296 p.
- LECOLLE, J. F. et CABIOCH, G., 1988. La limite Holocène-Pléistocène dans le récif frangeant Ricaudy (Nouvelle-Calédonie). Géochronologie, faciès et diagenèse. Implications eustatiques et néotectoniques. *Marine Geology*, vol. 81, pp. 241-260.

- LIU, J. D., 1988. Sédimentation actuelle et récente dans le bassin des Loyauté entre Thio et Lifou (Nouvelle-Calédonie, Pacifique Sud-Ouest). *Thèse de doctorat, Université C. Bernard Lyon I*, 137 p.
- LIU, J. D. and COTILLON, P., 1989. Present and recent sedimentation in the Loyalty basin along the Thio-Lifou profil (New Caledonia, Southwest Pacific). *Marine Geology*, vol. 87, pp. 207-226.
- MARTINI, E., 1971. Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In : FARINACCI, A., (eds), *Proceedings II Planktonic Conference*, Roma, 1970, vol. 2, pp. 739-785.
- MARTINI, E., 1976. Cretaceous to recent calcareous nannoplankton from the Central Pacific Ocean (DSDP leg 33). *Initial Rep. Deep Sea Drill. Proj.*, vol. 33, pp. 383-423.
- MENAGER, M. T., 1985. Echelles des temps géologiques. In : ROTH, E. et POTY, B. (eds). *Méthodes de datation par les phénomènes nucléaires naturels. Applications. MASSON*, pp. 538-546.
- MIALL, A., 1984. Principles of sedimentary basin analysis. *Springer Verlag* 490 p.
- MIENERT, J., CURRY, W. B. and SARNTHEIN, M., 1988. Sonostratigraphic records from equatorial Atlantic deep-sea carbonates : paleoceanographic and climatic relationships. *Marine Geology*, vol. 83, pp. 9-20.
- MIKKELSEN, N., 1977. On the origin of *Ethmodiscus* ooze. *Marine Micropaleontology*, vol. 2, pp. 35-46.
- MONZIER, M., BOULIN, J., COLLOT, J. Y., DANIEL, J., LALLEMAND, S. et PELLETIER, B., 1989. Premiers résultats des plongées *Nautille* de la campagne SUBPSO I sur la zone de collision "ride des Loyauté arc des Nouvelles-Hébrides" (Sud-Ouest Pacifique). *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 309, pp. 2069-2076.
- MULLINS, H. T., 1983. Reply on "Eustatic control of turbidites and winnowed turbidites ". *Geology*, vol. 11, pp. 57-58.
- MULLINS, H. T., BOARDMAN, M. R. and NEUMANN, A. C., 1979. Echo character off platform carbonates. *Marine Geology*, vol. 32, pp. 251-268.
- MULLINS, H. T., GARDULSKI, A. F., HINCHEY, E. J. and HINE, A. C., 1988. The modern carbonate ramp slope of central West Florida. *J. Sediment. Petrol.*, vol. 58, n°2, pp. 273-290.
- NELSON, C. H. and MALDONADO, A., 1988. Factors controlling depositional patterns of Ebro turbidite systems, Mediterranean Sea. *Bull. Am. Ass. Pet. Geol.*, vol. 72, n°6, pp. 698-716.
- NELSON, C. S., HENDY, C. H., CUTHBERTSON, A. M. and JARRET, G. R., 1986. Late Quaternary carbonate and isotope stratigraphy, Subantarctic site 594, Southwest Pacific. In : KENNETT, J. P., von der BORCH, C. C. et al., *Init. Repts. DSDP*, vol. 90, Washington (U. S. Govt. Printing Office), pp. 1425-1436.
- OLAUSSEN, E., 1988. On the Cenozoic Oceans : Evidence of the calcium carbonate content, $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, vol. 67, pp. 103-118.

- PASCAL, F., 1990. Minéralogie, géochimie et dynamique des carbonates actuels et récents du bassin des Loyauté (Nouvelle-Calédonie, Pacifique Sud-Ouest). *Thèse de doctorat, Université C. Bernard LYON I*. 192 p.
- PERCH-NIELSEN, K., 1985. Cenozoic calcareous nannofossils. In : BOLLI, H. M., SAUNDERS, J. B. and PERCH-NIELSEN, K., (eds). *Plankton stratigraphy. Cambridge University Press*, pp. 427-554.
- PICKERING, K., STOW, D., WATSON, M. and HISCOTT, R., 1986. Deep-water facies, processes and models : a review and classification scheme for modern and ancient sediments. *Earth-Science Reviews*, vol. 23, pp. 75-174.
- PRELL, W. L., 1982. Oxygen and carbon isotope stratigraphy for the Quaternary of hole 502B : evidence for two modes of isotopic variability. In : PRELL, W. L., GARDNER, J. V. et al., *Init. Repts. DSDP*, vol. 68 : Washington (U. S. Govt. Printing Office), pp. 445-464.
- READ, J. F., 1985. Carbonate platform facies models. *Bull. Am. Ass. Pet. Geol.*, vol. 69, n°1, pp. 1-21.
- REYMER, J. C., SCHLAGER, W. and DROXLER, A. W., 1988. Site 632 : Pliocène-Pleistocene sedimentation cycles in a Bahamian basin. In : AUSTIN, J. A., Jr., SCHLAGER, W. et al., *Proc. ODP, Sci. Results*, 101 : College Station, TX (Ocean Drilling Program), pp. 213-220.
- RIGOLOT, P., 1988. Prolongement méridional des grandes structures géologiques de la Nouvelle-Calédonie et découverte de monts sous-marins interprétés comme un jalon dans un nouvel alignement de Hot-Spot. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 307, pp. 965-972.
- ROUGERIE, F., 1986. Le lagon SW de Nouvelle-Calédonie : Spécificité hydrologique, dynamique et productivité. *Etudes et Thèses, ORSTOM*, Paris, 234 p.
- SHACKLETON, N. J. and OPDYKE, N. D., 1973. Oxygen isotope and palaeomagnetic stratigraphy of Equatorial Pacific core V28-238 : oxygen isotope temperatures and ice volumes on a 10^5 year and 10^6 year scale. *Quaternary Research*, vol. 3, pp. 39-55.
- SHANMUGAM, G. and MOIOLA, R. G., 1982. Eustatic control of turbidites and winnowed turbidites. *Geology*, vol. 10, pp. 231-235.
- SHANMUGAM, G. and MOIOLA, R. G., 1984. Eustatic control of calciclastic turbidites. *Marine Geology*, vol. 56, pp. 273-278.
- SHANMUGAM, G. and MOIOLA, R. G., 1988. Submarine fans : characteristics, models, classification and reservoir potential. *Earth-Science Reviews*, vol. 24, pp. 383-428.
- SCHLAGER, W. and CAMBER, O., 1986. Submarine slopes angles, drowning unconformities, and self-erosion of limestone escarpments. *Geology*, vol. 14, pp. 762-765.
- SCHLAGER, W. and CHERMAK, A., 1979. Sediment facies of platform-basin transition, Tongue of The Ocean, Bahamas. *Spec. Publs. Soc. Econ. Paleon. Mineral.*, n°27, pp. 193-228.
- TANIMURA, Y., 1981. Late Quaternary marine diatom *Ethmodiscus rex* from the Northwest Pacific Ocean. *Bull. Natn. Sci. Mus. Tokyo*, ser. C, vol. 7, n°3, pp. 91-97.

- THIERSTEIN, H. R., GEITZENAUER, K. R., MOLFINO, B. and SHACKLETON, N. J., 1977. Global synchronicity of late Quaternary coccolith datum level : validation by oxygen isotopes. *Geology*, vol. 5, pp. 400-404.
- THOMPSON, P. R., 1976. Planktonic foraminiferal dissolution and the progress towards a Pleistocene Equatorial Pacific transfer function. *Journal of Foraminiferal Research*, vol. 6, n°3, pp. 208-227.
- VANNEY, J. R., 1990. Le modelé des pentes sous-marines de Nouvelle-Calédonie observé par submersible. *Mémoire TOTAL CFP*. (sous presse).
- VAN MARLE, L. J., 1988. Bathymetric distribution of benthic foraminifera on the Australian-Irian Jaya continental margin, Eastern Indonesia. *Marine Micropaleontology*, vol. 13, pp. 97-152.
- VINCENT, E. et LAURIN, B., 1988. Les associations des foraminifères benthiques du bassin des Loyauté (Nouvelle-Calédonie), autochtone et allochtone. *Rev. Micropaléontologie*, vol. 31, n°3, pp. 196-206.
- WILLIAMS, D. F. and LEDBETTER, M. J., 1979. Chronology of late Brunhes biostratigraphy and late Cenozoic disconformities in the Vema Channel (South Atlantic). *Marine Micropaleontology*, vol. 4, pp. 125-136.

LISTE DES FIGURES

- Figure 1 - Place du bassin des Loyauté dans le contexte géodynamique du Sud-Ouest Pacifique. page 10
- Figure 2 - Cadre géologique, tectonique et localisation des boites Sea-Beam dans la région de Nouvelle-Calédonie. Echelle des profondeurs en brasses. Page 11
- Figure 3 - Organisation courantologique et thermohaline de la couche de surface dans la région néocalédonienne pendant l'été austral de Septembre 1979 (d'après ROUGERIE 1986) (A). Carte de salinité et des courants à 1000m de profondeur (d'après GUEVEL 1985) (B).Page 13
- Figure 4 - Localisation des carottes KULLENBERG étudiées dans la boite Sea-Beam 1 (1) et dans la boite Sea-Beam 2 (2). Page 17
- Figure 5 - Localisation des carottes KULLENBERG étudiées dans la boite Sea-Beam 5 (1) et dans le centre du bassin des Loyauté (2). Page 18
- Figure 6 - Analyse isotopique de l'oxygène de la carotte V28-238 du Pacifique Equatorial (d'après SHACKLETON & OPDYKE 1973). a) variations du $\delta^{18}\text{O}$ pour mille PDB le long de la carotte en liaison avec les stades isotopiques et le paléomagnétisme au Quaternaire. b) liaison entre la courbe isotopique du $\delta^{18}\text{O}$ et les datations absolues en années BP pour le Pléistocène terminal et l'Holocène. c) âge et profondeur des limites des stades isotopiques dans la carotte. Page 24
- Figure 7 - Transect des profils 3,5 kHz effectués en continu à bord du Charcot au large de la Nouvelle-Calédonie pendant la croisière BIOCAL. Page 31
- Figure 8 - Principaux échofaciès a, b et c caractéristiques fournis par les échogrammes 3,5 kHz dans la région étudiée. Page 33
- Figure 9 - Principaux échofaciès a, b, c, d, e et f caractéristiques fournis par les échogrammes 3,5 kHz dans la région étudiée. Page 34
- Figure 10 - Plan de position des profils d'échosondeur analysés lors de l'étude. Echelle des profondeurs en brasses. Page 35
- Figure 11 - Echogramme du profil n° 39, au NW de Lifou proche du bassin des Nouvelles-Hébrides Page 37
- Figure 12 - Echogramme du profil n° 37, en bas de la pente orientale de Lifou. Page 38
- Figure 13 - Cartes de répartition des échofaciès 3,5 kHz (a) et des lithofaciès (b) dans la boite SB 3 (NW de Lifou). Page 39
- Figure 14 - Echogramme du profil composite 16-17 au Sud-Ouest de Lifou, traversant la Ride Lévi et une partie du bassin des Loyauté. Page 40
- Figure 15 - Cartes de répartition des échofaciès 3,5 kHz (a) et des lithofaciès (b) dans la boite SB 2 (SW de Lifou). Page 41
- Figure 16 - Echogramme du profil n° 15 en bas de la pente de Thio. Page 42
- Figure 17 - Cartes de répartition des échofaciès 3,5 kHz (a) et des lithofaciès (b) dans la boite SB 1 (au large de Thio). Page 43
- Figure 18 - Echogramme du profil n° 64, de la pente SW de la Nouvelle-Calédonie. Page 44

- Figure 19 - Echogramme du profil n° 70, de la pente SW de la Nouvelle-Calédonie. Page 45
- Figure 20 - Cartes de répartition des échofaciès 3,5 kHz (a) et des lithofaciès (b) dans la boîte SB 5 (marge occidentale de la Nouvelle-Calédonie). Page 46
- Figure 21 - Echogramme du profil n° 54 de la pente SW au large de l'île des Pins. Page 47
- Figure 22 - Echogramme du profil n° 55, parallèle à la côte orientale de la Nouvelle-Calédonie. Page 47
- Figure 23 - Cartes de répartition des échofaciès 3,5 kHz (a) et des lithofaciès (b) dans la boîte SB 4 (au large de l'île des Pins). Page 48
- Figure 24 - Echogramme du profil n° 56 recoupant la ride des Pins à substratum certainement basaltique. Page 50
- Figure 25 - Echogramme du profil n° 57 de la pente Sud de l'île des Pins. Page 51
- Figure 26 - Echogramme du profil n° 58 d'orientation W-E au Sud de l'île des Pins. Page 52
- Figure 27 - Echogramme du profil n° 59 de la pente Sud de l'île des Pins. Page 52
- Figure 28 - Echogramme du profil n° 60 recoupant le soubassement du récif barrière de la marge occidentale de la Nouvelle-Calédonie. Page 53
- Figure 29 - Echogramme du profil n° 61 parallèle à la côte occidentale de la Nouvelle-Calédonie. Page 54
- Figure 30 - Echogramme d'un profil transversal du bassin des Loyauté. L'encart en bas à droite donne la position. Page 55
- Figure 31 - Schéma de la dynamique sédimentaire au large de Thio (boîte SB 1). Le fond topographique résulte d'un traitement en trois dimensions de l'enregistrement Sea-Beam. Page 57
- Figure 32 - Schéma de la dynamique sédimentaire au large de Lifou (boîte SB 2). Le fond topographique résulte d'un traitement en trois dimensions de l'enregistrement Sea-Beam. Page 59
- Figure 33 - Courbe des variations du niveau relatif de la mer établie à partir des données du $\delta^{18}\text{O}$ de la carotte V28-238 et de terrasses récifales (d'après SHACKLETON & OPDYKE 1973) (A). Courbes des variations du niveau de la mer et des mesures isotopiques à partir de terrasses coralliennes de Nouvelle-Guinée (d'après AHARON & CHAPPELL 1986) (B). Page 62
- Figure 34 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 231 (boîte SB 1). Page 64
- Figure 35 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 335 (au large de Thio). Page 66
- Figure 36 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 97 (boîte SB 1). Page 67
- Figure 37 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 93 (centre du bassin). Page 69

- Figure 38 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 319 (boite SB 2). Page 70
- Figure 39 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 88 (boite SB 2). Page 72
- Figure 40 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 258 (boite SB 2). Page 73
- Figure 41 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 264 (boite SB 2). Page 75
- Figure 42 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 204 (boite SB 5). Page 76
- Figure 43 - Analyse lithologique, biostratigraphique et sédimentologique de la carotte KK 21 (boite SB 5). Page 78
- Figure 44 - Corrélation entre les courbes du $\delta^{18}\text{O}$ de la carotte KK 97 (B) du bassin des Loyauté et celle de la carotte V28-238 (SHACKLETON & OPDYKE 1973) (A). Liaison avec les dates ^{14}C et les fluctuations des teneurs en CaCO_3 de la carotte KK 97 (C). Page 80
- Figure 45 - Corrélation des courbes des carbonates totaux et du % d'aragonite entre la zone B1 et le centre du bassin des Loyauté Localisation des carottes dans l'encart en bas à gauche de la figure. Page 82
- Figure 46 - Corrélation des courbes des carbonates totaux et du % d'aragonite dans la zone B2 et au SW de Lifou Localisation des carottes dans l'encart en bas à droite de la figure. Page 83
- Figure 47 - Essai de corrélation entre les événements carbonatés et isotopiques dans la carotte KK 21 avec la succession récifale traversée par le sondage Ténia (COUDRAY 1976). Page 85
- Figure 48 - Répartition des zones riches en diatomée *Ethmodiscus rex* dans 5 carottes du bassin des Loyauté, en fonction des épisodes carbonatés de périodes glaciaires et interglaciaires. Page 88
- Figure 49 - Analyse palynoplantologique des carottes KK 231 et KK 88. Liaison avec les variations des teneurs en carbonates et les périodes climatiques. Page 90
- Figure 50 - Diagrammes du % en CaCO_3 en fonction du rapports $\text{FB}/\text{FP}+\text{FB} \times 100$ pour les trois domaines. Page 92
- Figure 51 - Diagramme du taux de sédimentation moyen (cm/1000 ans) en période glaciaire en fonction du taux de sédimentation moyen en période interglaciaire pour différentes carottes du bassin des Loyauté. (d'après un modèle de diagramme de DROXLER & SCHLAGER 1985). Page 94
- Figure 52 - Courbes des variations du flux sédimentaire total, du flux carbonaté et du flux terrigène le long de la carotte KK 97. Liaison avec les stades isotopiques et les périodes climatiques. Page 98
- Figure 53 - Courbes des variations du flux sédimentaire total, du flux carbonaté et du flux terrigène le long de la carotte KK 88. Liaison avec les périodes climatiques. Page 99

- Figure 54 - Courbes des variations du flux sédimentaire total, du flux carbonaté et du flux terrigène le long de la carotte KK 319. Liaison avec les périodes climatiques. Page 100
- Figure 55 - Modèle sédimentaire au large de Thio (boîte Sea-Beam 1) en relation avec les variations du niveau de la mer. a) Haut niveau marin. b) bas niveau marin. La baisse de niveau est de l'ordre de 120 m (Würm terminal). Page 102
- Figure 56 - Modèle sédimentaire au SW de Lifou (boîte Sea-Beam 2) en relation avec les variations du niveau de la mer. a) Haut niveau marin. b) bas niveau marin. La baisse de niveau est de l'ordre de 120 m (Würm terminal). Page 104
- Figure 57 - Carte de position des sites et carottes étudiées pour les comparaisons. Page 106
- Figure 58 - Corrélation entre les différents paramètres minéralogiques et sédimentologiques dans des carottes au large des Bahamas (REYMER *et al.* 1988). a) Etude chiostratigraphique du site 632A du leg 101. b) Comparaison de la partie supérieure du site 632A avec les carottes à piston des bahamas. Page 107
- Figure 59 - Sédimentologie et biostratigraphie de la carotte 9 au large de la Floride. Noté les fortes concentration en aragonite et de résidus insoluble avec des valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ élevées durant les périodes glaciaires (GARDULSKI *et al.* 1986). Page 108
- Figure 60 - Comparaison de la stratigraphie par la courbe du $\delta^{18}\text{O}$ avec les teneurs en carbonates, des fragments de foraminifères et du % de la phase sableuse dans le site 502B au large du Costa Rica (PRELL 1982). Page 110
- Figure 61 - Résumé de la lithologie, de la texture et de la teneur en carbonate de calcium et de la variation du $\delta^{18}\text{O}$ dans la carotte du site 594 au large de la Nouvelle-Zélande (NELSON *et al.* 1986). Page 110
- Figure 62 - Relations entre les fluctuations eustatiques du niveau de la mer et la lithologie des sédiments du cône de l'amazone (DAMUTH *et al.* 1988). Page 111
- Figure 63 - Relation entre l'état de la dissolution, la concentration en CaCO_3 et les étages isotopiques dans la carotte MD 77 181 du golfe du Bengal (FANG 1987). Page 111

LEGENDES DES TABLEAUX

- Tableau 1 : coordonnées géographiques, profondeur de prélèvement et longueur des carottes KULLENBERG utilisées. Page 16
- Tableau 2 : dates ^{14}C en années BP des carottes, avec leur numéro de comptage. * dates obtenues par LIU (1988). Page 21
- Tableau 3 : valeurs du $\delta^{18}\text{O}$ et du $\delta^{13}\text{C}$ des carottes KK 97 et KK 21. Pour cette dernière, les données sont extraites de LIU (1988). Page 23
- Tableau 4 : répartition des principaux coccolithes au Néogène. Relation avec la zonation de Martini 1971 utilisée dans le cadre de cette étude. (tableau extrait de PERCH-NIELSEN 1985). Page 26
- Tableau 5 : essai de corrélation des périodes climatiques du Quaternaire dans différentes régions et les biozones de coccolithes. Page 27
- Tableau 6 : corrélation stratigraphique entre les époques climatiques, les stades isotopiques et les zones de coccolithes au Quaternaire terminal. Page 28

ANNEXES

ANNEXE I

Composition et minéralogie des carbonates et du quartz dans les carottes.

- % CaCO_3 .
- % relatif de l'aragonite, de la calcite et de la calcite magnésienne.
- Hauteur du pic d'intensité 100 du Quartz en cm.

Composition et minéralogie des carbonates et du quartz dans la carotte
 KK 231

N°Echantillon	Prof.(cm)	%CaCO ₃	%Aragonite	%CalciteMg	%calcite	Quartz
231-1-0	0	79.1	50	37	13	1.2
231-1-10	10	79.1	46	42	12	1.5
231-1-20	20	81.2	47	38	15	1.2
231-1-30	30	80.9	53	34	13	1.4
231-1-40	40	81.4	47	40	13	1.6
231-1-50	50	81.3	44	44	12	0.6
231-1-60	60	81.6	45	41	14	1.4
231-2-10	70	80.5	45	42	13	1.3
231-2-20	80	80.4	45	44	11	1.3
231-2-30	90	83.7	47	41	12	1.1
231-2-40	100	83.8	48	42	10	0.6
231-2-50	110	84	48	43	9	1.1
231-2-60	120	86.5	49	42	9	0.8
231-2-70	130	86.5	49	42	9	0.8
231-2-80	140	86.5	47	43	10	1.0
231-2-90	150	86.2	51	39	10	1.1
231-2-100	160	87.7	47	42	11	0.9
231-2-110	170	84.8	50	38	12	0.9
231-2-120	180	83.7	51	39	10	1.1
231-2-130	190	73	50	37	13	2.6
231-2-140	200	79.4	50	38	12	2.5
231-2-150	210	75.9	46	45	9	4.4
231-3-10	220	68.7	48	39	13	4.9
231-3-20	230	62.3	46	36	18	5.6
231-3-30	240	44.8	53	32	15	8.2
231-3-40	250	51.5	43	37	20	8.3
231-3-50	260	61.5	49	36	15	5.7
231-3-60	270	62.6	46	39	15	5.3
231-3-70	280	63.4	45	42	13	6.0
231-3-80	290	66.5	43	46	11	6.3

Composition et minéralogie des carbonates et du quartz dans la carotte
KK 97

N°Echantillon	Prof.(cm)	%CaCO ₃	%Aragonite	%calcite	%CalciteMg	Quartz
97-1-0	0	82	50	31	19	3.0
97-1-5	5		42	33	19	2.0
97-1-10	10	77				
97-2-0	15		24	74	2	1.6
97-2-5	20	92				
97-2-10	25		37	60	3	1.4
97-2-15	30	93				
97-2-25	40	83				
97-2-40	55	95	42	40	18	3.8
97-2-55	70	65				
97-2-65	80	88				
97-2-75	90	85	15	84	1	3.9
97-2-95	110	73				
97-2-100	115		52	44	4	1.8
97-2-110	125		40	38	22	4.6
97-2-115	130	91				
97-2-130	145		21	78	1	1.8
97-2-145	160	89				
97-3-10	170	92				
97-3-25	185		51	21	28	0.4
97-3-30	190	96				
97-3-40	200		21	78	1	3.9
97-3-45	205	65				
97-3-70	230	88				
97-3-90	250	93				
97-3-92	252		45	40	15	1.7
97-3-105	265	64				
97-3-115	275	70				
97-3-120	280		38	53	9	4.1
97-3-125	285	80				
97-3-145	305	67				
97-4-10	315	72	24	74	2	4.8
97-4-20	325	61				
97-4-25	330		52	35	13	10.7
97-4-30	335	61				
97-4-40	345	62				
97-4-45	350	73				
97-4-55	360		26	72	2	2.7
97-4-65	370	71				
97-4-80	385	74				
97-4-100	405	75	23	76	1	3.6
97-4-110	415	65				
97-4-120	425	68				
97-4-130	435		51	33	16	4.2
97-4-135	440	75				
97-5-10	460		11	88	1	5.9
97-5-15	465	65				
97-5-30	480	83				
97-5-45	495		55	28	17	2.0
97-5-50	500	81	24	75	1	2.0
97-5-55	505	84				
97-5-65	515	74				
97-5-80	530	83				
97-5-90	540	86	38	40	22	2.6
97-5-100	550	85	21	78	1	2.9
97-5-105	555	78				
97-5-115	565	79				
97-5-125	575	85				
97-5-135	585		46	35	19	2.9
97-6-10	605		36	57	7	2.3
97-6-20	615	73				
97-6-35	630	85				
97-6-40	635		40	38	22	2.6
97-6-45	640	83				
97-6-65	660	87				
97-6-70	665	85				
97-6-75	670	88				
97-6-95	690	80	33	64	3	1.7
97-6-100	695	91	51	24	25	0.7

Composition et minéralogie des carbonates et du quartz dans la carotte
 KK 335

N° Echantillon	Prof.(cm)	%CaCO ₃	%Aragonite	%Calcite	%CalciteMg	Quartz
335-1-0	0	76,6	53	36	11	1.8
335-1-10	10	63,1	35	60	5	2,3
335-1-20	20	69,8	56	22	22	2,4
335-1-30	30	72,2	57	21	22	4,3
335-1-40	40	56,5	58	22	20	16,5
335-1-50	50	60,2	51	20	29	4,4
335-1-60	60	70,8	39	29	32	1,2
335-1-70	70	73,0	24	62	14	1,6
335-1-80	80	79,2	38	39	24	1,4
335-1-90	90	90,2	56	17	27	0,6
335-1-100	100	56,8	24	73	3	5,0
335-1-110	110	57,5	27	69	4	4,2
335-1-120	120	52,9	13	77	10	3,4
335-1-130	130	50,4	37	46	17	5,4
335-1-140	140	68,1	47	30	22	8,0
335-2-10	155	56,6	21	77	2	4,0
335-2-20	165	61,5	36	50	13	3,2
335-2-30	175	73,5	62	18	20	4,2
335-2-40	185	70,0	46	41	13	2,5
335-2-50	195	75,7	17	76	7	1,2
335-2-60	205	77,9	21	65	14	1,2
335-2-70	215	79,0	47	34	19	1,8
335-2-80	225	88,3	53	25	22	0,8
335-2-90	235	89,9	54	22	24	0,5
335-2-100	245	91,0	49	25	26	0,5
335-2-110	255	92,2	55	21	24	0,3
335-2-120	265	48,8	41	45	14	3,3
335-3-10	275	73,5	47	32	21	1,5
335-3-20	285	78,5	21	76	3	3,1
335-3-30	295	70,0	20	72	9	2,7
335-3-40	305	70,3	51	30	19	1,4
335-3-50	315	79,4	53	29	18	1,5
335-3-60	325	86,8	60	15	25	1,2
335-3-70	335	87,0	53	24	23	0,8
335-3-80	345	85,8	53	31	17	1,0
335-3-90	355	68,2	59	24	18	4,9
335-3-100	365	62,3	51	29	20	5,5
335-3-110	375	67,3	43	40	17	5,0
335-3-120	385	54,4	21	77	2	4,2

Composition et minéralogie des carbonates et du quartz dans la carotte
KK 93

N°Echantillon	Prof.(cm)	%CaCO ₃	%Aragonite	%Calcite	%CalciteMg	Quartz
93-1-0	0	73,6	36	61	3	2,0
93-1-10	10	72,2	44	48	8	2,4
93-1-20	20	73,1	48	38	14	3,4
93-1-30	30	64,9	18	79	2	3,9
93-1-40	40	59,6	18	80	2	4,2
93-1-50	50	75,8	52	34	14	2,7
93-1-60	60	61,0	18	80	2	3,9
93-1-70	70	73,6	21	77	2	2,7
93-1-80	80	68,1	16	80	4	2,5
93-1-90	90	67,9	33	65	2	2,7
93-1-100	100	58,5	26	71	2	3,9
93-1-110	110	68,2	11	85	2	2,0
93-1-120	120	69,9	14	85	1	4,1
93-1-130	130	67,3	13	76	11	2,5
93-1-140	140	58,8	15	84	1	3,8
93-2-05	150	61,7	23	76	1	3,7
93-2-15	160	66,5	12	84	3	3,2
93-2-25	170	64,1	8	90	2	2,6
93-2-35	180	68,3	17	82	1	2,4
93-2-45	190	72,2	29	68	3	2,5
93-2-55	200	76,1	53	31	16	3,0
93-2-65	210	78,4	23	75	2	1,2
93-2-75	220	74,4	21	77	2	2,0
93-2-85	230	75,9	56	33	11	1,6
93-2-95	240	78,4	43	56	1	1,1
93-2-105	250	76,1	24	74	2	1,3
93-2-115	260	74,6	39	58	3	1,5
93-2-125	270	72,4	33	65	2	1,8
93-2-135	280	72,4	31	67	2	1,9
93-2-145	290	64,8	31	67	2	2,2
93-3-10	300	72,7	30	69	1	2,3
93-3-20	310	74,6	32	66	1	1,5
93-3-30	320	74,9	30	69	1	1,3
93-3-40	330	73,3	28	70	2	1,6
93-3-50	340	68,9	48	41	11	1,8
93-3-60	350	66,6	21	77	2	2,5
93-3-70	360	65,2	32	56	12	3,1
93-3-80	370	68,8	8	88	4	2,0
93-3-90	380	57,3	12	86	2	3,1
93-3-100	390	61,3	27	71	3	2,9
93-3-110	400	61,3	53	40	8	5,7
93-3-120	410	69,3	12	85	3	2,3
93-3-130	420	66,7	12	87	1	3,8
93-3-140	430	68,9	24	75	2	2,5
93-4-05	440	64,8	18	80	2	3,9
93-4-15	450	60,5	19	77	4	3,8
93-4-25	460	56,7	50	40	10	4,9
93-4-35	470	58,5	18	78	3	3,1
93-4-45	480	69,0	15	84	1	2,0
93-4-55	490	68,6	29	68	3	3,0
93-4-65	500	66,6	8	91	1	2,9
93-4-75	510	69,4	30	69	1	1,4
93-4-85	520	60,1	23	74	3	1,5
93-4-95	530	64,7	29	68	3	3,1
93-4-105	540	76,8	26	73	1	1,7
93-4-115	550	79,1	25	74	1	1,2
93-4-125	560	70,2	15	82	3	3,0
93-4-135	570	69,2				

Composition et minéralogie des carbonates et du quartz dans la carotte
KK 319

N°Echantillon	Prof.(cm)	%CaCO ₃	%Aragonite	%Calcite	%CalciteMg	Quartz
319-1-0	0	78,6	37	62	1	1,0
319-1-10	10	78,2	40	56	4	1,2
319-1-20	20	81,9	37	61	2	0,9
319-1-30	30	73,8	24	74	2	1,8
319-1-40	40	70,9	17	82	1	2,3
319-1-50	50	73,6	21	77	2	2,5
319-1-60	60	74,4	22	76	2	1,6
319-1-70	70	71,2	18	81	1	1,7
319-1-80	80	72,7	15	84	1	1,2
319-1-90	90	72,7	21	77	2	3,1
319-1-100	100	73,4	15	84	1	2,2
319-1-110	110	72,0	21	78	1	3,4
319-1-120	120	75,3	21	78	1	1,6
319-1-130	130	80,3	20	79	1	1,0
319-2-0	140	80,4	15	84	1	0,6
319-2-10	150	80,3	23	76	1	1,0
319-2-20	160	79,8	29	70	1	1,2
319-2-30	170	80,0	32	67	1	1,3
319-2-40	180	74,6	29	69	2	1,3
319-2-50	190	71,8	18	81	1	2,3
319-2-60	200	57,6	15	84	1	3,3
319-2-70	210	23,7				
319-2-80	220	72,6	20	79	1	2,7
319-2-90	230	73,2	15	83	2	2,8
319-2-100	240	71,3	15	83	2	2,8
319-2-110	250	73,1	17	82	1	2,8
319-2-120	260	69,7	14	85	1	2,6
319-2-130	270	59,7	24	73	3	1,2
319-2-140	280	79,9	25	74	1	1,3
319-4-0	295	80,8	23	76	1	0,8
319-4-10	305	76,0	21	78	1	3,2
319-4-20	315	82,0	18	81	1	1,5
319-4-30	325	77,4	17	82	1	2,0
319-4-40	335	76,0	8	91	1	2,0
319-4-50	345	77,6	8	91	1	2,1
319-4-60	355	72,2	11	87	2	2,7
319-4-70	365	75,4	4	95	1	1,2

Composition et minéralogie des carbonates et du quartz dans la carotte
KK 258

N°Echantillon	Prof.(cm)	%CaCO ₃	%Aragonite	%Calcite	%CalciteMg	Quartz
258-1-0	0	84.6	46	46	8	0.8
258-1-10	10	84.7	47	45	8	0.8
258-1-20	20	85.9	39	43	18	0.6
258-1-30	30	87.1	37	43	20	0.4
258-1-40	40	87.5	35	48	17	0.7
258-1-50	50	78.0	23	66	11	1.4
258-1-60	60	75.2	26	66	8	1.6
258-1-70	70	74.8	26	63	11	1.6
258-1-80	80	73.8	28	65	7	1.5
258-1-90	90	78.7	32	64	6	1.8
258-1-100	100	79.5	29	58	13	1.5
258-1-110	110	79.8	31	61	8	1.5
258-1-120	120	79.0	26	65	9	1.4
258-1-130	130	79.6	32	56	12	1.6
258-2-05	140	79.2	29	59	12	1.4
258-2-15	150	66.1	32	54	14	0.8
258-2-25	160	51.7	33	53	14	1.1
258-2-35	170	77.5	33	61	6	1.3
258-2-45	180	78.8	34	53	13	1.2
258-2-55	190	79.2	34	54	12	1.3
258-2-65	200	79.1	29	57	14	1.3
258-2-75	210	79.0	32	58	10	1.2
258-2-85	220	81.8	31	59	10	1.3
258-2-95	230	79.8	32	58	10	1.2
258-2-105	240	80.0	29	60	11	1.6
258-2-115	250	80.1	34	52	14	0.9
258-2-125	260	76.8	32	54	14	1.7
258-2-135	270	75.8	30	64	6	2.0
258-2-145	280	74.2	29	68	3	1.9
258-3-10	290	77.5	31	66	3	1.4
258-3-20	300	79.0	28	70	2	1.2
258-3-30	310	84.7	32	65	3	0.9
258-3-40	320	85.4	36	54	10	0.6
258-3-50	330	87.0	36	56	8	0.5
258-3-60	340	85.5	40	50	10	0.7
258-3-70	350	85.2	39	47	14	0.6

Composition et minéralogie des carbonates et du quartz dans la carotte
KK 88

N° Echantillon	Prof.(cm)	%CaCO ₃	%Aragonite	%Calcite	%CalciteMg	Quartz
88-1-0	0	88,0	38	53	9	0,7
88-1-10	10	90,0	39	51	10	0,6
88-1-15	15	93,1	54	25	21	0,6
88-1-30	30	80,7	26	65	9	0,5
88-1-60	60	89,1	49	28	23	0,5
88-1-90	90	63,7	22	75	3	2,4
88-1-110	110	68,1	18	80	2	2,0
88-2-30	175	68,9	18	81	1	1,5
88-2-50	195	61,7	15	83	2	1,2
88-2-90	235	65,7	8	91	1	1,8
88-2-130	275	80,7	21	77	2	0,8
88-3-40	330	81,4	22	75	3	0,8
88-3-80	370	79,1	30	69	1	0,8
88-3-120	410	67,9	18	80	2	1,4
88-4-10	445	49,3	20	73	7	1,3
88-4-40	475	73,1	16	78	6	1,7
88-4-70	505	72,4	12	86	2	1,2
88-4-110	545	57,8	14	85	1	1,4
88-4-120	555	68,9	16	81	3	0,7
88-4-130	565	48,3	23	76	1	0,5
88-5-10	590	86,4	25	70	5	0,8

Composition et minéralogie des carbonates dans la carotte EE 264

N° Echantillon	Prof.(cm)	%CaCO ₃	%Aragonite	%Calcite	%CalciteMg
264-1-0	0	89,1	51	36	13
264-1-10	10	91,0	49	33	18
264-1-20	20	91,7	48	31	21
264-1-30	30	90,7	43	37	20
264-1-35	35	90,0	43	39	18
264-1-50	50	90,1	42	51	7
264-1-60	60	89,4	45	49	6
264-1-70	70	90,5	49	46	5
264-1-80	80	94,2	53	45	2
264-1-90	90	94,6	54	44	2
264-1-100	100	94,7	54	43	3
264-1-110	110	94,1	51	45	4
264-1-120	120	95,2	54	44	2
264-1-130	130	94,8	53	45	2
264-2-10	140	94,4	53	45	2
264-2-20	150	95,9	55	43	2

Composition et minéralogie des carbonates et du quartz dans la carotte
KK 21

N°Echantillon	Prof.(cm)	%CaCO ₃	%Aragonite	%Calcite	%CalciteMg	Quartz
21-1-0	0	80	31	66	3	2.2
21-1-10	10	76	19	79	2	2.0
21-1-20	20	72	18	81	1	2.7
21-1-30	30	74	14	84	2	4.0
21-1-40	40	74	28	69	3	3.2
21-1-50	50	85	36	61	2	2.5
21-1-60	60	75	20	78	2	2.0
21-1-70	70	65	12	86	2	2.0
21-1-80	80	65	10	88	2	3.0
21-1-90	90	75	16	82	2	3.8
21-1-100	100	80	21	77	2	2.6
21-1-110	110	72	20	78	2	1.7
21-1-120	120	75	31	67	2	2.4
21-1-130	130	75	12	86	2	2.0
21-1-140	140	72	14	83	3	2.5
21-1-150	150	76	13	85	2	2.0
21-2-05	155	78				
21-2-10	160	80	19	79	2	2.0
21-2-15	165	81	30	68	2	1.8
21-2-30	180	85	30	68	2	1.5
21-2-40	190	82	20	79	1	1.0
21-2-50	200	72	7	91	1	2.0
21-2-60	210	65	8	89	3	1.6
21-2-70	220	75	0	98	2	1.8
21-2-80	230	76	0	98	2	2.0
21-2-90	240	74	2	97	2	2.1
21-2-100	250	77	1	97	2	2.3
21-2-110	260	75	2	97	1	2.0
21-2-120	270	67	0	99	1	2.2
21-2-130	280	65	1	97	2	3.0
21-2-140	290	68	0	97	3	2.5
21-3-05	300	67	0	98	2	2.6
21-3-15	310	64	0	98	2	2.9
21-3-25	320	65	0	97	3	3.0
21-3-35	330	72	0	98	2	2.0
21-3-45	340	65	0	98	2	2.5
21-3-55	350	72	0	98	2	2.2
21-3-65	360	64	0	98	2	2.8
21-3-75	370	68	0	98	2	2.5
21-3-85	380	68	0	98	2	2.3
21-3-95	390	71	0	98	2	1.9
21-3-105	400	70	0	98	2	3.2
21-3-110	405		0	98	2	2.8
21-3-115	410	65				
21-3-120	415		0	98	2	2.2
21-3-125	420	64				
21-3-130	425		0	98	2	2.0

Composition et minéralogie des carbonates et du quartz dans la carotte
KK 204

N°echantillon	Prof.(cm)	%CaCO ₃	%Aragonite	%Calcite	%CalciteMg	Quartz
204-1-0	0	92,9	54	14	32	
204-1-10	10	92,4	55	12	33	
204-1-20	20	92,5	55	15	30	0,9
204-1-30	30	92,3	54	15	31	0,8
204-1-40	40	91,2	48	21	31	0,9
204-1-50	50	89,8	48	23	29	1,5
204-1-60	60	92,8	54	17	29	0,5
204-1-70	70	92,5	53	18	29	0,5
204-1-80	80	93,1	49	15	36	0,5
204-1-90	90	90,9	45	28	27	0,6
204-1-100	100	90,4	45	32	23	0,9
204-1-110	110	92,0	50	23	27	0,7
204-1-120	120	92,3	51	20	29	0,6
204-1-130	130	91,7	53	23	24	1,0
204-1-140	140	90,8	47	22	31	0,9
204-2-10	155	89,8	50	23	27	0,9
204-2-20	165	91,5	50	25	25	1,0
204-2-30	175	92,4	53	19	28	0,9
204-2-40	185	92,6	52	21	27	1,0
204-2-50	195	92,0	52	20	28	0,7
204-2-60	205	91,2	51	19	30	0,6
204-2-70	215	93,6	50	20	30	0,7
204-2-80	225	92,8	51	21	28	0,6
204-2-90	235	94,2	54	22	24	0,5
204-2-100	245	93,8	50	25	25	0,6
204-2-110	255	94,6	50	29	21	0,6
204-2-120	265	94,0	51	28	21	0,9
204-2-130	275	94,8	42	25	33	0,5
204-2-140	285	93,6	39	26	35	0,6
204-3-10	300	94,5	38	26	35	0,6
204-3-30	320	94,3	44	24	32	0,5
204-3-40	330	93,3	47	23	30	0,6
204-3-50	340	91,3	53	20	27	0,7

ANNEXE II

Composition de la phase sableuse des différentes carottes.

SA : % de particules > 63 μm .

% relatifs des différents éléments de la phase sableuse :

FP : Foraminifères planctoniques.
PT : Ptéropodes.
FB : Foraminifères benthiques.
DC : Débris de coraux.
DA : Débris d'algues.
DE : Débris d'échinodermes.
MO : Mollusques (ptéropodes exclus).
OS : Ostracodes.
SP : Spicules de spongiaires.
DT : Débris continentaux.
VM : Verres volcaniques.
DD : Débris divers.

Composition de la phase sableuse dans la carotte KK 231

N°Echan.	Prof.(cm)	SA	FP	PT	FB	DC	DA	DE	MO	OS	SP	DT	DD
231-1-0	0	15,2	14,9	11,2	12,1	0,8	0	1,4	6,7	3,0	12,6	1,6	35,8
231-1-10	10	17,0	19,6	16,2	12,3	1,2	0	1,8	5,0	3,9	8,4	1,4	30,4
231-1-20	20	14,8	16,8	14,8	10,5	1,3	0,5	1,0	8,3	3,6	11,6	1,2	29,9
231-1-30	30	22,9	15,5	14,9	5,4	1,5	0	0,9	5,6	3	9,9	6,9	36,7
231-1-40	40	13,2	18,2	21,8	8,0	0,9	0,3	1,3	6,4	4,0	8,4	0,3	30,5
231-1-60	60	12,3	23,5	17,8	7,1	1,0	0	0,8	6,7	3,5	10,7	0,3	28,6
231-2-10	70	15,5	21,3	20,3	12,2	1,0	0	0,9	5,4	3,1	8,3	3,3	24,4
231-2-20	80	16,7	20,3	20,4	12,1	0	0	1,3	5,9	3,5	11,7	0,2	24,6
231-2-30	90	17,0	23,9	17,6	8,3	1,6	0	0,4	5,0	4,1	11,3	0,4	27,3
231-2-50	110	17,3	12,4	18,0	11,7	0,3	0,3	0,3	6,9	4,3	7,9	1,0	36,9
231-2-60	120	18,2	20,4	14,3	8,3	0,5	0	0,7	4,5	3,7	15,4	1,2	31,0
231-2-70	130	19,4	16,1	16,0	9,3	1,8	0,1	0,3	5,9	3,5	12,2	0,9	33,8
231-2-90	150	16,3	17,0	12,1	9,8	0,8	0	0,6	7,0	2,7	5,8	1,2	42,7
231-2-100	160	24,9	11,6	10,6	10,2	1,0	0,1	0,4	4,3	2,7	7,0	2,4	48,6
231-2-110	170	31,9	13,8	13,5	9,1	2,8	1,3	7,0	5,1	1,7	6,1	2,4	42,8
231-2-120	180	31,9	11,2	16,0	10,5	1,5	0	0,7	4,5	2,8	10,0	2,5	40,8
231-2-130	190	36,7	13,5	10,6	8,3	1,7	0,6	1,4	5,1	2,4	6,4	3,7	46,4
231-2-140	200	40,9	10,7	5,9	7,2	1,6	0,6	0,7	3,3	1,0	8,6	7,9	52,3
231-2-150	210	41,1	15,5	7,2	9,7	0,3	0,2	1,1	2,4	3,0	6,0	8,7	45,9
231-3-10	220	49,2	8,3	3,5	8,2	0,8	0,9	0,5	2,3	6,0	3,2	9,4	46,6
231-3-20	230	49,3	15,7	8,2	11,2	1,3	0,9	1,2	3,7	1,3	4,3	5,6	46,8
231-3-30	240	36,2	13,1	9,1	12,3	0,6	0,5	0,9	2,6	2,3	2,4	23	33,7
231-3-50	260	49,1	12,0	9,4	12,4	0,8	1,4	1,5	2,4	1,5	1,9	21	35,7
231-3-60	270	38,1	12,5	6,2	13,8	1,2	1,1	1,0	3,2	1,6	2,6	15	41,9
231-3-80	290	41,9	11,7	5,2	9,0	1,2	0,8	1,6	2,2	1,6	2,2	17	47,6

Composition de la phase sableuse dans la carotte KK 335

N°Echan.	Prof.(cm)	SA	FP	PT	FB	DC	DA	DE	MO	OS	SP	DT	DD
335-1-0	0	15,9	74,8	7,0	2,0	0,5	0	0,5	0,7	0,9	3,8	1,0	8,8
335-1-10	10	10,6	78,4	5,8	3,0	0	0	0,8	0,5	3,6	0,9	6,7	10,6
335-1-30	30	43,9	34,0	19,2	7,0	1,3	0,7	2,5	2,1	0,9	4,4	15,3	12,7
335-1-60	60	83,4	21,4	4,6	13,0	0,8	0,9	1,3	3,6	0,7	0,3	23,2	30,3
335-1-70	70	12,0	60,9	31,8	1,4	0	0	0,2	0,6	0,3	2,3	1,0	1,3
335-1-90	90	35,0	25,5	6,7	6,4	2,2	0,2	1,1	0,7	1,4	17,5	2,1	36,4
335-1-100	100	19,5	67,1	12,0	1,7	0	0	0,2	0,5	0,5	2,4	8,1	7,5
335-1-110	110	17,8	84,8	4,8	1,4	0	0	0,2	0,5	0,3	1,1	4,2	2,7
335-1-120	120	15,8	81,6	4,3	1,8	0	0	0,3	0,6	0,6	3,8	2,9	4,1
335-1-140	140	61,7	39,9	11,5	4,7	1,0	0,2	0,6	2,5	1,5	1,5	14,2	23,6
335-2-10	155	11,5	81,0	2,9	1,9	0,1	0	0,4	0,3	0,7	3,8	2,2	6,7
335-2-20	165	11,2	49,7	9,9	1,6	0,1	0	1,4	0,7	0,7	16,7	9,2	10,6
335-2-40	185	69,6	43,9	17,8	4,5	0,3	0,2	0,4	2,3	1,9	1,0	14,4	13,2
335-2-50	195	10,6	82,0	2,4	1,3	0,4	0	0,8	0,4	0,4	1,1	7,6	4,1
335-2-60	205	13,2	67,2	11,3	5,1	0	0	0,2	0,2	1,7	3,1	4,6	6,3
335-2-80	225	21,8	27,0	15,9	4,4	0	0	0,4	0,6	1,2	30,6	3,2	16,6
335-2-110	255	49,7	36,0	18,7	1,3	0,9	0	0,8	1,7	1,7	5,3	0,8	32,8
335-2-120	265	10,1	44,7	7,3	1,4	0	0	0,6	0,6	1,2	14,5	23,1	6,5
335-3-10	275	44,4	42,9	5,4	4,0	0,7	0	0,7	1,3	0,5	0,6	19,8	23,9
335-3-30	295	6,6	85,1	1,3	1,1	0	0	0,1	0,3	0,1	0,3	3,3	8,3
335-3-40	305	6,3	31,8	14,3	14,9	0	0	0,7	1,5	1,5	27,1	4,1	16,7
335-3-80	345	63,7	52,6	20,9	7,2	0,5	0	1,3	2,8	1,1	5,3	4,5	32,4

Composition de la phase sableuse dans la carotte KK 97

N°Echan	Prof.(cm)	SA	FP	PT	FB	DC	DA	DE	MO	OS	SP	DT	DD
97-1-0	0	8,0	88,0	2,5	0,4	0,8	0	0,4	1,0	0,4	1,5	0,2	4,8
97-1-5	5	7,6	87,9	2,4	0,5	0,8	0	0,4	0,9	0,4	1,4	0,8	5,2
97-2-0	15	31,5	47,5	21,7	1,4	1,1	0	0,5	5,2	1,3	7,4	6,0	7,8
97-2-10	25	4,4	51,9	8,0	8,1	0,7	0	0,3	4,7	0,5	6,8	5,1	13,9
97-2-40	55	73,4	41,4	12,9	8,4	1,0	0,3	1,3	3,6	0,8	0,5	10,1	19,8
97-2-75	90	16,0	84,4	0,9	3,4	0,1	0	0	2,7	0,5	2,3	2,2	7,2
97-2-100	115	76,7	37,8	13,2	4,9	2,3	0,5	1,0	4,7	1,3	1,0	11,1	22,1
97-2-110	125	67,7	22,5	7,8	4,2	3,6	0,6	0,3	4,8	0,4	0,4	45,8	11,5
97-2-130	145	4,9	64,0	3,7	1,7	0	0	0,1	1,7	0,3	5,9	3,6	19,4
97-3-25	185	54,3	54,8	5,8	5,2	0,7	0	0,2	2,1	1,5	4,8	1,4	23,5
97-3-40	200	13,1	89,2	1,0	1,9	0	0	0,1	0,5	0,3	1,1	0,8	5,3
97-3-92	252	76,6	55,9	11,4	3,5	1,9	0,3	0,8	4,1	0,8	0,1	3,8	17,4
97-3-120	280	84,7	40,9	7,6	5,9	0,5	0,3	0,5	3,1	2,5	0,7	11,0	27,4
97-4-10	315	14,7	91,5	0,8	1,0	0	0,1	0,4	0,2	0,3	0,8	1,1	4,2
97-4-25	330	15,3	44,9	9,3	3,5	0,5	0	1,0	2,8	2,3	8,7	16,1	11,0
97-4-55	360	7,6	75,5	3,9	3,2	0	0	0	2,2	0,2	1,4	5,4	8,3
97-4-100	405	17,3	87,3	0,9	1,8	0	0	0	0,7	0,6	0,7	3,4	4,6
97-4-130	435	16,8	51,8	10,8	5,5	0,7	0,1	1,0	2,4	2,0	6,5	11,0	22,3
97-5-10	460	12,6	92,0	0,4	1,6	0	0	0	0,1	0,1	1,3	1,2	3,3
97-5-45	495	26,4	60,9	12,4	3,3	0	0	0,5	2,1	1,9	1,1	7,3	10,0
97-5-50	500	14,0	94,9	0,3	0,9	0	0	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	2,1
97-5-90	540	78,6	16,2	14,9	15,1	0,4	0,4	2,3	6,4	0,5	0,1	16,7	26,2
97-5-100	550	10,3	94,8	0,3	1,2	0	0	0,1	0,2	0,2	0,6	0,2	2,4
97-5-135	585	78,4	35,2	6,3	8,2	1,5	0	0,9	4,7	1,4	0,8	9,1	32,0
97-6-10	605	5,7	89,0	1,3	0,9	0	0	0,2	1,5	0,9	0,7	0,2	5,4
97-6-40	635	89,5	20,2	6,3	18,2	1,1	0,3	0,5	0,5	0,7	0,1	19,7	27,3
97-6-95	680	9,5	88,5	0,5	2,4	0,1	0	0,1	0,6	0,3	1,3	0,5	5,7
97-6-102	697	12,8	46,6	9,9	4,1	0,5	0	0,4	2,6	1,9	22,3	0,4	11,7

Composition de la phase sableuse dans la carotte KK 93

N°Echan.	Prof.(cm)	SA	FP	PT	FB	DC	DA	DE	MO	OS	SP	DT	DD
93-1-0	0	17,6	81,6	3,3	0,8	0	0	0,5	1,8	0,5	1,5	1,5	8,5
93-1-20	20	67,5	51,9	19,0	4,9	0	0	0,3	3,6	0,6	0,8	4,7	14,3
93-1-40	40	24,9	89,3	1,4	0,5	0	0	0,2	0,3	0,3	2,8	0,3	4,8
93-1-60	60	26,2	79,7	0,5	1,4	0	0	0,8	0,5	0,5	2,6	0,5	13,5
93-1-80	80	22,1	82,9	1,1	0,7	0	0	0,5	0,5	0,1	2,0	9,0	3,4
93-1-100	100	27,3	82,6	1,7	1,1	0	0	0,7	0,9	0,4	1,4	3,5	7,8
93-1-120	120	21,9	92,3	0,1	0,4	0	0	0,5	0,3	0,4	1,6	1,2	3,2
93-1-140	140	18,9	88,4	0,5	1,5	0	0	0,5	0,5	0,6	1,4	0,5	6,2
93-2-15	160	20,4	88,8	1,0	1,1	0	0	0,6	0,2	0,5	3,3	1,0	3,6
93-2-35	180	22,5	92,2	0,3	0,9	0	0	0,3	0,3	0,4	1,0	0,7	3,5
93-2-55	200	35,3	34,8	22,9	3,2	1,0	0,1	1,6	3,2	2,1	10,5	5,2	15,5
93-2-75	220	17,9	96,1	0,3	0,6	0	0	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	1,9
93-2-95	240	20,1	88,6	0,7	2,2	0	0	0,5	1,3	0,3	0,7	2,7	3,0
93-2-115	260	17,7	93,0	0,5	1,0	0	0	0,1	0,1	0,4	0,5	1,4	2,8
93-2-135	280	14,3	90,1	0,6	1,9	0	0	0,3	0,3	0,4	1,0	2,3	3,3
93-3-10	300	12,8	93,9	0,4	1,7	0	0	0,2	0,2	0,5	0,4	0,7	2,1
93-3-30	320	11,9	91,1	0,8	2,1	0	0	0,5	0,2	0,2	0,7	1,6	2,8
93-2-50	340	65,0	43,9	5,8	4,6	0,3	0,1	1,2	3,5	1,5	1,9	21,2	16,0
93-3-70	360	15,0	73,4	3,4	2,4	0	0	1,4	1,1	2,3	3,4	5,7	7,0
93-3-90	380	18,8	78,0	0,2	1,1	0	0	0,2	0,2	0,2	0,7	13,5	5,9
93-3-110	400	34,4	55,3	8,0	2,6	0	0	0,7	0,3	0,3	5,0	18,7	9,1
93-3-120	410	16,6	92,0	0,6	1,2	0	0	0,4	0,3	0,3	1,4	0,9	3,0
93-3-140	430	13,2	87,8	1,1	1,7	0	0	0,1	0,3	0,3	2,9	0,7	4,8
93-4-15	450	12,2	87,6	0,3	2,2	0	0	0,3	0,1	0,3	1,0	2,0	4,0
93-4-35	470	15,7	84,1	0,4	0,5	0	0	0,6	0,4	0,5	0,7	9,3	3,4
93-4-55	490	11,0	79,1	2,0	1,7	0	0	0,4	0,5	0,5	1,5	6,1	8,2
93-4-75	510	18,8	79,1	0,4	0,8	0	0	0,3	0,5	0,3	1,8	12,6	4,6
93-4-95	530	10,7	92,8	0,4	1,5	0	0	0,2	0,4	0,2	0,4	2,1	2,2
93-4-115	550	49,7	80,5	0,4	1,1	0	0	0,2	0,6	0,4	0,8	6,6	9,2
93-4-135	570	16,7	84,0	0,5	2,3	0	0	0,3	0,3	0,3	1,4	4,1	6,9



Composition de la phase sableuse dans la carotte KK 319

N°Echan.	Prof.(cm)	SA	FP	PT	FB	DC	DA	DE	MO	OS	SP	VM	DD
319-1-0	0	21,1	90,9	1,8	0,4	0	0	0,1	0,8	0,4	0,4	0,1	5,1
319-1-20	20	25,7	87,2	6,3	0,7	0	0	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	3,1
319-1-40	40	24,4	91,1	0,4	1,8	0	0	0,1	0,5	0,4	1,2	0,1	4,4
319-1-60	60	29,4	87,9	0,6	1,5	0	0	0,4	0,6	0,4	1,8	3,0	3,8
319-1-80	80	31,6	92,7	0,4	0,6	0	0	0,1	0,3	0,4	0,8	0,1	4,6
319-1-100	100	28,5	92,3	0,3	1,5	0	0	0,1	0,1	0,6	2,0	0,7	2,3
319-1-120	120	25,7	93,9	0,2	2,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,7	4,2
319-2-0	140	31,4	93,8	0,2	0,8	0	0	0,2	0,2	0,4	0,5	0,5	3,3
319-2-20	160	28,2	92,4	0,1	1,0	0,1	0,1	0,1	0,3	1,0	0,2	2,3	2,8
319-2-40	180	24,1	92,8	0,1	0,8	0	0	0,1	0,6	0,5	0,3	1,9	2,8
319-2-60	200	35,3	53,7	0,3	0,8	0	0	0,3	0,3	0,3	1,5	21,1	3,9
319-2-70	210	30,5	33,9	0,2	1,2	0	0	0,2	0,4	0,2	1,2	58,9	4,4
319-2-80	220	34,7	89,8	0,4	1,2	0	0	0,5	0,2	0,7	0,6	2,3	4,3
319-2-100	240	33,3	93,3	0,3	1,8	0	0	0,2	0,1	0,3	0,5	0,9	2,7
319-2-120	260	26,1	90,3	0,1	1,0	0	0	0,1	0,1	1,0	1,3	4,7	2,4
319-2-130	270	26,9	74,5	0,1	0,7	0	0	0,1	0,1	0,4	1,5	19,9	2,6
319-4-0	295	28,2	93,6	0,1	1,2	0	0	0,4	0,1	0,1	0,3	1,8	2,4
319-4-20	315	20,5	93,5	0,1	0,8	0	0	0,1	0,3	0,1	0,9	0,9	3,2
319-4-40	335	17,6	93,7	0,1	1,6	0	0	0,1	0,1	0,3	1,3	0,1	2,6
319-4-60	355	26,7	93,9	0,2	0,8	0	0	0,1	0,2	0,5	0,4	0,1	3,7

Composition de la phase sableuse dans la carotte KK 88

N°Echan.	Prof.(cm)	SA	FP	PT	FB	DC	DA	DE	MO	OS	SP	VM	DD
88-1-0	0	21,0	86,0	4,0	0,6	0	0	0,8	3,6	0,8	0,2	0,2	3,8
88-1-10	10	17,5	85,9	3,6	0,7	0,1	0	0	4,0	1,0	0,7	0,2	3,8
88-1-15	15	80,1	33,7	11,4	2,1	0,9	0,1	1,7	4,7	1,2	1,0	0,5	42,7
88-1-30	30	20,7	70,1	13,9	0,9	0	0	0,1	3,6	0,7	2,2	0,1	8,4
88-1-60	60	87,0	34,1	2,8	1,6	1,4	0,6	0,8	6,6	0,9	0,5	0,7	50,0
88-1-90	90	21,2	61,8	0,3	1,0	0,1	0	0	0,1	0,4	8,3	0,2	27,8
88-1-110	110	17,0	81,4	0,3	1,0	0,1	0	0,1	0,1	0,9	8,1	0,2	7,8
88-2-30	175	16,4	80,9	0,5	0,3	0,1	0	0,1	0,4	0,4	2,4	0,2	14,4
88-2-50	195	16,3	34,5	0,2	0,6	0	0	0	0,4	0,1	16,2	0,3	47,8
88-2-90	235	12,6	82,6	0,1	1,4	0	0	0,2	0,1	0,2	3,3	0,4	11,7
88-2-130	275	14,0	87,8	0,5	1,1	0,7	0	0	2,0	0,6	1,3	0,2	5,8
88-3-40	330	14,6	89,6	0,1	1,9	0	0	0	1,0	0,6	1,2	0,4	5,2
88-3-80	370	13,1	91,7	0,2	1,2	0	0	0,1	1,7	0,6	1,6	0,2	2,7
88-3-120	410	21,7	83,4	1,9	1,1	0	0	0,1	4,8	0,9	3,1	0,2	4,5
88-4-10	445	12,8	66,9	1,1	1,4	0,1	0	0	2,2	0,7	1,9	20,4	5,3
88-4-40	475	16,2	83,1	0,9	1,6	0	0	0	1,2	0,5	5,7	1,0	6,5
88-4-70	505	16,9	87,2	0,2	1,3	0	0	0	0,6	0,5	2,5	2,4	5,3
88-4-110	545	10,9	81,1	0,2	2,0	0	0	0	0,2	0,1	6,7	2,2	7,5
88-4-120	555	11,9	80,7	0,1	2,1	0	0	0,1	0,2	0,2	4,3	8,9	3,4
88-4-130	565	7,7	63,3	0,1	1,6	0	0	0	0,1	0,1	1,5	27,6	5,7
88-5-10	590	12,9	85,3	0,4	2,4	0	0	0,2	0,2	1,4	1,7	0,7	7,7

Composition de la phase sableuse dans la carotte KK 258

N°Echan.	Prof.(cm)	SA	FP	PT	FB	DC	DA	DE	MO	OS	SP	VM	DD
258-1-0	0	17,5	58,5	11,0	1,1	0,2	0	0,6	2,2	0,9	1,7	0,6	21,8
258-1-20	20	20,9	38,3	30,8	1,0	0,2	0,1	0,2	4,6	1,0	2,5	0,2	20,3
258-1-40	40	29,4	42,8	29,9	2,3	0,6	0	0,5	3,6	1,5	4,9	0,3	12,1
258-1-60	60	17,9	61,9	14,3	2,8	0	0	0,3	1,2	2,0	7,3	0	9,8
258-1-80	80	17,3	56,7	14,0	2,7	0	0	1,0	2,1	0,7	11,2	0,2	9,4
258-1-100	100	22,1	48,5	22,7	2,3	0,1	0	0,3	1,2	0,9	6,8	0	17,5
258-1-120	120	20,8	57,2	17,3	1,3	0,1	0	0,4	2,0	0,6	8,6	0,2	11,1
258-2-05	140	20,9	48,2	25,4	0,7	0,2	0	0,5	1,9	0,9	10,6	0,7	6,5
258-2-25	160	25,9	29,6	18,7	0,8	0	0	0,4	1,3	0,6	4,7	37,9	4,1
258-2-45	180	18,1	56,7	19,7	1,1	0,2	0	0,4	2,3	0,6	7,1	1,1	8,4
258-2-65	200	22,4	56,0	23,2	2,1	0	0	0,5	1,7	0,7	9,5	0,3	4,4
258-2-85	220	21,8	50,7	23,3	1,7	0,5	0	0,5	2,5	0,9	4,1	0,5	14,9
258-2-105	240	18,7	57,9	20,6	2,4	0	0,1	0,3	1,8	2,4	5,2	0,2	8,9
258-2-125	260	23,0	49,8	8,7	0,6	0	0	0,5	0,9	0,2	4,5	0,1	6,9
258-2-145	280	16,5	66,8	3,9	3,4	0,2	0	0,7	0,8	2,3	11,6	0,2	10,0
258-3-20	300	19,8	68,9	2,6	1,2	0	0	0,3	1,6	3,1	7,4	1,2	10,8
258-3-40	320	19,5	71,5	6,9	2,6	0	0	0,3	2,6	0,7	4,3	0,4	8,5
258-3-60	340	21,8	55,1	13,6	3,0	0	0	0,6	2,2	0,5	3,8	0,2	18,0

Composition de la phase sableuse dans la carotte KK 264

N°Echan.	Prof.(cm)	SA	FP	PT	FB	DC	DA	DE	MO	OS	SP	VM	DD
264-1-0	0	34,8	53,6	16,0	2,9	0,4	0,1	0,7	4,4	1,7	0,8	0,1	19,0
264-1-10	10	43,0	46,7	22,1	2,4	0,2	0,2	0,5	3,1	0,3	0,8	0,4	23,0
264-1-20	20	52,6	58,0	17,7	1,7	0,9	0,6	0,7	3,8	0,3	0,8	0,2	15,1
264-1-30	30	74,6	50,3	10,2	2,2	0,6	1,1	0,8	8,0	0,2	0,2	0,6	30,9
264-1-40	40	46,7	41,1	14,0	3,8	0,5	0,8	0,8	5,3	0,5	1,0	0,7	31,6
264-1-50	50	34,8	60,5	16,7	2,2	0,2	0,1	0,4	7,2	0,9	0,8	2,5	8,4
264-1-70	70	36,8	78,3	4,4	1,7	0,2	0,1	0,2	3,1	1,2	1,0	0,6	9,3
264-1-90	90	24,1	23,6	2,4	3,7	0,3	0,1	0,6	1,6	2,2	1,1	0,6	63,5
264-1-110	110	22,4	42,6	3,2	3,3	0,4	0	0,8	3,7	2,2	0,8	1,4	41,5
264-1-130	130	28,3	37,0	2,6	4,1	0	0	0,4	5,9	1,4	1,2	1,1	46,3
264-2-10	140	35,8	39,0	2,7	4,3	5,1	1,3	0,2	4,7	0,6	0,1	0,1	41,9
264-2-20	150	18,6	42,0	4,2	6,7	1,1	0,4	1,0	3,9	3,7	0,8	0,3	36,2

Composition de la phase sableuse dans la carotte KK 21

N° Echan.	Prof.(cm)	SA	FP	PT	FB	DC	DA	DE	MO	OS	SP	DT	DD
21-1-0	0	27,0	79,0	0,4	3,0	0,1	0	0,3	0,4	0,6	1,1	0,8	14,3
21-1-10	10	31,0	81,7	0,5	2,8	0,1	0	0,4	0,2	0,6	1,3	0,9	11,5
21-1-20	20	35,0	89,9	0,1	2,4	0	0	0,4	0,1	1,0	0,7	0,1	5,1
21-1-50	50	30,0	91,9	0,3	1,4	0	0	0,2	1,0	0,3	0,5	0,4	3,9
21-1-70	70	34,0	94,3	0,1	2,0	0	0	0	0,1	0,2	0,5	0,2	2,6
21-1-100	100	30,0	92,3	0,1	1,9	0	0	0,5	0,3	1,5	0,7	0,4	2,3
21-1-110	110	26,0	93,2	0,1	1,9	0	0	0,1	0,3	0,6	0,3	0,4	2,9
21-1-140	140	21,0	86,6	0,3	3,0	0	0	0	0,2	0,9	0,3	0,2	8,7
21-2-10	150	20,0	90,4	0,2	2,1	0	0	0,2	0,3	1,3	0,3	0,3	4,9
21-2-40	190	11,0	93,8	0,3	1,8	0	0	0	0,1	0,8	0,3	0,1	2,7
21-2-50	200	30,0	88,0	0,1	3,4	0	0	0	0,1	0,8	0,1	0,2	3,8
21-2-70	220	23,0	94,8	0	1,3	0	0	0,3	0	0,6	0,3	0,4	2,3
21-2-90	240	26,0	95,0	0	2,7	0	0	0	0	0,5	0,2	0,2	1,7
21-2-100	250	29,0	91,7	0	2,9	0	0	0,3	0	0,5	0,2	0,5	4,0
21-2-110	260	26,0	94,0	0	1,9	0	0	0,1	0	0,2	0,1	0,2	3,3
21-2-120	270	13,0	96,0	0,1	2,2	0	0	0	0	0,2	0,2	0,1	1,7
21-3-15	310	12,0	96,5	0	1,7	0	0	0	0	0,1	0,1	0,3	1,2
21-3-80	375	13,0	95,9	0	1,6	0	0	0	0	0,1	0,1	0,8	1,2

Composition de la phase sableuse dans la carotte KK 204

N° Echan.	Prof.(cm)	SA	FP	PT	FB	DC	DA	DE	MO	OS	SP	DT	DD
204-1-0	0	36,8	26,3	11,1	10,6	1,3	0,1	0,9	4,3	3,1	4,1	0,8	37,5
204-1-10	10	28,1	28,0	8,4	8,0	1,1	0,1	0,9	2,3	0,9	3,1	1,1	45,7
204-1-20	20	39,0	21,3	8,5	8,6	1,8	0	1,2	1,9	1,3	2,3	0,5	52,5
204-1-30	30	41,2	27,2	8,2	7,5	1,1	0,1	1,0	4,4	0,6	0,7	0,5	48,7
204-1-40	40	56,7	40,0	4,7	10,0	0,9	0,2	1,1	2,4	0,9	1,4	0,6	38,1
204-1-50	50	55,8	35,5	5,1	10,1	1,3	0	1,2	1,5	0,8	1,3	0,6	42,5
204-1-60	60	35,3	22,7	8,3	6,8	3,0	0	0,9	2,5	0,6	1,4	0,4	53,5
204-1-70	70	42,8	32,0	10,9	7,2	1,4	0	1,9	4,8	2,0	0,9	0,4	38,5
204-1-80	80	33,9	39,4	7,2	8,2	0,7	0,1	0,7	6,1	2,1	1,3	0,6	33,6
204-1-90	90	63,0	38,6	6,1	9,9	1,0	0,7	0,8	2,1	0,2	0,7	0,7	39,1
204-1-100	100	61,9	32,0	5,2	11,7	1,0	0,5	1,0	1,8	1,7	0,3	0	44,8
204-1-110	110	57,0	38,2	5,2	10,8	1,3	0,3	0,6	2,5	0,4	1,9	0,9	38,1
204-1-120	120	42,1	38,8	8,1	9,5	1,1	0,1	0,8	2,1	1,0	1,3	0,5	36,5
204-1-130	130	34,3	40,3	7,4	9,6	1,4	0,8	2,3	3,7	1,6	1,8	0,6	30,5
204-1-140	140	49,5	32,7	8,3	10,4	2,4	0,6	1,2	1,8	0,6	0,8	1,7	39,5
204-2-10	155	56,9	29,5	7,0	8,6	2,9	0,6	1,1	1,7	0,9	0,8	0	46,7
204-2-20	165	48,6	26,3	5,6	7,9	1,2	1,0	1,7	1,7	1,4	1,5	0,3	51,5
204-2-30	175	42,5	25,5	7,1	8,6	1,4	0,4	1,9	2,7	0,4	1,3	0,7	50,1
204-2-40	185	31,8	23,4	9,1	7,5	0,7	0,4	1,0	2,3	1,6	0,6	0,4	53,3
204-2-50	195	27,3	26,2	10,1	10,1	1,6	0,5	1,4	3,4	4,0	0,8	0,4	41,4
204-2-60	205	26,0	14,0	6,1	7,7	1,9	0	1,4	3,0	3,3	1,4	0,5	61,0
204-2-70	215	27,4	21,4	4,0	6,8	1,6	0,1	1,7	2,2	4,1	0,5	0,5	57,2
204-2-80	225	29,2	22,2	6,7	6,9	2,3	0,5	1,7	3,1	2,0	1,8	1,4	53,2
204-2-90	235	26,0	20,0	6,8	7,4	1,8	0,1	1,7	1,9	2,7	2,6	0,4	54,7
204-2-100	245	21,5	17,2	9,5	7,8	2,5	0,1	3,0	5,6	4,1	1,7	0,8	47,5
204-2-110	255	23,2	25,3	13,8	11,5	3,2	0	1,0	7,6	2,0	1,7	0,8	33,2
204-2-120	265	21,4	18,1	13,4	7,8	1,2	0,1	1,5	4,8	2,8	3,1	2,5	44,6
204-2-130	275	18,5	25,0	13,8	9,8	2,0	0	1,1	7,5	4,1	2,5	1,0	33,2
204-2-140	285	18,5	23,5	15,8	10,4	2,0	0,1	0,8	5,8	5,3	1,2	0,6	34,7
204-3-10	300	26,1	24,3	18,6	14,2	1,8	0	2,7	7,2	4,1	1,3	1,0	23,6
204-3-30	320	20,7	37,8	15,7	8,1	1,3	0,2	1,1	5,3	2,7	0,9	1,0	25,9
204-3-50	340	33,1	25,3	11,8	10,9	1,1	0,4	1,0	5,0	2,8	0,5	0,5	40,7

ANNEXE III

Valeurs du flux total, du flux carbonaté et du flux terrigène des carottes KK 97, KK 88 et KK 319. Unité en $\text{g.cm}^{-2}.1000 \text{ ans}$.

Valeurs de densité matricielle pour les sédiments de ces mêmes carottes. Unité en g.cm^{-3}

Taux de sédimentations pour les différentes périodes climatiques ou des stades isotopiques de ces mêmes carottes. Unité en $\text{cm}/1000 \text{ ans}$.

Valeurs des différents flux sédimentaires dans la carotte KK 97

Prof. (cm)	Flux séd. total	Flux carbonaté	Flux terrigène	Densité
30	8,26	7,68	0,6	2,65
70	8,88	5,77	3,11	2,01
80	9,33	8,21	1,12	2,11
90	10,92	9,28	1,64	2,47
160	11,82	10,52	1,30	2,35
205	12,12	7,88	4,24	2,41
265	12,78	8,18	4,60	2,54
270	12,98	8,70	4,20	2,58
305	12,52	8,39	4,13	2,46
325	12,47	7,61	4,86	2,45
345	12,57	7,79	4,78	2,47
370	8,68	6,16	2,52	2,43
385	9,28	6,87	2,41	2,60
405	8,53	6,40	2,13	2,39
415	8,93	5,80	3,13	2,50
445	8,89	6,67	2,22	2,49
465	9,00	5,85	2,15	2,52
480	9,00	7,47	1,53	2,52
505	8,82	7,40	1,42	2,47

Flux en $\text{g. cm}^{-2} \cdot 1000 \text{ ans.}$

Densité en g. cm^{-3}

Taux de sédimentation :

- stade isotopique 1 : 3,77 cm/1000 ans
- stade isotopique 2 : 4,42 cm/1000 ans
- stade isotopique 3 : 5,03 cm/1000 ans
- stade isotopique 4 : 5,09 cm/1000 ans
- stade isotopique 5 : 3,57 cm/1000 ans

Valeurs des différents flux sédimentaires dans la carotte KK 319

Prof. (cm)	Flux Sédim. total	Flux carbonaté	Flux terrigène	Densité
10	4,78	3,74	1,04	2,08
30	4,69	3,46	1,23	2,04
40	2,93	2,08	0,85	2,02
60	3,13	2,34	0,79	2,16
80	2,96	2,15	0,81	2,04
100	2,18	1,60	0,58	1,50
120	3,22	2,42	0,80	2,22
140	2,75	2,21	0,54	2,43
155	2,40	1,93	0,47	2,13
175	2,52	2,02	0,50	2,23
195	2,68	1,92	0,76	2,25
220	2,45	1,78	0,67	2,65
230	2,50	1,83	0,67	2,06
240	2,48	1,77	0,71	2,10
260	2,44	1,70	0,74	2,08

Flux sédimentaire en $\text{g.cm}^{-2}.1000 \text{ ans}$

Densité en g.cm^{-3}

Taux de sédimentation :

Holocène : 2,3 cm/1000 ans
 Würm : 1,45 cm/1000 ans
 Riss-Würm : 1,13 cm/1000 ans
 Riss : 1,19 cm/1000 ans

Valeurs des différents flux sédimentaires dans la carotte KK 88

Prof. (cm)	Flux sédim. total	Flux carbonaté	Flux terrigène	Densité
10	11,99	10,8	1,19	2,23
30	11,60	9,36	2,24	2,16
90	6,40	4,09	2,31	2,09
110	6,36	4,33	2,03	2,08
175	6,61	4,55	2,06	2,16
195	5,78	3,57	2,21	1,89
235	6,82	4,49	2,33	2,23
275	6,53	5,27	1,26	2,04
330	6,91	5,62	1,29	2,16
370	7,10	5,62	1,48	2,22
410	6,88	4,67	2,21	2,15

Flux sédimentaire en $\text{g.cm}^{-2}.1000 \text{ ans}$

Densité en g.cm^{-3}

Taux de sédimentation :

Holocène : 5,8 cm/1000 ans
 Würm : 2,98 cm/1000 ans
 Riss-Würm : 2,83 cm/1000 ans

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

PLANCHE 1

Différents coccolithes rencontrés dans les boues hémipélagiques.

Photo 1 : Coccolithe *Emiliana huxleyi* caractéristique du Quaternaire terminal (Zone NN 21). KK 231-1-0. X 7200.

Photo 2 : *Gephyrocapsa oceanica*. Coccolithe abondant au Quaternaire. (Zone NN 21). KK 88- 2-20 (165 cm). X 10000.

Photo 3 : *Calcidiscus leptoporus*. Grand coccolithe. (Zone NN 21). KK 93-4-135 (570 cm). X 600.

Photo 4 : *Umbilicosphaera sibogea*. Grand coccolithe sur la droite de la photo, associé à *C. leptoporus* (à gauche) et *E. huxleyi* (en bas à droite). (Zone NN 21). KK 88-2-55 (200 cm). X 12000.

Photo 5 : Coccoshère pratiquement complète dans un nannofaciès riche en coccolithes. (Pliocène). KK 21-2-125 (275 cm). X 4400.

Photo 6 : *Discoaster surculus*. (Pliocène moyen). KK 21-3-130 (425 cm) .X 9400.

Photo 7 : Nannofaciès d'une craie riche en fragments de coccolithes; les nannofossiles nombreux ne sont pas toujours très bien conservés. (Zone NN 19). KK 264-1-85. X 6000.

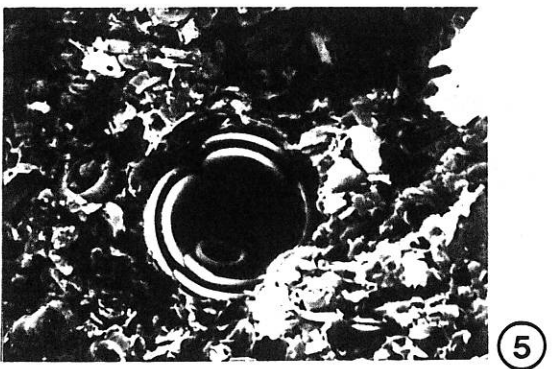
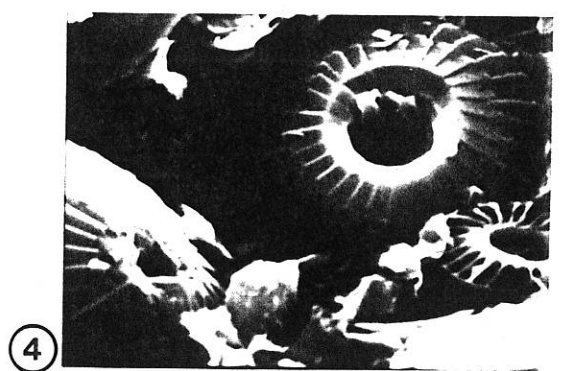
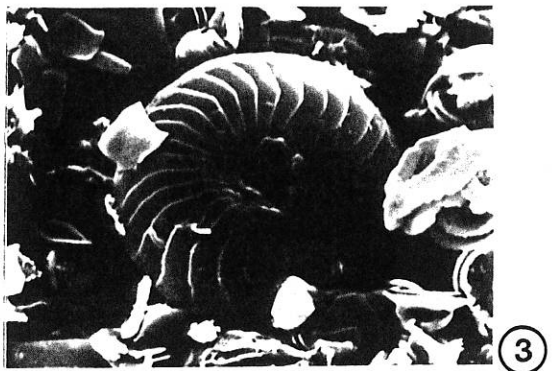
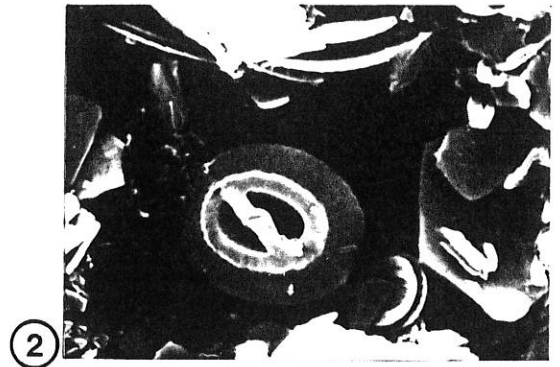


PLANCHE 2

Niveaux riches en diatomées. Faune et Flore associées.
Niveau KK 88-2-55 (200 cm). Zone NN 21.

Photo 1 : Plaque de la diatomée *Ethmodiscus rex* constituant de véritables boues. X 240.

Photo 2 : Détail de la plaque précédente. X 1800.

Photo 3 : Diatomée du genre *Triceratium* (?), accompagnant en grande quantité *E. rex*. X 360.

Photo 4 : Radiolaire colonial, *Polysolenia murrayana*. X 300.

Photo 5 : Radiolaire spumellaire du genre *Hexalonche*. X 440.

Photo 6 : Radiolaire spumellaire du genre *Amphirhopalum*.. X 440.

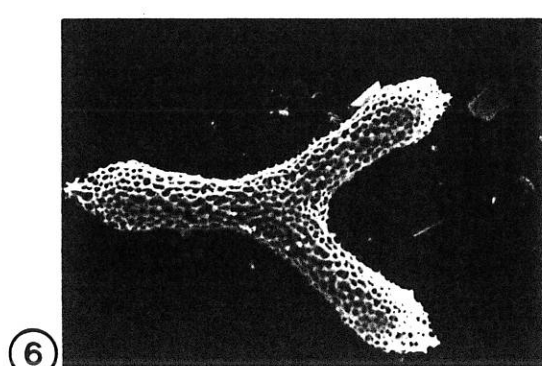
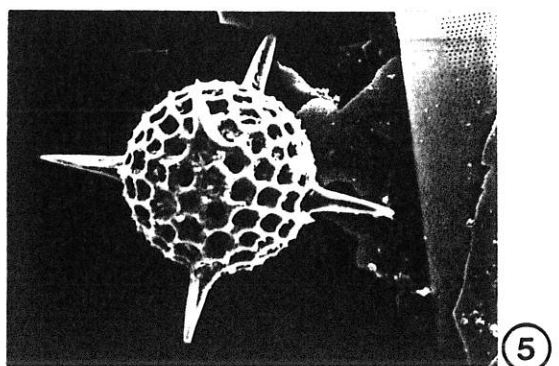
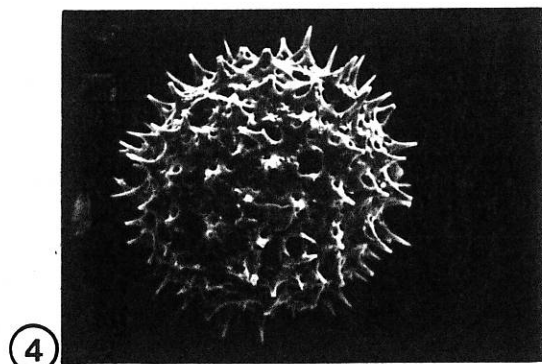
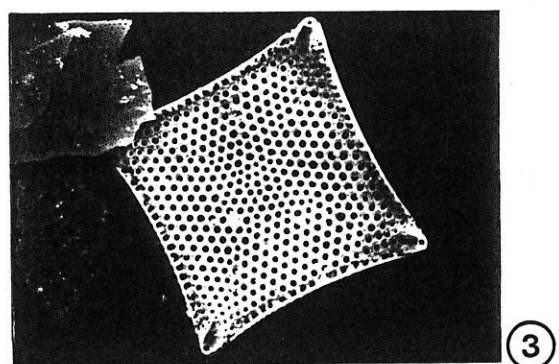
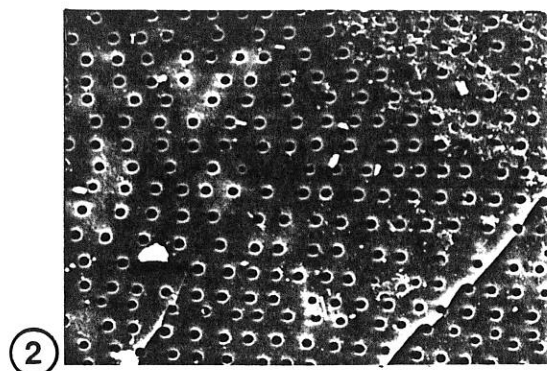
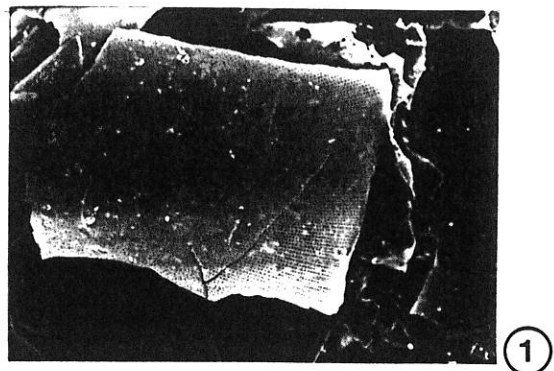


PLANCHE 3

Composition des fractions palynoplanctoniques des carottes KK 231 et KK 88.
Quaternaire terminal.

Photo 1 : Palynofaciès riche en débris de cuticule et débris ligneux. KK 231-3-10 (305 cm). X 100

Photo 2 : Palynofaciès riche en kystes de dinoflagellées et microforaminifères. KK 88-3-120/125 (270 cm). X 100

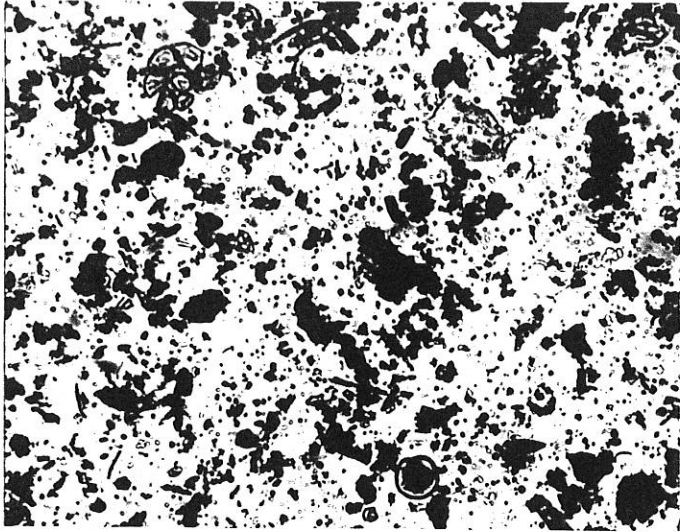
Photo 3 : Microforaminifères de type 2. KK 231-1-0.

Photo 4 : Kyste de dinoflagellées de l'espèce *Impaginium patulum*. KK 88-3-40/45 (330 cm). X 800.

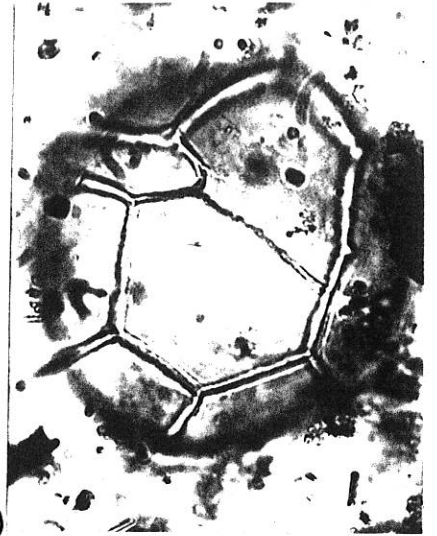
Photo 5 : Spores de Ptéridophytes de type *Cyatheaceae*. KK 88-4-120/125 (555 cm).

Photo 6 : Pollen d' *Araucaria*. KK 231-3-100 (305 cm).

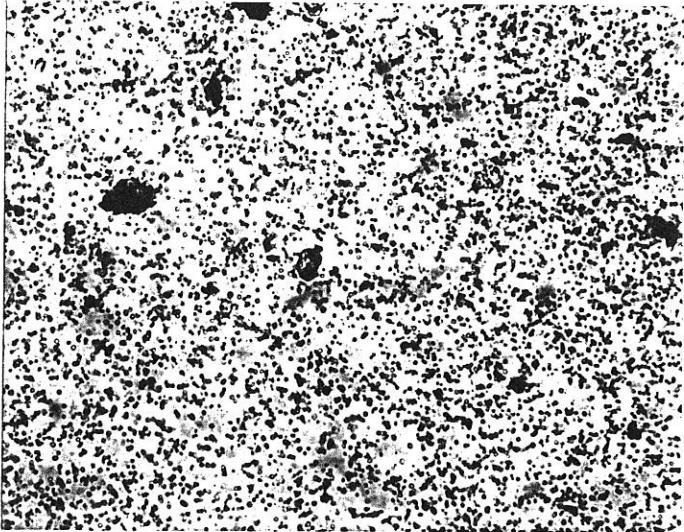
Grossissement X 1000, sauf indication contraire



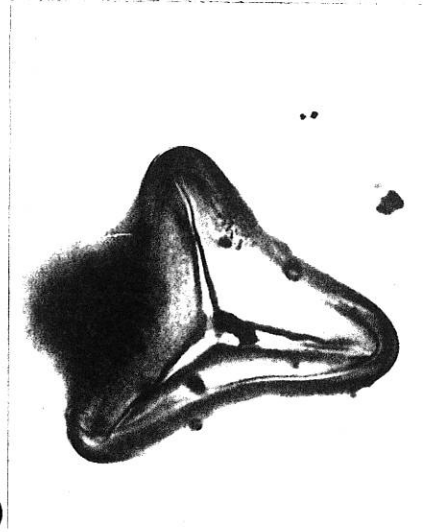
①



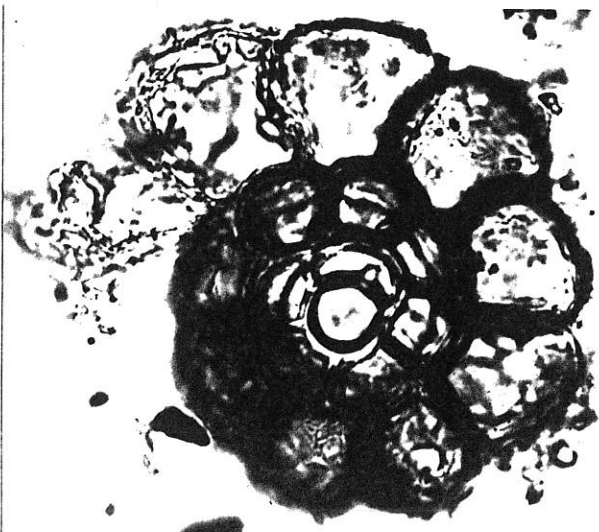
④



②



⑤



③



⑥