

Grands traits de la sédimentation actuelle et récente sur les pentes et dans les bassins au large de la Nouvelle-Calédonie (SW Pacifique) : résultats géologiques de la campagne Biocal

Nouvelle-Calédonie
Quaternaire
Taux de sédimentation
Érosion sous-marine

NewCaledonia
Quaternary
Sedimentation rate
Submarine erosion

Pierre COTILLON^a, François COUSTILLAS^b, Christian GAILLARD^a, Bernard LAURIN^c, Duo Jia LIU^d, William PANNETIER^a, André PASCAL^c, Frédéric PASCAL^a, Patrick RIGOLOTT^e, Michel RIO^a, Nicolas TRIBOUILLARD^c, Eric VINCENT^c

^a Université Claude Bernard – Lyon I, Centre des Sciences de la Terre et URA 11, du CNRS, 29-43, boulevard du 11-novembre 1918, F-69622 Villeurbanne Cedex (France).

^b TOTAL CFP, Laboratoire de Micropaléontologie, F-33605 Pessac Cedex (France).

^c Institut des Sciences de la Terre et URA 157 du CNRS, Université de Bourgogne, 6, boulevard Gabriel, F-21100 Dijon (France).

^d Collège de Géologie, Chengdu, Sichuan 10059 – Rép. Pop. de Chine.

^e ORSTOM/UBO, BP 70, F-29262 Plouzané (France).

Reçu le 15/09/89, révisé le 09/04/90, accepté le 10/05/90.

RÉSUMÉ

Les principaux résultats géologiques de la campagne Biocal sont tirés d'enregistrements sur échosondeur 3,5 KHz, de cartes Seabeam levées sur les pentes des rides de Norfolk et des Loyauté, de dragages et de carottages (Küllenberg et Usnel) dont la plupart jalonnent un itinéraire à travers le bassin des Loyauté entre Thio (côte NE de la Nouvelle-Calédonie) et l'île de Lifou.

La tectonique et le bilan érosion/sédimentation contrôlent la morphologie des pentes. Entre Thio et Lifou, le fond très régulier du bassin de Loyauté est déprimé côté SW par une forte subsidence tectonique et accidenté côté NR par une ride tectonique (ride Lévi). La plupart des sédiments carottés n'ont subi de transformations autres qu'une bioturbation, une réduction du fer en profondeur et un début de compaction. Ils sont d'âge quaternaire en général, sauf au SW de la Nouvelle-Calédonie et au SW de Lifou où du Pliocène et du Miocène ont été respectivement atteints. Cinq sources principales alimentent la sédimentation : la Grande-Terre de Nouvelle-Calédonie, entretenant un important flux terrigène, les barrières récifales qui l'entourent, les récifs soulevés des îles Loyauté, les communautés benthiques des pentes et des bassins, le plancton et les volcans de l'arc des Nouvelles-Hébrides.

Le long des pentes, les dépôts contemporains forment des placages peu épais et discontinus; les canyons canalisent des turbidites, des slumps et des coulées boueuses. Au large de Thio, ces deux derniers s'accumulent au pied du talus en un bourrelet discontinu. Plus en aval, des turbidités s'étalent dans le bassin des Loyautés sur une cinquantaine de kilomètres jusqu'à la ride Lévi; elles alternent avec des hémipélagites, l'ensemble constituant un épandage multilobé.

L'installation, au Quaternaire, des récifs-barrières autour des îles de l'archipel méo-calédonien a diminué très fortement le volume des transferts depuis les terres émergées et les plates-formes jusqu'aux bassins où les taux de sédimentation sont faibles. Des écarts atteignant 10 000 à 15 000 ans entre les âges des produits carbonatés issus des plates-formes et le moment de leur dépôt ont été notés en trois sites du bassin des Loyauté et de Nouvelle-Calédonie. Ils pourraient correspondre à la fois à un temps de résidence, à un temps de transit et à des remaniements sur des pentes soumises à une érosion active.

Oceanologica Acta, 1990. Volume spécial **10**, Actes du Colloque Tour du Monde Jean Charcot, 2-3 mars 1989, Paris. 341-359.

ABSTRACT

Main aspects of present and recent sedimentation through slopes and basins off New-Caledonia (South-western Pacific). Geological results from the Biocal cruise.

Salient geological results from the Biocal cruise are based on 3.5 kHz echosounder profiles. Seabed maps of slopes on both sides of Norfolk and Loyalty ridges, dredgings and corings (piston and usnel box), the most of them extracted along the Thio-Lifou profile through Loyalty basin. Slopes morphology is controlled by tectonics and erosion/sedimentation balance. From Thio to Lifou, and uniform basin bottom is depressed southwestward by tectonic subsidence and uneven northeastward by a tectonic ridge (the Levi ridge). Cored deposits are not transformed except by bioturbation. Fe-reduction and initial compaction: they form quaternary successions except off southwest New-Caledonia where cores reach the Pliocene; Sedimentation is fed by five main sources: Great-Land of New-Caledonia, yielding an important terrigenous flux, reefal barriers surrounding it and raised reefs of Loyalty islands, benthic communities dwelling on slopes and in the basins, plankton and volcanoes of New-Hebridean arc.

Contemporaneous deposits occur as thin and discontinuous layers along the slopes; hullies and canyons conduct turbidity currents, slumps and mud-flows. Down Thio slope, the latter accumulate a discontinuous rim of redeposited material. basinward, turbidites spread out over 50 km up to the Levi ridges; they alternate with hemipelagites, the whole interpreted as forming a sort of low-profile submarine prism constituted by the merging of several lobes.

The development of Quaternary reefal barriers around islands of the new-caledonian archipelago has reduced severely the inputs from emerged lands and platforms to the basins where the rates of sedimentation are weak. The progression of carbonate products is rather slow from platforms to the sites of ultimate settlements. lags reaching 10 000 to 15 000 years, between ages of platform - derived carbonates and their time of deposition, have been documented at three sites of Loyalty and New-Caledonia basins. They must correspond to residence and transit times as well as to reworkings along slopes submitted to an active erosion. Consequently, no sedimentary accretion occur along talus which in return are severely eroded.

This type of mixed carbonate and terrigenous sedimentation down neo-caledonian platforms is still little investigated in other modern environments.

These ways of sediments settling in the Loyalty basin may help for a better knowledge of ancient basins such as that of Southeastern France during the Mesozoic.

Oceanologica Acta, 1990. Volume spécial **10**, Actes du colloque Tour du Monde Jean Charcot, 2-3 mars 1989, Paris. 341-359.

INTRODUCTION

Dans le cadre du programme Envimarges, consacré à l'étude des milieux bathyaux des marges océaniques inter-tropicales, la campagne Biocal (1985) a permis à une équipe de biologistes et de géologues d'étudier les écosystèmes et les sédiments des pentes bordant la Nouvelle-

Calédonie et la ride des Loyauté ainsi que des bassins adjacents (fig. 1). L'exploration de ce domaine se limitait jusqu'alors à quelques reconnaissances sismiques, bathymétriques et magnétiques ainsi qu'à quelques dragages (Dubois *et al.*, 1974, Bitoun et Récy, 1982).

La Nouvelle-Calédonie est formée essentiellement d'une nappe ophiolitique obductée, mise en place à l'Eocène su-

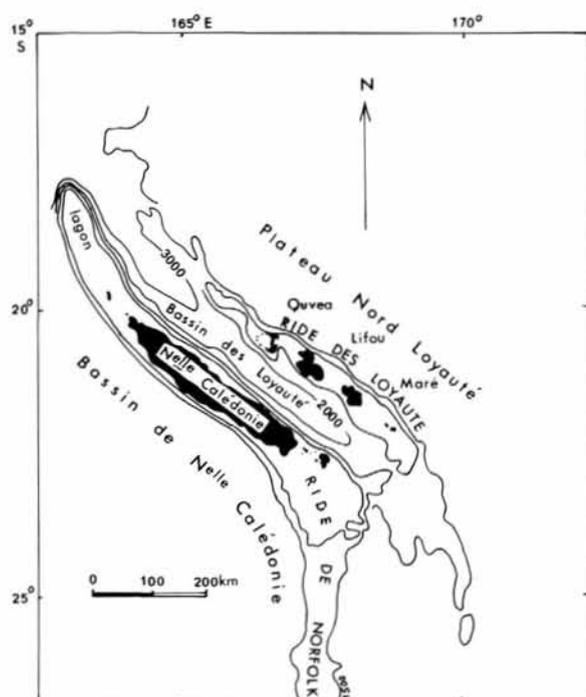


Figure 1

Croquis de situation montrant les rides de Norfolk et des Loyauté dont les parties émergées sont respectivement la Nouvelle-Calédonie et les îles Loyauté.

Sketch of location showing Norfolk and Loyauté ridges and their emerged parts : New Caledonia and Loyauté islands.

périeur (Paris *et al.*, 1979, Paris 1981). Cette nappe constitue également le substratum du bassin des Loyauté. Tronqué par une surface d'érosion oligo-miocène jusqu'aux termes inférieurs de la nappe, le bloc calédonien s'est ensuite soulevé dans sa partie axiale laissant ainsi apparaître des marges qui se sont affaissées soit par flexuration, soit par blocs faillés disposés en gradins aujourd'hui partiellement immergés (Routhier 1953, Bitoun et Récy, 1982). Une ceinture récifale, interrompue par des passes, s'est établie au début du Pléistocène autour de la Nouvelle-Calédonie, isolant un lagon, large ordinairement de 10 à 15 km, mais atteignant 65 km au sud de l'île. Limité vers le large par une pente abrupte, ce récif croît en hauteur du fait des actions combinées de la subsidence des marges et du glacio-eustatisme (Coudray, 1977).

Le bassin des Loyauté est large d'une centaine de kilomètres; sa partie la plus profonde atteint 2 350 m. Orienté NW-SE, il est encadré à l'ouest par la ride de Norfolk, dont la Nouvelle-Calédonie est la partie émergée essentielle, à l'est par la ride des Loyauté jalonnée par les îles de Maré, Lifou et Ouvéa (fig. 1).

La ride des Loyauté est une chaîne volcanique dont l'édification a sans doute débuté avant l'Eocène supérieur pour se poursuivre jusqu'au Miocène supérieur (11 à 19 Ma selon Baudron *et al.*, 1976). Elle est recouverte de sédiments carbonatés incluant des calcaires récifaux dont les plus anciens ont fourni des fossiles pliocènes. Les îles de Maré, Lifou et Ouvéa sont des atolls quaternaires sou-

levés au niveau du bombement qui affectent la plaque australienne avant son enfoncement plus à l'est sous la plaque pacifique au niveau de la fosse des Nouvelles-Hébrides (Dubois *et al.* 1974).

Les reliefs de la Nouvelle-Calédonie, très dégradés par l'érosion, sont la source d'un flux terrigène important se mêlant aux produits biocarbonatés issus des plates-formes. Les abords de l'île offrent donc un bel exemple de système sédimentaire mixte, carbonaté et silico-clastique, demandant à être exploré et comparé aux modèles plus classiques et purement carbonatés de type bahamien. En revanche, les îles Loyauté constituent l'amont d'un système à dominante carbonatée. Enfin, bien que situé dans un contexte géodynamique particulier, le bassin des Loyauté par ses dimensions, sa profondeur, le rythme de son remplissage et son environnement peut être considéré à bien des égards comme un exemple actuel permettant de mieux comprendre le fonctionnement de bassins anciens, notamment celui du Sud-Est de la France au Mésozoïque.

Au cours de la campagne Biocal, les méthodes classiques de prélèvement et d'enregistrement en mer ont été employées : dragages, chalutages, carottages Kullenberg (tubes de 12 m, 0,6 cm) et Usnel grande surface (50 x 50 cm), échosondage 3,5 khz, cartographie par sondage multifaisceaux seabeam. L'exploitation à terre des données (pétrographie, granulométrie, datations ^{14}C , minéralogie des argiles et des carbonates, mesures $\delta 18\text{O}$, micropaléontologie) a permis de caractériser et de quantifier certains aspects de la sédimentation actuelle et récente ainsi que des transferts des plates-formes aux bassins tout en essayant de saisir le jeu des grands contrôles sédimentaires : intensité du flux terrigène, variations du niveau marin, tectonique des marges.

MORPHOLOGIE SOUS-MARINE

Les pentes des rides de Norfolk et des Loyauté

Les quelques profils sismiques et dragages de précédentes campagnes entre 20 et 23°S (Coriolis, Danaïdes, Eva 1, Mobil, Austradec, Zoé, Gulf, Georstom, Dubois *et al.*, 1974, Bitoun et Récy 1982) ont révélé la constitution du talus NE de la Nouvelle-Calédonie : un fond descendant par paliers successifs depuis le tombant récifal jusqu'au bassin des Loyauté. Selon Bitoun et Récy (1982), cette morphologie révèle un effondrement des marges de l'île affectant notamment une ancienne surface de pénélplanation miocène, encore visible sur la Grande-Terre et atteinte par le creusement de canyons au large de l'île des Pins. Les cartes Seabeam B₁, au large de Thio et B₄, au large de l'île des Pins (fig. 2), montrent le rôle de cet effondrement sur la morphologie générale des pentes : est globalement rectiligne, ou par flexure dans le cas de B₄, seul exemple de pente convexe vers le haut. Les deux secteurs montrent en outre la présence de canyons de largeurs et

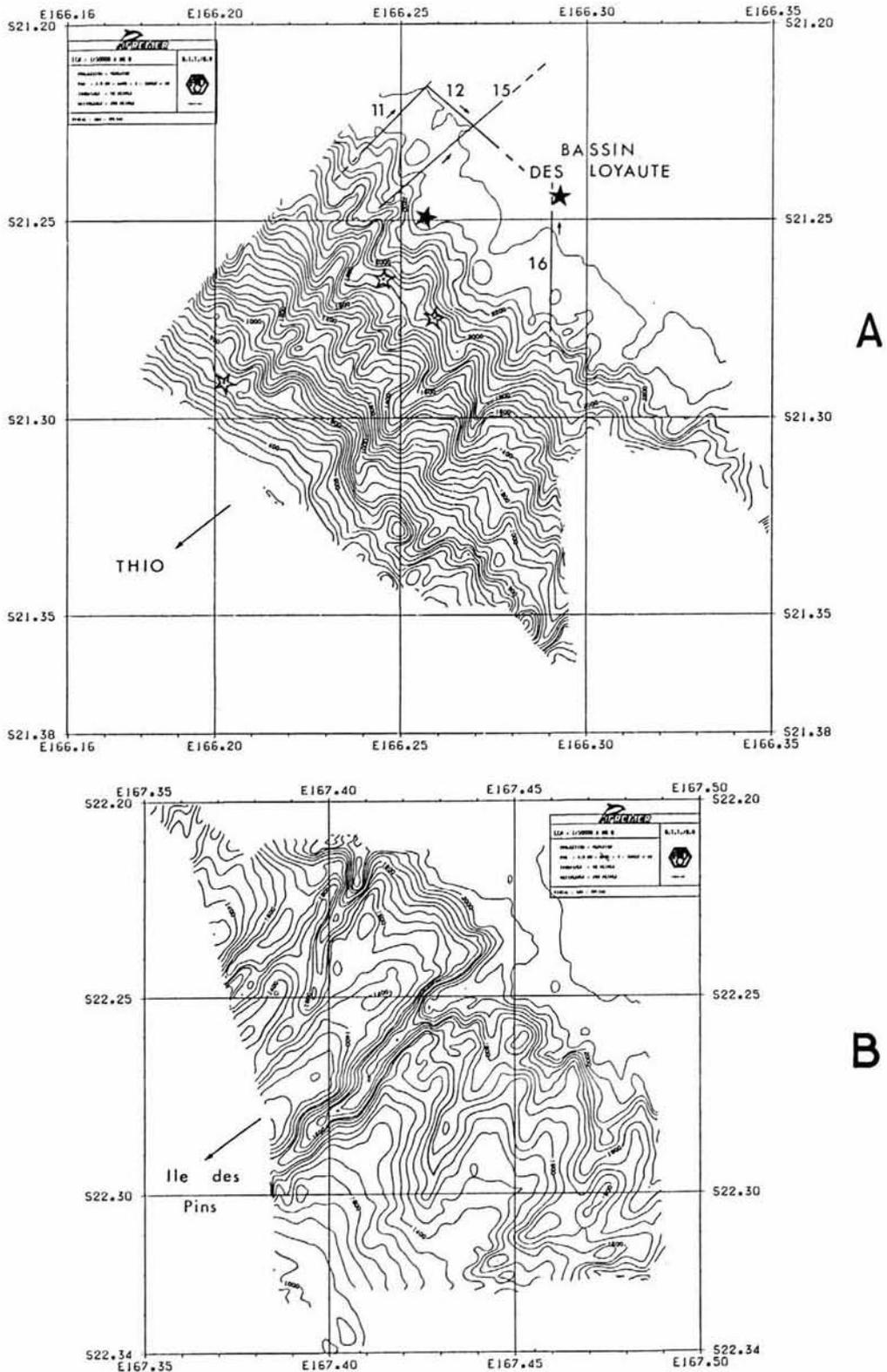


Figure 2

Cartes Sea-Beam sur la pente NE de la ride de Norfolk.

★ : sondages Küllenberg (KK.) ☆ : sondages Usnel (KG).

A. Secteur au large de Thio (B1), face à une passe récifale. Pente découpée en gradins mais à profil général droit. Canyons étroits et rectilignes; directions structurales N20-25°, N45°, N130-140°. En bas de pente, accumulations de matériaux entaillées par les canyons.

Stations de carottage, du haut de la pente vers le bassin : KG 103, HG 101 (NE) et KG 102 (SW), KK 100, KK 107. Profils d'échosondage désignés par des numéros.

B. Secteur au large de l'île des Pins (B4). Pente convexe vers le haut, découpée en gradins et raccordée au bassin par un ressaut. Canyons orientés N5-10°, N30°, N60° et N175°. Les deux principaux recoupent un réflecteur plan interprété comme une pénélaine miocène (Bitoun et Récy 1982).

Sea-Beam maps from north eastern slope of Norfolk Ridge.

★ : piston corings (KK.) ☆ : Usnel box corings (KG).

A. Area off Thio (B1), in front of a reefal pass. The slope is straight in the whole but shows benches and escarpments; canyons are narrow and rectilinear; structural trends are N20-25°, N45° and N130-140°. Down the slope, the canyons cut accumulations of redeposited material. Downward along the slope, site of coring are the following : KG 103, KG 101 (NE) and KG 102 (SW), KK 100, KK 107. Echosounder profiles are pointed out by numbers.

B. Area off the Pines island (B4). The slope is convex upward, cut into benches and escarpments and connected to the basin by a step. The canyons are oriented towards N5-10°, N30°, N60° and N175°; the major ones cut a plane reflector interpreted as a miocene plain (Bitoun and Récy 1982).

de profondeurs variables (1 à 3 km et 100 à 500 m respectivement) dont les tracés sont guidés par des directions tectoniques : N 20-25° et N45° pour B₁, N5-10°, N30°, N60° et N175° pour B₄.

La carte B₅, sur la bordure SW de la Grande-Terre (fig. 3) correspond à une pente plus étalée et concave vers le haut, découpée elle aussi en gradins. Récemment, Rigolot et Pelletier (1988) ont décrit sur la même pente, mais plus à l'ouest, un dispositif comparable. Les directions N220-225° et N115-100° sont bien visibles dans le tracé des canyons qui sont ici larges de 3 à 5 km et profonds de 300 à 350 m.

De part et d'autre de Lifou (cartes B₂ et B₃, fig. 4) les pentes ont également un profil concave mais ici très redressé vers le haut (16 à 19°). Dans la zone B₂ les canyons sont courts, larges et peu profonds : les directions tectoniques les plus apparentes sont N30°, N60° et N145°. Dans la zone B₃, le talus est découpé en larges zones concaves séparées d'éperons étroits. Un bloc plurikilométrique, sans doute initialement découpé par failles, se détache du reste de la pente entre 2 700 et 3 600 m de profondeur. Les

canyons, larges de 1 à 2 km et profonds de 250 à 300 m, sont obliques ou presque perpendiculaires aux lignes de plus grande pente ce qui prouve leur dépendance de directions tectoniques : N50-60° et N110-120°.

Les pentes néocalédoniennes peuvent donc être classées en deux catégories :

- *talus peu évolués morphologiquement*, à canyons étroit, à profil soit convexe vers le haut (B₄) et sans doute contrôlé tectoniquement, soit droit (cas de B₁).
- *talus évolués à canyons larges*, profils concaves vers le vers et à larges canyons (zones B₂, B₃ et B₅).

La marque de la tectonique est évidente sur toutes les pentes.

Le bassin des Loyauté

L'échosondage a révélé une plaine abyssale se relevant légèrement vers le NE, d'une profondeur moyenne de 2 350 m (fig. 5). A l'approche de la ride des Loyauté, deux

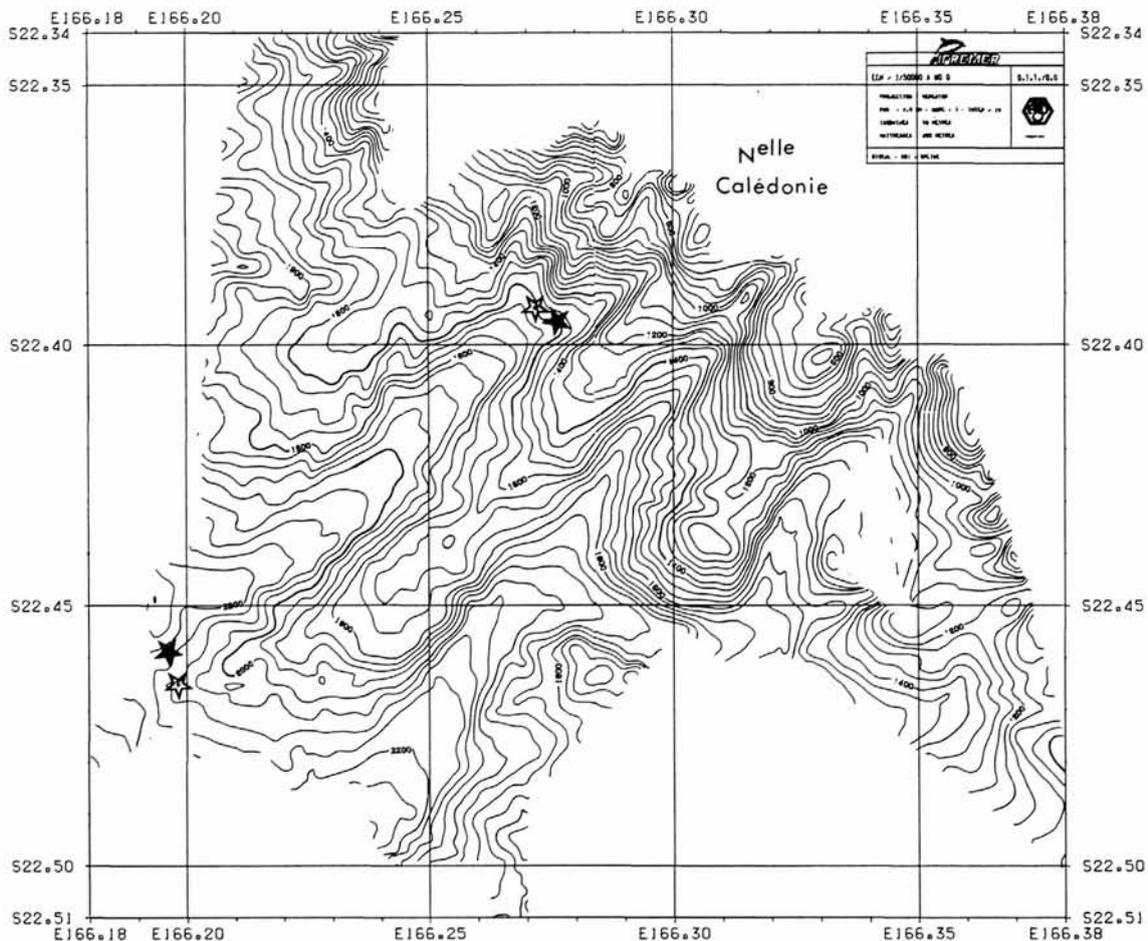


Figure 3

Carte Sea-Beam B₅ sur le talus au large de Nouméa (SW de la Nouvelle-Calédonie). On remarque les larges canyons, le profil concave de la pente et la morphologie en gradin. Direction structurales N115-120° et N220-225°. Stations de carottage, du haut de la pente vers le bassin : KG24 et KK25, KK21, KG22.

★ : carottage Küllenberg (KK), ☆ : carottages Usnel (KG).

Sea-Beam map B₅ of the slope off Noumea (South-western New-Caledonia), exhibiting broad canyons, a bench morphology and a concave profile. Structural trends : N115-120° and N220-225°. Sites of coring are the following : KG 24 and KK25, KK21 and KG22. ★ : piston corings (KK), ☆ : Usnel corings (KG).

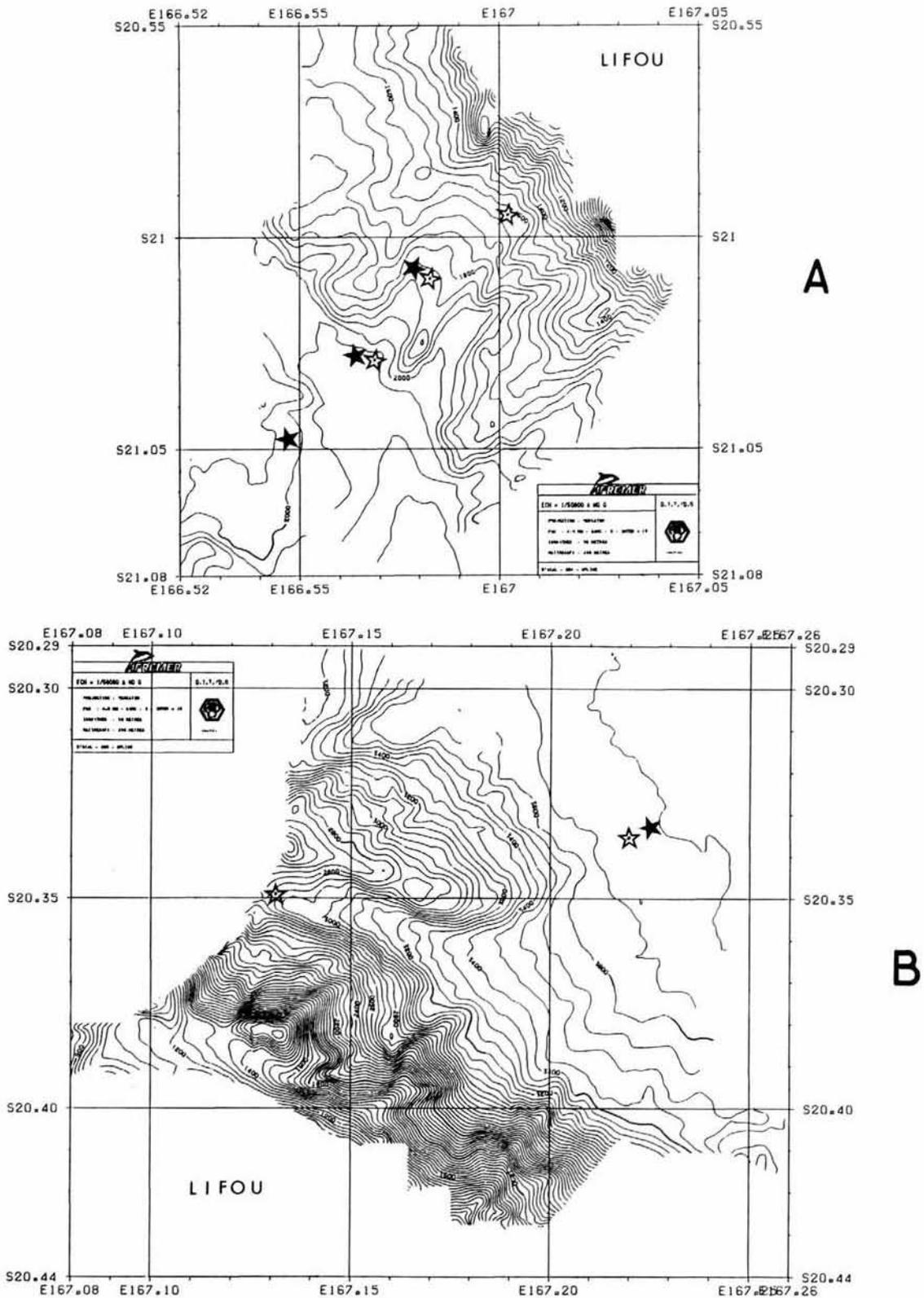


Figure 4

Cartes Sea-Beam sur les pentes NE et SW de la ride des Loyauté, de part et d'autre de l'île de Lifou. ★ : carottages Küllenberg (KK). ☆ : carottages Usnel (KG).

A. Secteur au SW de Lifou (B₂). Pente concave vers le haut, raccordée au bassin par un ressaut. Canyons larges. Quart SW : extrémité sud de la ride Lévi. Stations de carottage du haut de la pente vers le bassin : KG 85, KK 87 et KG 86, KK 88 et KG 89, KK 20. Directions tectoniques : N30°, N60° et N145°.

B. Secteur au NE de Lifou (B₃). Pentcs supérieures très abruptes. Découpage en blocs par des structures N50-60° et N110-120°. Stations de carottage du haut de la pente vers le bassin : KG 19, KG 16, KK 18.

Sea Beam maps from North-eastern and South-western slopes of Loyalty ridge, on both sides of the Lifou island. ★ : piston corings (KK). ☆ : Usnel box corings (KG).

A. Area south-west of Lifou (B₂). Slope is concave upward and connected to the basin by a step. Canyons are broad. The south end of Levi Ridge is present Southwestward. Downward along the slope, sites of coring are the following : KG 85, KK 87 and KG 86, KK 88 and KG 89, KK 20. Structural trends : N30°, N 60° and N 145°.

B. Area north-east of Lifou (B₃). The slopes are abrupt upward and cut into blocks by N50-60° and N110-120° faults. Downward along the slope, sites of coring are the following; KG 19, KG 16, KK 18.

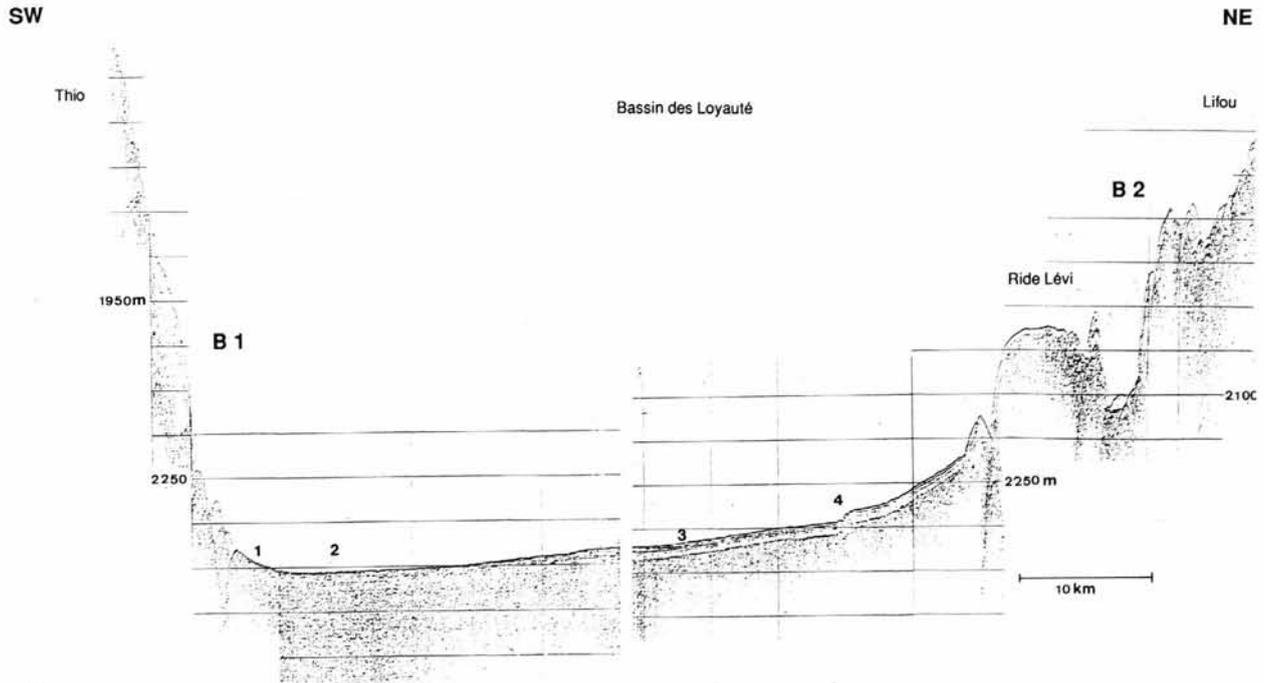


Figure 5

Profil bathymétrique transversal du bassin des Loyauté entre la Nouvelle-Calédonie et l'île de Lifou (archipel des Loyauté) par échosondeur 3,5 KHz. La zone de raccord entre les deux profils ne fait que quelques km de large. En face de Thio, accumulation de coulées et de slumps en pied de pente (1), puis zone très subsidente (2). Au NE, ride Lévi séparée par un canyon de la pente SW de l'île de Lifou. 3 : alternance de turbidites et d'hémipélagites. 4 : structure néotectonique.

Bathymetric profile of the Loyauté basin between, New-Caledonia and Lifou island (Loyalty archipelago) by 3,5 KHz echosounding. The break between the two profiles is few kilometers large. Off Northeastern New-Caledonia note an apron of redeposited sediments (1) at the foot of the talus, then a subsiding zone (2). Northeastward, Levi ridge (2) separated from the slope off Lifou by a canyon. 3 : alternation of turbidites and hemipelagites. 4 : neotectonic structure.

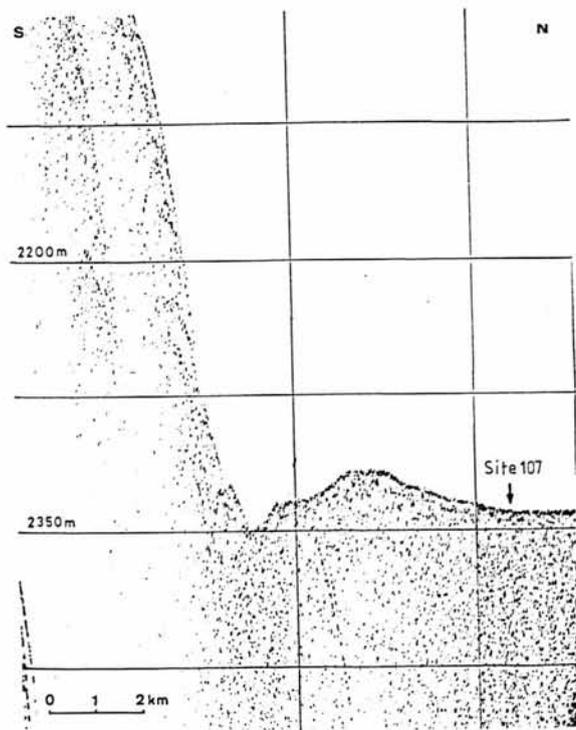


Figure 6

Profil bathymétrique n° 16 à l'échosondeur 3,5 KHz (voir son emplacement fig. 2A). Accumulation de coulées et de slumps au pied de la pente au large de Thio.

3,5 KHz echosounder profile 16 exhibiting a rim of redeposited material situated on the junction between the slope and the basin (for location see Fig. 2A).

reliefs sans doute d'origine tectonique accidentent le bassin dont le plus important est une ride NNW-SSE; appelée ride Lévi, découverte au large de Lifou. Elle est large d'une dizaine de kilomètres et s'élève de 200 à 400 m au-dessus des fonds avoisinants; les levés par Seabeam ont montré qu'elle s'envoie très rapidement vers le sud (carte B₂, fig. 3) mais n'ont pu préciser son extension vers le nord plusieurs carottages, révèlent qu'au pied de la pente néo-calédonienne, un bourrelet discontinu est constitué de matériaux resédimentés (fig. 6);

Le long de la transversale Thio-Lifou, les plus fortes profondeurs du bassin se situent à proximité du talus de la Grande-Terre (fig. 5), là où paradoxalement la sédimentation est la plus active; cela traduit une subsidence importante créant une inversion de relief, résultat probable du jeu en extension de blocs du socle recouverts par le remplissage récent du bassin des Loyauté. Des traits de sismique haute résolution demandés pour un autre projet de campagne permettraient de vérifier cette hypothèse.

SÉDIMENTS ACTUELS ET RÉCENTS

L'étude des sédiments actuels et récents repose sur des prélèvements par carottages Kullenberg et Usnel dont la Figure 7 montre la répartition.

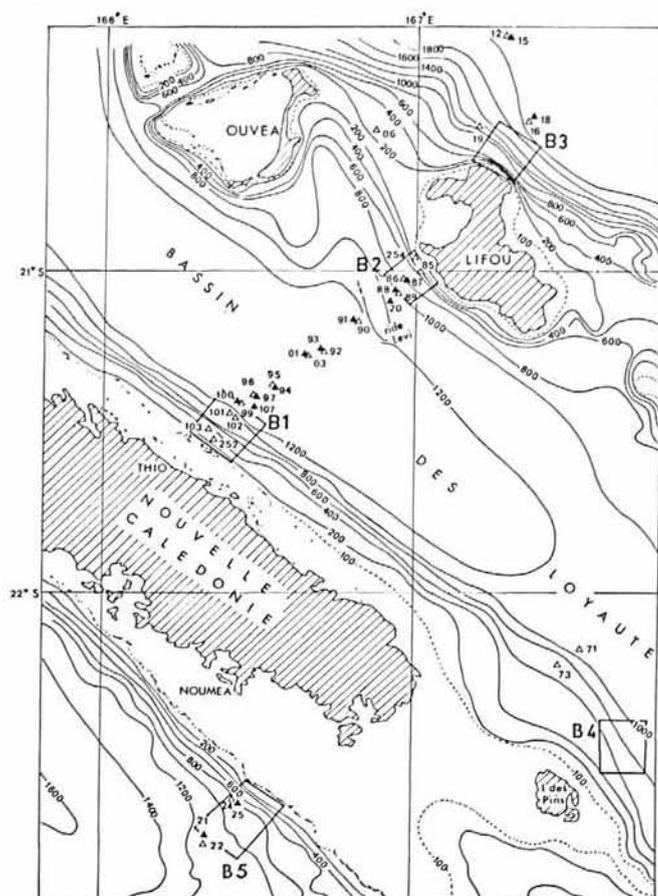


Figure 7

Emplacement des carottages exécutés au cours de la campagne BIOCAL. ▲ : carottages Küllenberg (KK). Δ : carottages Usnel (KG). B1...B5 : cartes Sea-Beam. Profondeurs en brasses. Location of corings performed during the BIOCAL cruise. ▲ : piston corings (KK) - Δ : Usnel corings (KG) - B1...B5 : seam-beam maps. Depth in fathoms.

Stratigraphie

Les pentes sont revêtues de boues calcaéo-argileuses, beige à jaune-brun, plus ou moins riches en sables bioclastiques. L'épaisseur de ces boues se réduit parfois à une dizaine de centimètres; elles surmontent dans ce cas des couches semi-indurées dont les dragages dans les zones B₅ et B₁ ont ramené parfois des témoins. Ces couches plus compactées sont généralement des dépôts quaternaires calcaéo-argileux mais quelquefois de grès et silstones jaune-kaki.

Dans le bassin des Loyauté, des boues très fluides jaune-brun clair couvrent uniformément les fonds sur une épaisseur d'environ 2 cm. Elles ne peuvent être prélevées que par carottages Usnel. En dessous, les carottages Küllenberg ont recoupé une alternance de turbidites et d'hémipélagites dont la structure caractéristique plane parallèle est révélée sur quelques mètres d'épaisseur par un échofaciès à sous-réfecteurs continus (Fig. 5). Une compaction appréciable des dépôts, décelable par sismique, n'intervient qu'à une profondeur de l'ordre du millier de mètres (Bitoun et Récy, 1982).

La stratigraphie des dépôts carottés repose sur plusieurs méthodes :

- la datation au ¹⁴C pour les sédiments postérieurs à 30 000 ans (carotte 21 au pied de la zone B₅ et 97 au large de la zone B₁);
- la datation par la courbe de δ¹⁸O (carottes 21 et 97);
- les corrélations par les courbes des teneurs en CaCO₃ et en aragonite,
- la biostratigraphie par les nannoflores.

Les méthodes isotopiques ont permis de calculer des taux de sédimentation et d'évaluer des écarts entre l'âge des matériaux carbonatés issus des plates-formes et le moment de leur dépôt.

Les coccolites du genre *Discoaster* ont montré l'âge tertiaire des éléments jaune-kaki qui sont donc antérieurs à l'installation du système récifal néo-calédonien, ce que confirme l'absence de carbonates dans ce faciès. Les nannoflores ont révélé également la présence d'une lacune importante, ou d'une condensation, au pied de la pente SW de la Nouvelle-Calédonie (carotte 21); dans cette succession de 4,30 m, entièrement boueuse et apparemment continue, 2,70 m de dépôts quaternaires reposent sur 1.60 m de Pliocène à *Discoaster* (zone NN₁₄ du Pliocène moyen à la base).

Les corrélations entre carottes Küllenberg le long de la transversale Thio-Lifou ont été déduites de la composition des séquences turbiditiques d'ordre 1 et 2 (Liu, 1988) ainsi que des variations verticales des teneurs en carbonates (cf. infra).

Composition

Les sédiments totaux sont formés de 5 types de constituants définissant autant de sources de matériaux :

Les produits terrigènes (15 à 40 %) issues de la Grande-Terre de Nouvelle-Calédonie.

On y trouve des argiles, du quartz, des minéraux lourds, des feldspaths, des silicates magnésiens (enstatite, forsterite, serpentine, talc), des spinelles magnésiens. L'illite, la chlorite et la smectite forment le fond des associations argileuses; les deux premières sont à peu près également réparties le long du transect Thio-Lifou tandis que la dernière augmente en proportion dans la partie centrale du bassin des Loyauté mais surtout à l'Est de Lifou (fig. 8).

Les carbonates de plates-formes

Ils comprennent des bioclastes variés (algues, madréporaires, coraux, foraminifères benthiques peu profonds, avec notamment *Quinquelogulina* et *Amphiategina*) et des boues de périplate-forme qui constituent, d'après Liu (1988), jusqu'à 50 % des carbonates totaux. Les bioclastes se raréfient des bordures vers le centre des bassins; au sein de ce matériel, la fréquence des foraminifères propres à l'environnement récifal a été utilisée pour caractériser un «taux d'allochtonie» du sédiment (Vincent et Laurin,

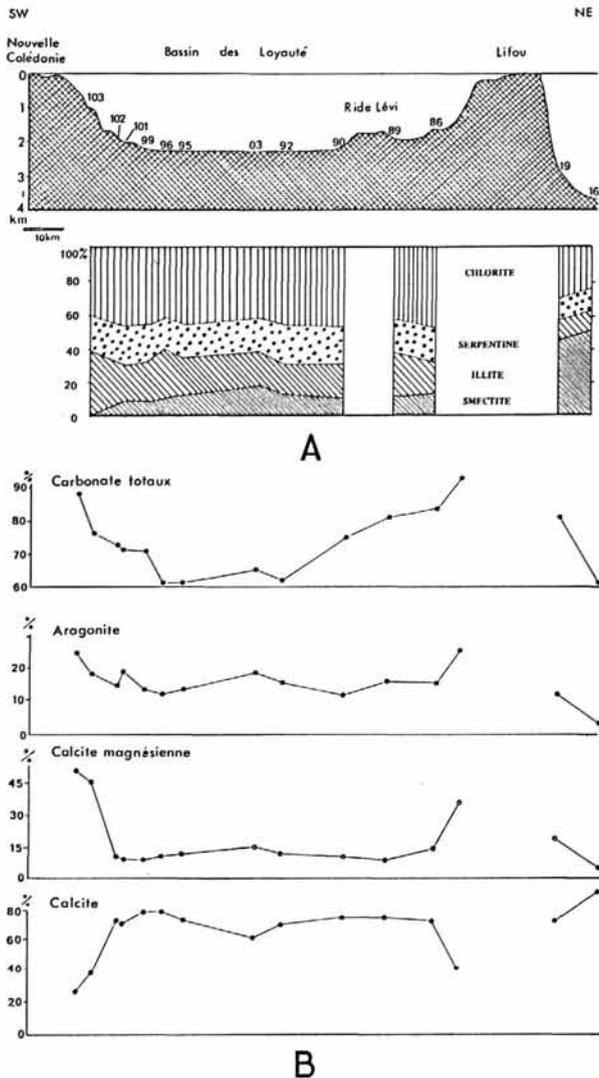


Figure 8

Répartition des principaux composants terrigènes et carbonatés dans la fraction boueuse des sédiments de surface le long de l'itinéraire Thio-Lifou. Les numéros correspondent aux carottages grande surface Usnel (d'après Liu 1988).

A - Minéraux argileux
B - Minéraux carbonatés.

Distribution of main terrigenous and carbonate components in muddy fraction of surface sediments along the Thio-Lifou profile. Numbers correspond to usnel corings (after Liu 1988).

A - clay minerals
B - carbonate minerals.

1988). La minéralogie des carbonates est aussi un reflet de cette allochtonie : ainsi, les quantités de calcite magnésienne et d'aragonite (déterminée par la mesure de la hauteur des pics principaux sur les diffractogrammes et par l'utilisation d'une courbe de calibration pour l'aragonite : Liu, 1988) produites en abondance par les écosystèmes des plates-formes, diminuent des bordures vers le centre des bassins (Pannetier, 1986; Liu, 1988) (fig. 8). On constate, à proximité des pentes, la calcite magnésienne est deux fois plus abondante que l'aragonite. L'in-

verse a été observé aux Bahamas (Boardman et Neumann, 1984) ce qui s'explique par des modes différents de dosage de l'aragonite.

Les bioclastes des communautés benthiques profondes

Ceux-ci sont fournis par divers organismes reconnus par dragage au cours de la campagne Biocal : Sclérentinaires, éponges, échinides, ophiures, holothuries et foraminifères vivant sur les pentes et sur le fond des bassins. L'importance relative de cette bioproduction est très difficile à estimer dans le sédiment. Une meilleure connaissance des densités, composition et taux de renouvellement des populations benthiques permettrait peut-être de parvenir à cette estimation. Les travaux en cours menés avec les biologistes apporteront sans doute des résultats en ce domaine.

Les coquilles d'organismes planctoniques

De la calcite peu magnésienne est produite en grande quantité par le nanoplancton et, dans une moindre mesure, par les Globigerinidés et les Globorotalidés. Les reste de ptéropodes, abondants sur les fonds entre 1 000 et 1 500 m fournissent de l'aragonite. Par comparaison, la production de silice par les radiolaires et les diatomées est très peu importante.

Les produits volcaniques

Les verre volcanique et les débris de ponce ne sont fréquents qu'à l'est de la ride des Loyauté (bassin Nord-Loyauté) où les boues à coccolites en renferment de 1 à 25 %. En outre, les forts pourcentages en smectite (jusqu'à 50 % du stock argileux) observés dans le même secteur pourraient provenir en partie d'une altération sous-marine de ces produits volcaniques.

Les proportions relatives de ces cinq composants sont géographiquement très variables; elles sont fonction, sauf pour les produits pyroclastiques, de l'éloignement des plates-formes. Il faut y ajouter des variations dans le temps, dépendantes des modalités de dépôt (Liu, 1988), ces dernières étant liées aux fluctuations eustatiques quaternaires (travail en cours de W. Pannetier), au degré desaturation des eaux en carbonate de calcium et à l'activité tectonique des bordures de bassins. Par exemple, l'arrivée d'une courant de turbidité dans un bassin se traduit toujours par un étalement de sables, de silts bioclastiques et de boues de périplate-forme sur plusieurs dizaines de kilomètres dans les plaines abyssales.

L'aragonite, le quartz et les carbonates totaux fluctuent verticalement le long des carottes en fonction de la production des barrières récifales et du flux terrigène, eux-même dépendants du niveau marin (fig. 9).

Enfin il existe en plusieurs sites des lits à fortes concentrations en diatomées; ceux-ci sont à mettre en liaison avec des périodes glaciaires à plus forte productivité planctonique (W. Pannetier, travail en cours).

En résumé, la sédimentation à l'aval des plates-formes néo-calédoniennes est marquée par l'importance de la source terrigène ; les dépôts péribahamiens sont au contraire essentiellement carbonatés (Boardman et Neuman 1984).

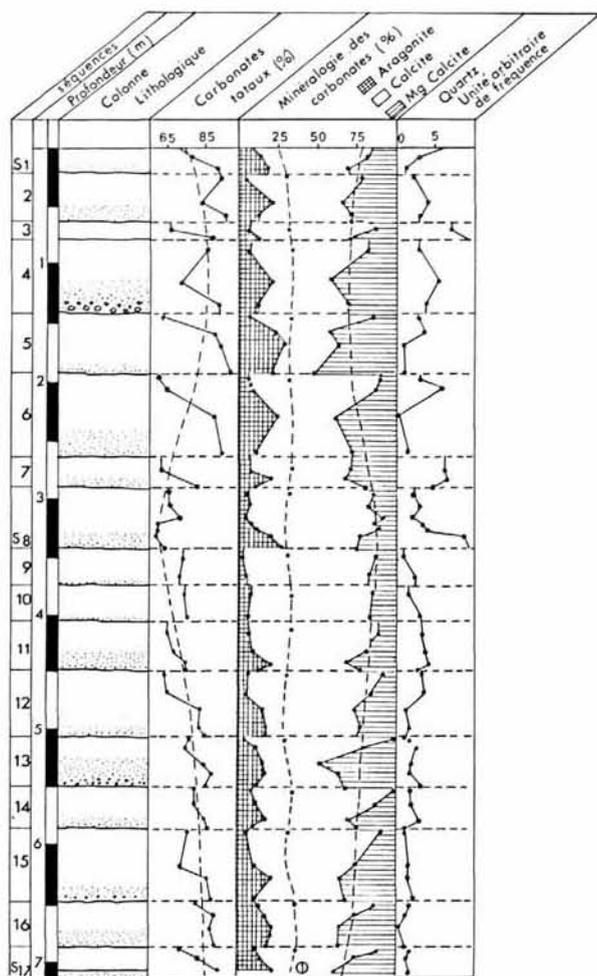


Figure 9

Répartition verticale des carbonates et du quartz détritique le long de la carotte KK 97 (voir emplacement fig. 7). Colonne lithologique montrant une succession de séquences (S₁ à S₁₇) comprenant chacune une turbidite basale (terme granoclassé + fraction boueuse sommitale) surmontée d'une hémipélagite.

Les turbidites sont les plus riches en carbonates totaux, en aragonite et en calcite magnésienne, ces minéraux étant originaires de la plateforme. Les carbonates totaux et la calcite magnésienne dessinent deux grands cycles parallèles, l'aragonite hémipélagique des cycles plus courts. L'aragonite et le quartz dessinent deux grands rythmes parallèles le long de la carotte mais varient souvent de manière opposée au sein des séquences. 1 : aragonite hémipélagique (d'après Liu 1988, modifié).

Vertical distribution of carbonates and detrital quartz through core KK 97 (see location on Fig. 7). Log shows a succession of sequences, (S₁ to S₁₇) each of them including from bottom to top : a turbidite (with a graded basal part, overlaid by a mudded part) then a hemipelagite. Turbidites are richest in total carbonate, aragonite and Mg-calcite issued from platforms. Total carbonates and Mg-calcite contents follow two long parallel cycles; Mg-calcite contents follow shorter cycles. Aragonite and detrital quartz contents follow two long parallel rhythms through the core but vary often on an opposite manner within sequences. 1 : Hemipelagic aragonite (after Liu 1988, modified).

Répartition

Sur les pentes.

Le revêtement sédimentaire est très variable. Dans leur partie supérieure, toujours la plus abrupte, on note de grandes quantités de sables bioclastiques soit purs soit mêlés à une certaine quantité de boues. Plus bas, des coulées boueuses, des slumps, des turbidites (sauf dans la zone

B₁) et des hémipélagites sont observables en des situations topographiques diverses. Des fonds durcis noirâtres, perforés, encroûtés d'oxydes de fer et de manganèse, sont soit exposés soit recouverts de quelques décimètres de boues jaune ou saumon.

Au pied des talus.

Les dépôts diffèrent sensiblement en fonction du flux de matériaux transitant par les pentes. Ce flux est assez réduit dans les secteurs B₂ et B₅. Dans le premier cas, la seule source amont est une ceinture récifale et des carbonates émergés; leurs débris, mêlés à de l'argile, se retrouvent en pied de pente incorporés à des turbidites très calcaires et assez dispersées. Dans le cas de B₅, les sources terrigènes sont à la fois distantes et peu abondantes; B₅ se situe en effet au droit d'un lagon de 34 km de largeur (contre 15 à 20 km en moyenne autour de la Grande-Terre) et du versant le moins abrupt et le moins arrosé de l'île. Les débris, parfois grossiers, issus du récif se retrouvent, comme au SW de Lifou (secteur B₂), à la base de turbidites qui sont ici très carbonatées. La faible importance du flux latéral de matière dans ce secteur est démontrée par l'existence d'une sédimentation hémipélagique au débouché de l'un des larges canyons entaillant la pente (site 21).

Le cas du pied de la pente NE en B₁ diffère sensiblement, par sa situation à l'aval d'une passe récifale, d'un lagon plus étroit qu'à l'avant de la zone B₅ (10 km) et du débouché d'un cours d'eau. L'effet de piège du récif étant ici plus réduit qu'ailleurs, le flux détritique est important et rapide; de fait, des sables de cuirasse latéritique accèdent directement au bassin. Une pente relativement forte et régulière favorise d'autre part les processus de resédimentation par slumps, coulées boueuses et turbidites qui s'accumulent au pied du talus en un bourrelet qu'entaillent les principaux canyons (Liu et Cotillon, 1989) (fig. 6). La carotte 100, extraite au pied de la pente et au droit d'un canyon, montre un empilement de slumps et de coulées boueuses (fig. 10) tandis que la carotte 107, plus distale, est une succession de séquences de 1^{er} ordre grano et strato- décroissantes vers le haut, constituées soit de turbidites, soit d'une association de coulées boueuses, de slumps et de turbidites (fig. 11 et 16). Les parts respectives des contrôles eustatique et tectonique sur ce type de série ne sont pas encore clairement définies (Liu et Cotillon 1989, Pannetier travaux en cours).

Dans les bassins.

La sédimentation actuelle et récente dans les bassins procède d'un double mécanisme : le transfert de boues et de sables bioclastiques, principalement de plate-forme, par épandages turbiditiques et le flux vertical ou subvertical de matériaux planctoniques et détritiques fins (argiles et carbonates de périplate-forme) assurant une sédimentation hémipélagique.

Les carottages le long de la transversale Thio-Lifou ont permis d'analyser l'agencement de ces deux types de dépôt dans le bassin des Loyauté. Toutes les successions traversées (fig. 10) sont composées d'une alternance de niveaux sableux ou silteux granoclassés, définissant des

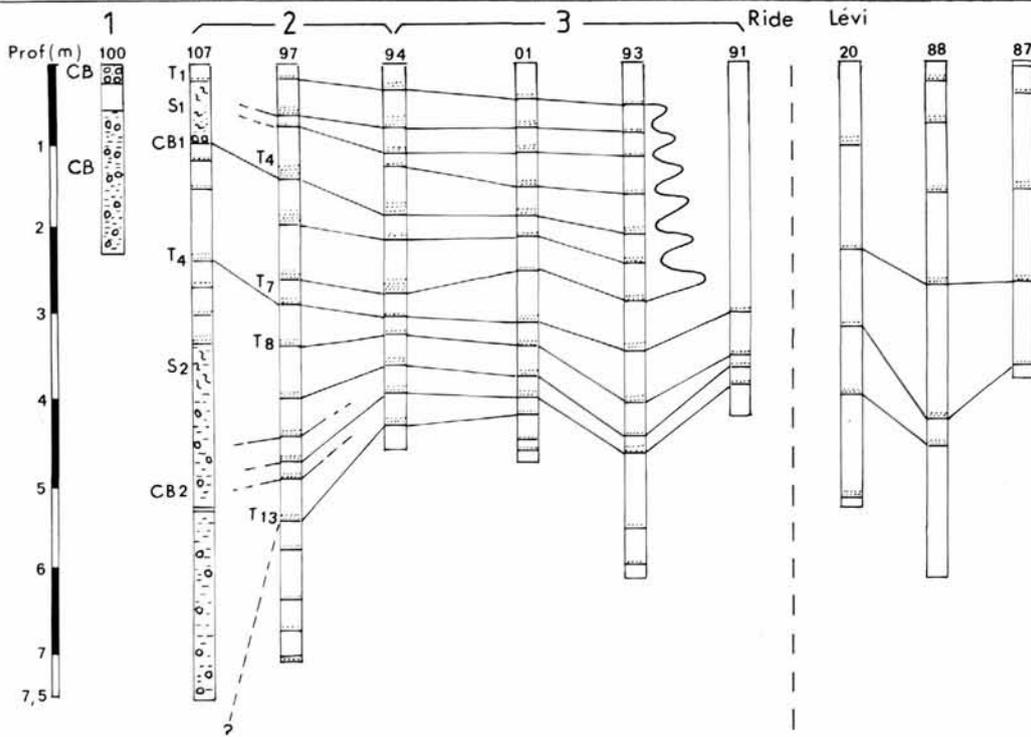


Figure 10

Carottes Küllenberg extraites le long de l'itinéraire Thio-Lifou et proposition de corrélation lithostratigraphique. CB : coulée boueuse, à fraction boueuse dominante. S : slump. T : turbidite avec une partie basale sableuse et/ou silteuse granoclassée. Les corrélations se fondent sur des critères pétrographiques, biologiques, granulométriques, minéralogiques et séquentiels fournis par les séquences turbiditiques d'ordre 1 et 2 et par les mud-flows. Une possible alimentation à partir de la pente sud d'Ouvéa n'a pas été prise en compte (fig. 7) (d'après Liu et Cotillon, 1989).

Differentes parties de l'épandage turbiditique : 1, zone d'alimentation - 2, partie proximale - partie distale. The piston cores extracted along the Thio-Lifou profiles and proposed lithostratigraphic correlations. CB = mud-flows with a dominant muddy fraction. S : slumps. T = turbidites with a graded sandy and/or silty basal part. The correlations are tentative and based on mineralogical, biological, granulometric and sequential data yielded by 1st and 2nd orders turbiditic sequences and by mud-flows. We do not take into account a possible N-S feeding by the slope of Ouvza (Fig. 6) (after Liu and Cotillon, 1989).

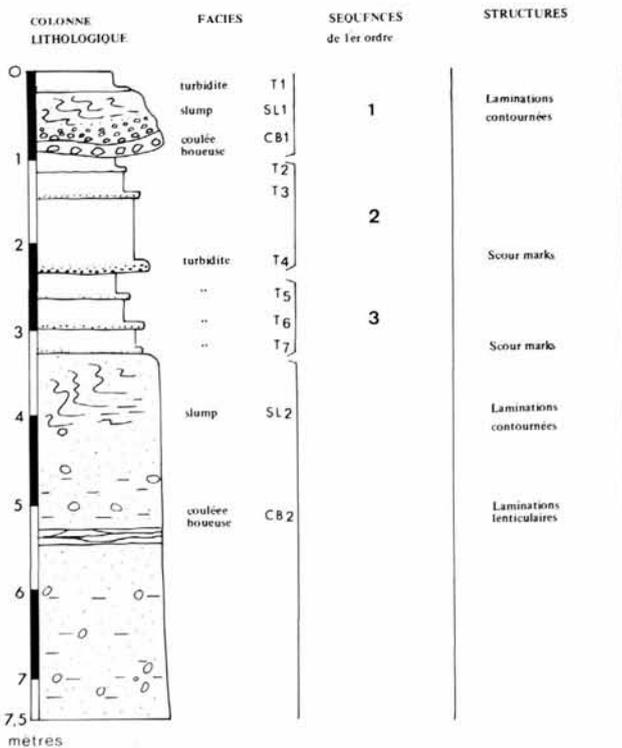


Figure 11

Analyse séquentielle de la carotte KK 107 (emplacement Fig. 7). 1, 2, 3 : séquences de 1^{er} ordre grano et strato-décroissantes (d'après Liu 1988, modifié) (cf. Fig. 16). Sequential analysis of core KK 107 (location Fig. 7). I, II, III : first order sequences fining and thinning upward (after Liu 1988, modified) see also Fig. 16).

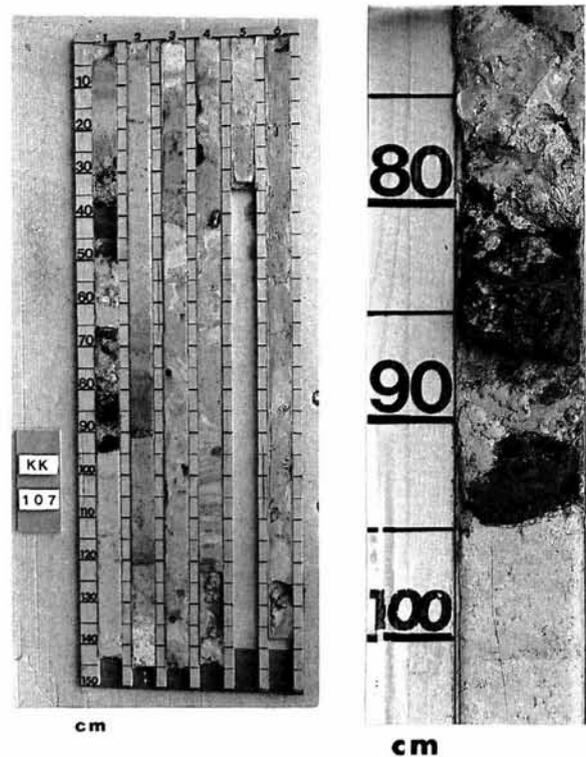


Figure 16

Coulée boueuse CB₁ (65-95 cm) de la carotte 107 (voir aussi fig. 10 et 11). Les éléments sombres de la coulée sont de couleur jaune-kaki et ont été empruntés à des formations tertiaires. Mud flow CB₁ (65-95 cm), from core 107 (see also fig. 10 and 11). Dark pebbles of the mudflow are yellow-kaki colored and issued from tertiary deposits.

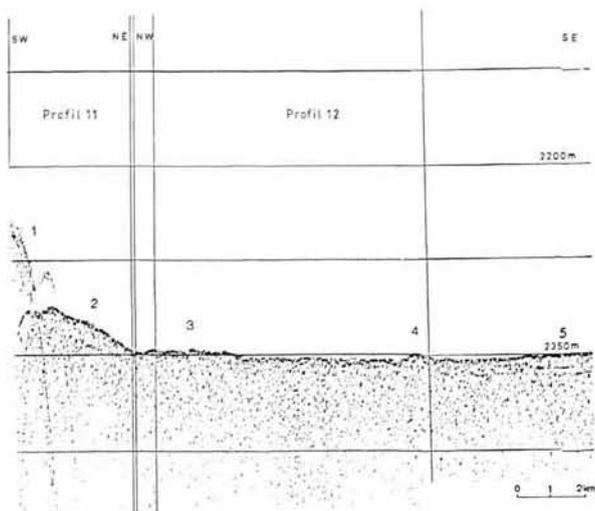


Figure 12

Profils bathymétriques 11 et 12 à l'échosondeur 3,5 KHz (voir leurs emplacements Fig. 2A). La fin du profil correspond à la pente (1) et à une accumulation de résédiments (2). Le profils 12 montre trois zones d'accumulation (3, 4 et 5) faisant face aux débouchés de canyons et pouvant correspondre à des levées.

3.5 KHz echosounder profiles 11 and 12 (see their locations on Fig. 2A). The end of profile 11 corresponds to the apron debris (2) at the foot of the slope (1), profile 12 shows three accumulation areas (3, 4 and 5) located in front of the mouth of the main canyons; they correspond possibly to levees.

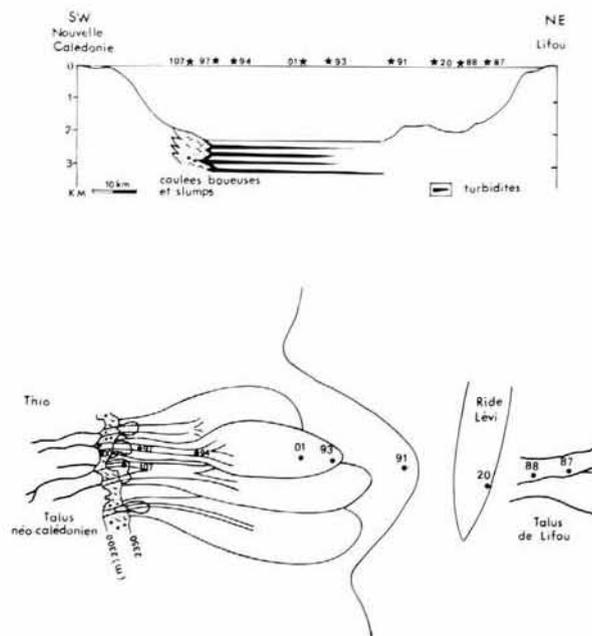


Figure 13

L'appareil d'épandage sous-marin au large de Thio (adapté du modèle de Walker 1978). Ce dispositif est formé par la coalescence de plusieurs lobes se développant à partir du débouché des principaux canyon. Ceux-ci traversent le bourrelet de matériaux résédimentés en bas de pente entre les isobathes 2 300 et 2 350 m. L'épandage est constitué d'une alternance de turbidites et d'hémipélagites auxquelles s'ajoutent des coulées boueuses et des slumps dans la partie proximale des lobes. Son extension vers le NE est limitée par la ride Lévi (d'après Liu 1988). Les numéros indiquent l'emplacement des carottages Küllenberg.

The submarine prism off Thio (adapted from Walker 1978). The prism is formed by the merging of several lobes developed at the mouth of the main canyons. The latter cross the rim of redeposited material at the foot of the slope (2 300 - 2 350 m). An alternation of turbidites, hemipelagites and mud-flows (stipples) corresponds to the proximal part of lobes. The extension of the prism northeastward is prevented by Lévi Ridge (after Liu 1988, modified).

SW	NOUVELLE CALEDONIE										LIFOU		NE
N° Carottes Küllenberg	K 100	K 107	K 97	K 94	K 01	K 93	K 91	K 20	K 88	K 87	K 18	K 15	
Profondeur (en mètres)	2325	2330	2365	2356	2332	2320	2230	2001	2050	1870	3678	3720	
Longueur des carottes (en cm)	227	748	700	453	482	620	382	518	602	370	713	754	
Nb niveaux turbiditiques grossiers par m	0,5	0,8	3,5	3,3	4	4,5	2,5	1,5	7,5	1,6	3	3	
Répartition des turbidites	[Diagram showing turbidite distribution across cores]												
Répartition des coulées boueuses	[Diagram showing mudflow distribution across cores]												
Granulométrie maximale	[Diagram showing maximum grain size distribution across cores]												
origine supposée des apports	[Diagram showing supposed source of material across cores]												
% matériel turbiditique grossier	[Diagram showing percentage of coarse turbidite material across cores]												
% sédiment carotté bioturbé	[Diagram showing percentage of bioturbated sediment across cores]												
	0 %	20 %	50 %	65 %	85 %	90 %	100 %	98 %	90 %	98 %	95 %	100 %	

Figure 14

Principaux caractères sédimentologiques des carottes Küllenberg et importance corrélative de la bioturbation le long de l'itinéraire Thio-Lifou. Epaisseurs des turbidites très variables dans chaque carotte (d'après Gaillard, 1988).

Main sedimentological characters of piston cores and correlative importance of biorubation along the Thio-Lifou profile. The thickness of turbidites varies in each core (after Gaillard 1988). Numbers correspond to the locations of piston cores.

bases de turbidites, et de niveaux boueux correspondant pour partie aux termes supérieurs de la séquence de Bouma et pour partie à des hémipélagites. Des critères granulométriques (évolutions verticales de la médiane et des teneurs en sable, silt et argile) ont été utilisés pour séparer ces deux composants (Liu 1988).

Les épandages turbiditiques comprennent (fig. 10) :

Une partie proximale (107 à 94) s'appuyant sur les accumulations de pied de pente; les séquences y sont relativement épaisses et grossières (carottes 107 et 97) et définissent des unités d'ordre supérieur, toutes comprises dans la zone NN21, qui ont été corrélées d'un site à un autre. Les variations verticales des teneurs en carbonates totaux ont également servi à établir ces corrélations; A la hauteur du site 107 (fig. 2A) un profil bathymétrique montre l'existence de zones d'accumulation au droit du débouché des principaux canyons et qui, compte-tenu de leur largeur, pourraient être des levées (fig. 12).

Une partie distale (94 à 91) où les turbidites s'affinent, s'amincissent et même disparaissent alors que les hémipélagites s'épaississent.

Ce dispositif pourrait correspondre à un ensemble de lobes très plats, évoquant le modèle de Walker (1978) (fig. 13) et participant à la constitution de petits appareils d'épandage coalescents semblables à ceux qui ont été décrits aux Bahamas au pied des ravins entaillant les pentes (Schlager et Chermak 1979). La morphologie en cône de l'épandage au large de Thio est ici absente en raison de la forte subsidence qui crée proximale l'inversion de relief signalée plus haut. D'autre part, l'intercalation d'hémipélagites dans les séries turbiditiques et la difficulté de les distinguer clairement empêchent l'identification de cycles turbiditiques strato-croissants, seul critère probant de la présence de lobes (Shanmugan et Moiola, 1988). Ces derniers peuvent néanmoins se déduire de la présence probable des levées proximales, signalées plus haut, qui doivent correspondre à autant de chenaux distributeurs. L'extension de ce dispositif est limitée vers le Nord-Est par la ride Lévi. De part et d'autre de Lifou, seules des turbidités très calcaires, dispersées et dépourvues d'éléments grossiers, parviennent jusqu'aux bassins, cela en liaison avec la faible production des sources détritiques.

Transformation précoce des dépôts

Entre 10 et 30 cm sous l'interface eau-sédiment, la modification du potentiel entraîne une réduction du fer et se traduit par une variation assez brutale de la couleur des dépôts qui, de jaune, beige ou brun-jaune deviennent gris à gris-bleu. En dehors de ce phénomène et d'un début de compaction, les seules modifications physiques affectant le sédiment résultent d'une bioturbation assez active qui peut entraîner (Gaillard 1988) l'effacement des contacts entre les turbidites et les hémipélagites et la disparition des turbidites distales qui, en deçà d'une certaine épaisseur, ne sont plus représentées que par des remplissages de terriers. Ces phénomènes préservent cependant les ca-

ractères minéralogiques spécifiques des carbonates hémipélagiques et turbiditiques.

La bioturbation dépend de l'épaisseur des turbidités, de la taille et de la forme des éléments, de la fréquence des apports grossiers. Ainsi observe-t-on un accroissement du pourcentage de sédiment bioturbé de la passe de Thio vers le centre du bassin des Loyauté en même temps que se raréfient, s'affinent et s'amincissent les séquences gravitaires (fig. 14). D'autre part, le maintien d'une forte bioturbation en bas des pentes SW et NE de Lifou est lié de toute évidence à la plus faible quantité de matériaux bioclastiques émis par le récif entourant l'île, peut-être aussi à une plus forte concentration en matière organique. Les figures de bioturbation et surtout quelques traces biologiques superficielles observées à la surface des carottes Usnel sont tout à fait comparables à certaines traces fossiles (*Paleodictyon*, *Urohelminthoidea*...) bien connues dans les séries sédimentaires anciennes de même type (Gaillard 1988). Leurs auteurs n'ont pu être identifiés.

TRANSFERTS DANS LES BASSINS NÉOCALÉDONIENS : MODALITÉS ET PREMIERS BILANS

Érosion des talus

Les dragages effectués en bordure des bassins ont très souvent ramené des blocs de vase semi-indurée, encroûtés, perforés et revêtus d'un enduit ferro-manganique (fig. 15-1); en haut des pentes, des dalles de calcaires résultant de la cimentation de bioclastes ont aussi été recueillies.

Ces fragments de fonds durcis témoignent des phases d'arrêts dans la sédimentation s'accompagnant d'une corrosion physique et biologique plus ou moins poussée. Certains blocs émoussés, encroûtés sur toutes leurs faces, avec des fonds de terriers affleurant en surface prouvent la réalité d'une érosion relevant sans doute en grande partie d'une bio-corrosion. Beaucoup ayant été dragués sur des fonds de canyons ou au pied d'escarpements (en B₁ et B₂ par exemple) évoquent des éboulements le long de pentes très redressées.

La réalité d'une telle désagrégation a été prouvée par les observations de la campagne Calsub en 1988.

On observe en outre, de part et d'autre de la Nouvelle-Calédonie (zones B₁ et B₅), des blocs grés-silteux jaunekaki tranchant nettement sur les autres par leur lithologie. Ce matériau se retrouve sous forme de galets subarrondis dans des coulées boueuses (site 107) (fig. 16) ou même sous forme de graviers dans des bases de turbidites (site 97). Les quelques microfaunes et microflore recueillies donnent à ces grès un âge tertiaire encore indéterminé. L'érosion de ces couches relativement anciennes suppose de fortes dénudations locales le long de certaines pentes ou des mises à l'affleurement d'origine tectonique. Ce dernier mécanisme est sans doute à privilégier dans les sec-



1



2

Figure 15

Blocs de sédiments semi-indurés recueillis par dragage et chalutage. On remarque les formes subarrondies, les perforations, les encroûtements biologiques et par des oxydes ferro-manganiques noirs.

1) Bloc chaluté de boue calcaréo-argileuse semi-indurée, reposant par 1 100 m de profondeur sur le flanc SW de la ride de Norfolk, entre la Nouvelle-Calédonie et l'île des Pins. Gros terrier de diamètre pluricentimétrique mis à jour par l'érosion; il est encroûté par les organismes puis par les oxydes Fe-Mn.

2) Bloc de sédiment très bioclastique induré dragué par 520 m de fond sur le flanc NE de la ride des Loyauté, entre les îles d'Ouvéa et de Lifou. Les barres représentent 5 cm.

Blocks of dredged and drawleed semiconsolidated deposits. Note the subrounded outlines, the perforations, the biological and black Fe-Mn crusts.

1) Block of half lithified calcareous mud drawled from a 1 100 m deep bottom, on the southwestern slope of Norfolk ridge, between New-Caledonia and the Pines Island. Large pluricentimetric burrow evidenced by erosion, encrusted by organisms then by Fe-Mn oxydes.

2) Block of half lithified bioclastic sediment dredged from a 520 m deep bottom on the northeastern slope of Loyalty Ridge, between Ouvéa and Lifou islands. Bars correspond to 5 cm.

teurs B₁ et B₅ en raison des escarpements de faille qui y sont localisés; en outre, des indices de néotectonique active existent au large de Thio (forte subsidence au pied de la pente, récolte de blocs de vase schistossée).

En résumé, l'existence de produits d'érosion mécanique le long des pentes tend à prouver la faible importance sinon l'absence de l'accrétion sédimentaire; les talus ne font donc que guider les transferts des plates-formes aux bassins (by-passing de Schlager et Chermak 1979) tout en subissant une érosion régressive. C'est ce que confirment leur morphologie générale et l'allure de leurs profils longitudinaux analysés selon les critères mis en avant par

Schlager et Camber (1986). Cas de B₂, B₃ et B₅ montrant des profils concaves et de larges canyons: le bilan est nettement en faveur de l'érosion; les transferts vers l'aval sont en outre relativement limités. Dans le cas de B₁, où la passe de Thio permet un accès facile à des produits terrigènes abondants, des canyons étroits et une pente droite prouvent que l'érosion et l'accrétion doivent se compenser. Néanmoins, une certaine instabilité tectonique doit y limiter l'accrétion sédimentaire comme le montre l'importance des accumulations de coulées et de slumps au pied de la pente. Toutefois ces dépôts existent aussi au pied des pentes bahamiennes (Mullins et Neumann 1979) sans que la tectonique en soit la cause.

Les différents types de pentes néo-calédoniennes rappellent ceux du NW de la Floride au Crétacé inférieur; Corso *et al.* (1979) ont montré que leur morphologie était contrôlée par l'importance du flux terrigène et par la largeur de la plate-forme carbonatée adjacente.

Taux de sédimentation dans les bassins

Les datations préalables aux calculs des vitesses de dépôt sont délicates en raison de la composition des sédiments qui sont soit totalement (turbidites) soit partiellement (hémipélagites) allochtones. En ce plaçant dans le cas le plus favorable (hémipélagites), une datation des carbonates au radiocarbone est toujours vieillie dans une proportion difficilement appréciable puisqu'elle s'adresse à un mélange de matériaux planctoniques et de boues de périplate-forme dont on ignore le temps de transit jusqu'au lieu de la datation. Néanmoins, la différence d'âge obtenue entre deux hémipélagites distinguées le long d'une carotte doit permettre de calculer un taux de sédimentation, si toutefois les proportions entre carbonate planctonique et carbonate de périplate-forme sont semblables, ou tout au moins comparables dans les deux niveaux.

Un premier ensemble de calculs a été effectué le long de la carotte 21 extraite par 2 230 m de fond au pied de la

penne B₅. Quatre âges ont été obtenus dans les 52 cm supérieurs d'une succession entièrement hémipélagique (fig. 17); ils permettent de déterminer les taux de sédimentation suivants : 4 cm/1 000 ans de 28 000 à 16 000 ans, 0,46 cm/1 000 ans de 16 000 ans à l'instant présent, en estimant à 5 cm l'épaisseur de sédiment perdu au cours du carottage. On peut en déduire un net ralentissement de la vitesse de sédimentation au cours de la période post-Würm.

Des sédiments ont également été datés au NE de la Nouvelle-Calédonie – site 97, prof. 2 363 m, à 9 km du pied du talus – (fig. 17). Turbidités et hémipélagites alternent sur les 7 m de la carotte; les plus récentes de ces dernières ont fourni deux datations d'où l'on tire les taux de sédimentation suivants : 6.1 cm/1 000 ans entre 16 000 et 5 000 ans, 4,7 cm/1 000 ans de 16 000 ans à l'instant présent en faisant la même estimation pour la perte de sédiment au sommet de la carotte. Ce dernier chiffre est compatible avec celui de 4 cm/1 000 ans calculé pour une tranche de 9 500 ans à l'actuel au site 03 situé au centre du bassin (Gaillard *et al.*, 1989). Comme au site 21, la vitesse de sédimentation on diminue donc au cours des derniers millénaires (ici depuis 5 000 ans) tout en étant 10 fois supérieur, depuis 16 000 ans, à celle de ce site. Cette différence s'explique d'abord par la présence, au site 97, de turbidites dont les volumes cumulés avoisinent

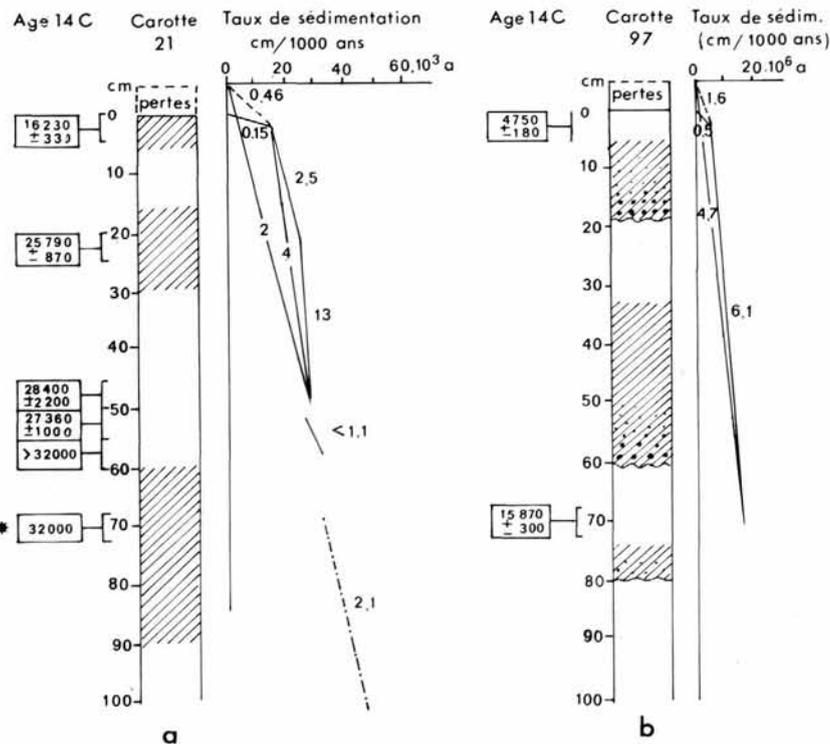


Figure 17

Datations et taux de sédimentation dans la partie supérieure des carottes Küllenberg 21 (hémipélagites, SW de la Nouvelle-Calédonie) et 97 (hémipélagites et turbidites, NE de la Nouvelle-Calédonie). Gradé bedding localisé dans les turbidites.

En hachuré : couleur foncée du sédiment due à une plus forte teneur en carbone organique (Liu 1988). **Traits pleins** : taux de sédimentation en cm/1 000 ans déduits des datations au ^{14}C . **Traits tirets** : taux de sédimentation tenant compte des pertes de sédiment superficiel. **Points-tirets** : taux de sédimentation entre 70 et 110 cm de profondeur déduit des datations d'après la courbe de variation du $\delta^{18}\text{O}$ (fig. 19) (d'après Cotillon *et al.*, 1989).

★ : estimation d'après la courbe de variation du $\delta^{18}\text{O}$.

Datings and rates of sedimentation in upper parts of piston cores 21 (hemipelagites, southwestern New-Caledonia) and 97 (hemipelagites and turbidites, northeastern New-Caledonia). Graded bedding located in turbidites.

Streaked areas : dark sediment owing to a relative C org. concentration. **Full lines** : rates of sedimentation (cm/1 000 years) deduced from ^{14}C datings. **Dashed lines** : rates of sedimentation taking in account the loss surficial sediment. **Dotted and dashed line** : rate of sedimentation between 70 and 110 cm depth, deduced from datings obtained by variation of $\delta^{18}\text{O}$ curve (Fig. 19) (after Cotillon *et al.*, 1989).

★ : estimation from $\delta^{18}\text{O}$ curve.

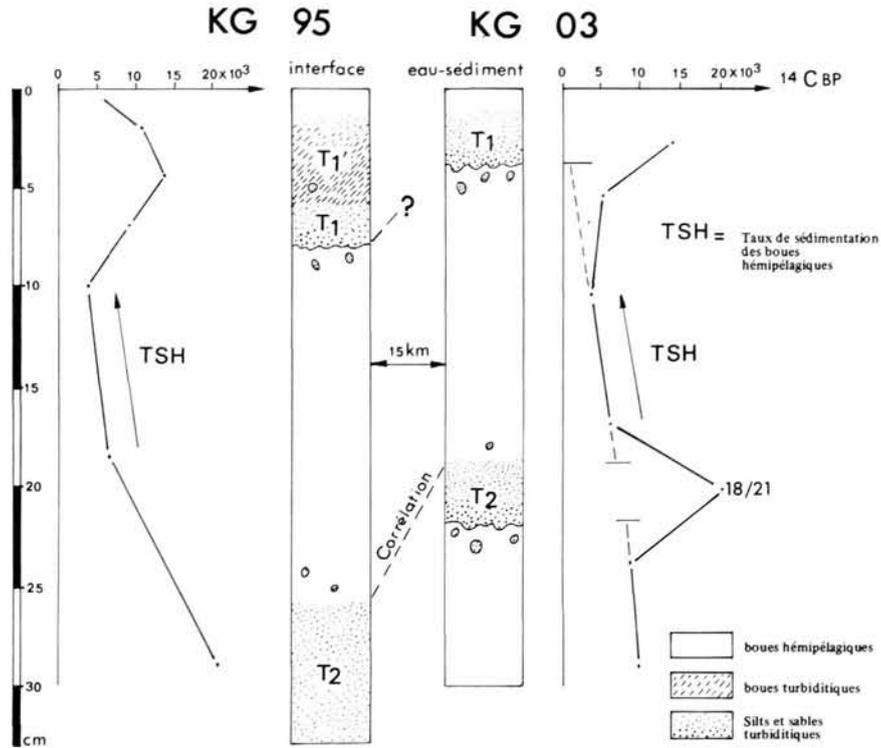


Figure 18

Composition de deux carottes Usnel prélevées aux sites 95 et 03 dans le bassin des Loyauté (voir fig. 7 pour leur localisation). Les points reliés par les droites sont des niveaux datés au ^{14}C . Les turbidites sont systématiquement et fortement vieilles par rapport aux hémipélagites. Le taux de sédimentation des hémipélagites est d'environ 3 cm/1 000 ans (d'après Gaillard *et al.*, 1989).
 Constitution of two Usnel box cores extracted from sites 95 and 03 in the Loyalty basin (for their location see Fig. 7). Points linked by the straight lines are ^{14}C dated layers. Turbidites are systematically older than hemipelagites. The rate of sedimentation of hemipelagites is nearly 3 cm/1 000 years (after Gaillard *et al.*, 1989).

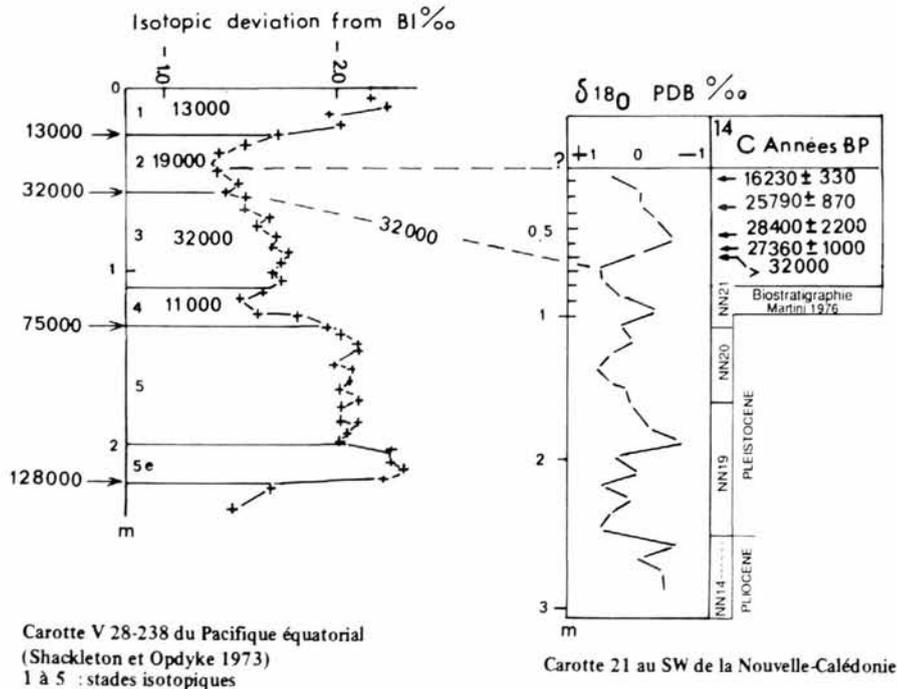


Figure 19

Proposition de corrélation par la courbe de $\delta^{18}\text{O}$ d'*Orbulina universa* entre la carotte 21 (SW de la Nouvelle-Calédonie) et la carotte V 28-238 du Pacifique équatorial. A 12,5 cm au-dessus du niveau daté de 32 000 ans grâce à la courbe de $\delta^{18}\text{O}$, on atteint déjà un âge radiométrique supérieur à 32 000 ans. Ce décalage correspond à une tranche de temps d'au moins 8 000 ans si l'on tient compte des taux de sédimentation calculés de part et d'autre (d'après Cotillon *et al.*, 1989).
 Proposed correlation by the *Orbulina universa* $\delta^{18}\text{O}$ curve between core 21 (southwest New-Caledonia) and V 28-238 core from equatorial Pacific. 12.5 cm above the level 32 000 years old (dating by $\delta^{18}\text{O}$ curve), the radiometric age is already higher than 32 000 years. This lag corresponds to a time of 8 000 years at least, taking in account the rates of sedimentation calculated on both sides (after Cotillon *et al.*, 1989).

sensiblement ceux des hémipélagites. Une fois éliminées les turbidites, il reste que les hémipélagites se sont déposées 5 fois plus rapidement au site 97 qu'au site 21. Cela confirme bien qu'en ces deux points les flux de matières des plates-formes aux bassins diffèrent notablement, si l'on suppose toutefois que les productivités planctoniques sont comparables de part et d'autre de la Nouvelle-Calédonie.

D'autre part, le taux de sédimentation moyen de 4,7 cm/1 000 ans pour les derniers 16 000 ans au site 97 est à replacer dans le contexte de l'histoire du bassin des Loyauté. Depuis sa formation, à l'Eocène supérieur, celui-ci a accueilli plus de 8 000 m de matériaux dont les 1 200 m supérieurs seraient encore non cimentés d'après les données sismiques (Bitoun et Récy 1982). En admettant pour cet ensemble – surtout détritique – un taux moyen de compaction de 1,5, le remplissage actuel du bassin représenterait 12 000 m au moins de dépôt dans un état de compaction comparable à celui des carottes récoltées. Le taux de sédimentation correspondant serait alors de 30 cm/1 000 ans. Il faut donc admettre que, depuis 16 000 ans, le taux de sédimentation au site 97 doit être 6 à 8 fois moins élevé que le taux moyen calculé depuis l'Eocène supérieur pour le bassin des Loyauté. Cette différence est sans doute imputable à l'installation, au Pléistocène, du récif-barrière de la côte Est qui, depuis, a constitué un obstacle pour les transferts solides du continent à l'océan. Cet effet a dû être encore amplifié par la transgression flandrienne.

Fréquence et vitesse des transferts des plates-formes aux bassins

Dans le bassin des Loyauté, la fréquence des apports turbiditiques a été déterminée le long de la faible tranche de sédiments datables par ^{14}C . Au site 97, en bordure du bassin, on compte deux turbidités entre 13 000 et 4 000 ans; au centre du bassin (site 03) on en compte également deux entre 8 000 et 1 000 ans; cela correspond à une moyenne d'une turbidite tous les 4 000 ans environ.

Gaillard *et al.* (1989) ont montré que les matériaux déposés par courants turbides dans le centre du bassin des Loyauté sont systématiquement plus âgés que les hémipélagites qu'ils recouvrent, l'écart atteignant 10 000 à 15 000 ans (fig. 18). On peut estimer que l'accroissement éventuel de cet écart par une certaine érosion (néanmoins faible au centre des bassins) de boue hémipélagique au niveau des sites étudiés doit être compensée par le rejuvenissement des turbidités résultant de l'incorporation de boue hémipélagique au cours de leur déplacement. Ces chiffres correspondent à la fois à un temps de résidence éventuel des matériaux sur les plates-formes et les pentes, mais aussi à un remaniement de produits carbonatés sur les pentes lors du passage des courants turbides.

Quant aux hémipélagites, elles résultent, nous l'avons vu, d'un double flux carbonaté : l'un planctonique, l'autre issu des plates-formes. La datation, en un même échantillon,

du sédiment total par ^{14}C et de foraminifères planctoniques monospécifiques par la courbe de $\delta^{18}\text{O}$ doit permettre de déterminer un temps approximatif de transit, en un lieu donné du bassin, de boues de plates-formes. Cette double datation a été tentée le long de la carotte 21 (Cotillon *et al.* 1988) (fig. 19) et révèle un écart d'au moins 8 000 ans. En effet, 12 cm environ de sédiment déposé à une vitesse de 1 à 2 cm/1 000 séparent un niveau daté de 32 000 ans ($\delta^{18}\text{O}$) d'un autre, plus élevé dans la carotte, dont l'âge radiométrique (^{14}C) est supérieur à 32 000 ans. Compte tenu des proportions sensiblement identiques de produits planctoniques et de périplate-forme dans les hémipélagites, l'écart entre les âges de ces deux composants est donc d'au moins 16 000 ans. Ce chiffre pourrait correspondre au vieillissement relatif de boues récifales par rapport au carbonate d'origine planctonique; il englobe à la fois un temps de résidence sur ou près de la plate-forme, un temps de transit jusqu'au site 21 et une contamination par du matériel prélevé sur les pentes du fait de leur érosion assez marquée. Ce résultat doit être regardé avec prudence étant donné la qualité toute relative de la courbe de $\delta^{18}\text{O}$ ayant servi de base au calcul. Néanmoins, on peut remarquer que les vieillissements relatifs des silts et sables bioclastiques des turbidites dans le centre du bassin des Loyauté (sites 03 et 95) et celui des boues hémipélagiques en bordure du bassin de Nouvelle-Calédonie (site 21) sont du même ordre de grandeur; ils pourraient témoigner de l'importance des érosions sur les pentes néocalédoniennes. Cette situation diffère sensiblement de celle des pentes bahamiennes au pied desquelles les datations des boues calcaires par ^{14}C et par la courbe de $\delta^{18}\text{O}$ sont concordantes (Droxler et Schlager, 1985).

Comparaison avec un système de dépôt ancien

L'un des objectifs de la campagne Biocal, était l'analyse d'un modèle actuel de bassin sédimentaire capable d'éclairer le fonctionnement de bassins téthysiens anciens tel celui du Sud-Est de la France. Dès à présent, certains rapprochements peuvent être établis; au Barrémo-Bédoulien par exemple, le système de plate-forme carbonatée péri-vocontien montre un maximum de développement; il domine un bassin qui, par sa largeur et sa profondeur, était assez semblable à celui des Loyauté. Avec 2,4 cm/1 000 ans de dépôts compactés, la fosse vocontienne était à cette époque pareillement sous-alimentée, alors que les modalités de transfert des plates-formes au bassin différaient sensiblement : pas de turbidites régulièrement intercalées dans les séries mais des apports épisodiques en masse (coulées boueuses, coulées de sable) pouvant pénétrer sur plusieurs dizaines de kilomètres dans le bassin (Ferry 1984). Apparemment, les pentes péri-vocontiennes étaient plus aptes à entreposer temporairement de grandes quantités de matériaux, étant sans doute plus étalées entre les plates-formes et le bassin. Elles étaient néanmoins entaillées de chenaux (Ferry 1979). Périodiquement, les jeux combinés de la tectonique et des variations du niveau marin provoquaient le départ de puissants courants de turbidité ou de coulées boueuses ca-

pables de parcourir de grandes distances. La structuration de la cuvette vocontienne, son réseau de canyons et son inclinaison vers le sud-est (Ferry 1984; Joseph *et al.*, 1988, 1989) facilitaient sans doute ces intrusions alors qu'une forte subsidence au pied du talus est-calédonien s'oppose à l'établissement des matériaux autres que ceux des turbidites. Une autre différence concerne le contrôle des oscillations marines dans la répartition temporelle des dépôts gravitaires. Dans le bassin vocontien, Ferry et Rubino (1989) ont montré le rôle déstabilisateur des remontées du niveau marin qui sont à l'origine de glissements en masse et de grandes coulées; au large de la Nouvelle-Calédonie, la remontée glacio-eustatique depuis - 18 000 ans ne produit apparemment pas les mêmes effets, sauf peut-être au large de Thio (zone B₁), encore que la mise en place des slumps et des mud-flows au pied de la pente n'y soit pas précisément datée. Cette différence est sans doute une preuve supplémentaire de l'absence d'une réserve suffisante de matériaux remobilisables, c'est-à-dire non compactés, sur les pentes néo-calédoniennes, plus sujettes à l'érosion qu'à la sédimentation. Mais la dissemblance est sans doute accentuée par la comparaison faite ici entre des phénomènes se rattachant à des cycles eustatiques de 4^e ordre (Quaternaire du bassin des Loyauté) et de 3^e ordre (séries vocontiennes). Il convient donc de ne pas pousser trop loin les confrontations en raison des différences d'échelle affectant aussi bien les surfaces étudiées (totalité du bassin vocontien, transect Thio-Lifou) que la durée des phénomènes (40 Ma contre 10 à 200 Ka).

CONCLUSIONS

Les abords de la Nouvelle-Calédonie offrent, sur une faible superficie, la possibilité de comparer, pour les derniers 100 000 ans, plusieurs systèmes de production, transport et dépôt de matériaux le long de transversales : île - plateforme carbonatée - pente-bassin et de définir cas par cas les influences sur la sédimentation de 5 grandes sources d'alimentation : terres émergées, barrières récifales, benthos profond, plancton, volcans actifs.

Tous les systèmes sont sous l'influence plus ou moins marquée d'un flux terrigène en provenance de la Nouvelle-Calédonie soumise à une érosion tropicale intense. Ils sont par ailleurs tributaires de formations bioconstruites hautement productrices, d'où le régime mixte de la sédimentation qui, par là, se distingue nettement des systèmes purement ou largement carbonatés beaucoup plus répandus, ou étudiés, dans le monde.

L'analyse conjointe des sédiments et de la morphologie des fonds sous-marins a permis de caractériser trois grands domaines : les pentes, les pieds de talus et les bassins. On y trouve dans chacun les marques et les interactions des principaux facteurs contrôlant qualitativement et quantitativement la sédimentation : tectonique, eustatisme, érosion des pentes, physiographie continentale. L'austatisme et la tectonique régissent le transfert des matériaux le long des pentes, mais dans des proportions respectives qui res-

tent à préciser; l'orographie et la pétrographie des îles ainsi que la qualité des voies d'accès du matériel détritique au bassin contrôlent le bilan érosion-sédimentation sur les talus, et, par là, leur morphologie. D'une façon générale, l'érosion y domine largement sauf au niveau de la passe de Thio. Il s'ensuit une sous-alimentation des bassins révélée par de faibles taux de sédimentation, ceux-ci accusant en outre une nette diminution depuis l'Holocène.

Ce régime tranche avec celui des époques tertiaires, marquées par un remplissage rapide du bassin des Loyauté une fois mise en place la nappe ophiolitique de la Nouvelle-Calédonie.

Cette diminution des transferts vers les bassins peut s'expliquer, au moins en partie, par l'installation des récifs-barrières au Quaternaire et par l'influence de la transgression flandrienne. La lenteur apparente de ces mêmes transferts a également été notée; pour l'Holocène et le long de la transversale Thio-Lifou, une turbidite tous les 4 000 ans amène en effet des matériaux carbonatés relativement âgés. Les déplacements des fines particules calcaires issues des plates-formes et qui alimentent les hémipélagites pourraient être également très lents. Mais ces décalages entre l'âge des matériaux et le moment de leur dépôt peuvent être dûs aussi en partie à l'importance des remaniements sur les pentes ce qui tendrait à confirmer la grande place qu'y occupe l'érosion.

Ces quelques données doivent inciter à une grande prudence quant à l'exploitation des datations concernant des sédiments marins actuels et récents.

Un bilan complet sur le fonctionnement des systèmes sédimentaires entourant la Nouvelle-Calédonie exigerait, outre d'autres campagnes de carottage et d'enregistrements sur la morphologie sous-marine, des données biologiques, géochimiques et minéralogiques complémentaires permettant d'évaluer les proportions relatives des diverses productions biocarbonatées.

Ce bilan pourra être utilisé pour mieux comprendre le fonctionnement de bassins anciens, notamment celui du Sud-Est de la France au Mésozoïque.

Remerciements

La mission Biocal a été conçue par Cl. Lévi, professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, et par M. Roux, professeur à l'Université de Reims. Le chef de mission, Claude Lévi, a accepté l'embarquement de quatre sédimentologues et de deux pélogologues à bord du N/O Jean Charcot pour une étude pluridisciplinaire des fonds sous-marins.

La Compagnie française des Pétroles, en la personne de M.P. Legrand, directeur du laboratoire Exploration, a bien voulu participer au programme Biocal par l'embarquement de F. Coustillas. B. Lambert, de cette même Société est à l'origine des données biostratigraphiques reposant sur l'emploi du nannoplancton.

Pour la Géologie, une assistance scientifique et technique a été assurée au cours de la campagne Biocal par J. Récy

et ses collaborateurs (laboratoire de Géophysique, Centre ORSTOM de Nouméa).

Les datations ^{14}C ont été réalisées par C. Evin, ingénieur au CNRS, et directeur du Centre de datations et d'analyses isotopiques à l'Université Claude-Bernard, Lyon I.

Les mesures du $\delta^{18}\text{O}$ ont été confiées à M. Renard, professeur à l'Université de Paris VI.

Des aides ont été accordées par le CNRS (URA 11 Lyon et URA 157 Dijon) et par l'Ambassade de Chine en France pour l'étude des échantillons en laboratoire.

REFERENCES

- Boardman M.R., A.C. Neumann** (1984). Sources of periplatform carbonates, Northwest Providence Channel, Bahamas. *J. Sediment. Petrol.*, **54**, 4, 1110-1123.
- Baudron J.C., J.H. Guillon, J. Recy** (1976). Géochronologie par la méthode K/AR du substrat volcanique de l'île Maré, archipel des Loyauté (Sud-Ouest Pacifique). *Bull. BRGM*, **2**, IV, 3, 165-175.
- Bitoun G., J. Recy** (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*, **147**, 509-539.
- Corso W., J.A. Jr. Austin, R.T. Buffler** (1989). The early Cretaceous platform off northwest Florida: Controls on morphologic development of carbonate margins. *Marine Geology*, **86**, 1-14.
- Cotillon P., J.D. Liu, C. Gaillard, J. Evin** (1989). Evolution du taux de sédimentation au cours des derniers 30 000 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. Fr.*, **8**, V, 4, 881-884.
- Coudray J.** (1977). Sédimentation et diagenèse des formations récifales périphériques à la Nouvelle-Calédonie durant le Quaternaire: contrôle tectonique et climatique. *Bull. BRGM*, **89**, 407-418.
- Denis-Clocchiatti M.** (1982). sédimentation carbonatée et paléoenvironnement dans l'Océan Indien au Cénozoïque. *Mém. Soc. géol. Fr.*, Paris, **143**, 92 pp., 74 figs.
- Droxler A.W., W. Schlager** (1985). Sources of periplatform carbonates: northwest Providence channel, Bahamas. Discussion. *Journ. of Sedimentary Petrology*, **55**, 6, 9288-929.
- Dubois J., J. Launay, J. Recy** (1974). Uplift movements in New Caledonia-Loyalty islands area and their plate tectonics interpretation. *Tectonophysics*, **24**, 1/2, 133/150.
- Dubois J., Ravanne C. F. Aubertin, J. Louis, Guillaume R., J. Launay, L. Montardet** (1974). Continental margins near New-Caledonia, in "The geology of continental margins", eds. Burck C.A. et Drake C.L., Springer Verlag, N.Y., 521-535.
- Ferry S.** (1979). Les turbidites bioclastiques; modèle de transport de sable calcaire des plates-formes urgoniennes à la cuvette vocontienne (SE de la France). *Geobios*, Mém. spéc., **3**, 149-158.
- Ferry S.** (1984). Apports détritiques dans le bassin vocontien. In Cotillon P., Chapitre du Crétacé inférieur, Synthèse géologique du Sud-Est de la France, *Mém. BRGM*, n° **125**, 332-334.
- Ferry S., J.L. Rubino** (1989). Mesozoic eustacy record on Western Tethyan margins. Post-meeting field-trip guide-book in the Vocontian Trough, 95 p., et *Assoc. Sedim. français*, **12**, (sous-presses).
- Gaillard C.** (1988). Bioturbation récente au large de la Nouvelle-Calédonie. Premiers résultats de la campagne Biocal. *Oceanologica Acta*, **11**, 4, 389-399.
- Gaillard C., P. Cotillon, J. Evin** (1989). Un cas de mise en place de turbidites récentes dans des boues hémipélagiques. *Bull. Soc. Géol. France*, **8**, V, 4, 575-879.
- Joseph P., B. Beaudoin, P. Sempere, J. Maillart** (1988). Vallées sous-marines et systèmes d'épandages carbonatés du Barriasiens vocontien (Alpes méridionales françaises). *Bull. Soc. géol. Fr.*, **8**, IV, 3, 363-374.
- Joseph P., B. Beaudoin, G. Fries, O. Parize** (1989). Les vallées sous-marines enregistrent au Crétacé inférieur le fonctionnement en blocs basculés du domaine vocontien. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **309**, 1031-1038.
- Liu J.D.** (1988). Sédimentation actuelle et récente dans le bassin des Loyauté entre Thio et Lifou (Nouvelle-Calédonie, Pacifique Sud-Ouest). *Thèse Université Claude Bernard*, Lyon, 132 pp. dactyl., 57 figs, 2 pls. (inédit).
- Liu J.D., P. Cotillon** (1989). Present and recent sedimentation in the Loyalty basin along the Thio-Lifou profile (New Caledonia, Southwest Pacific). *Marine Geology*, **87**, 207-226.
- Martini E.** (1976). Cretaceous to recent calcareous nannoplankton from the Central Pacific Ocean (DSDP leg 33). *Initial Rep. Deep Sea Drill. Proj.*, **33**, 383-423.
- Mullins H.T., A.C. Neumann** (1979). Deep carbonate bank margin structure and sedimentation in the northern Bahamas: *SEPM Spec. Publ.*, **27**, 165-192.
- Pannetier W.** (1986). Les sédiments actuels du bassin des Loyauté. *DEA Sedipal*, Lyon, 24 pp. dactyl. (inédit).
- Paris J.P.** (1981). Géologie de la Nouvelle-Calédonie: un essai de synthèse. *Mém. BRGM*, **113**, 279 pp. 1 carte H.T.
- Paris J.P., P. Andreieff, J. Coudray** (1979). Sur l'âge Eocène supérieur de la mise en place de la nappe ophiolitique de Nouvelle-Calédonie, unité du charriage océanique périaustralien, déduit d'observations nouvelles sur la série de Népoui. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **288**, 1659-1661.
- Rigolot P., B. Pelletier** (1988). Tectonique compressive récente le long de la marge Ouest de la Nouvelle-Calédonie: Résultats de la campagne ZOE 400 du N/O Vauban (Mars 1987). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, **307**, II, 179-184.
- Routhier P.** (1953). Etude géologique du versant occidental de la Nouvelle-Calédonie entre le col de Boghen et la pointe d'Arama. *Mém. Soc. Fr.*, **31**, fasc. 1/3, feuille 1-34, **67**, 271 pp.
- Schlager W., A. Chermak** (1979). Sediment facies of platform-basin transition, Tongue of the ocean Bahamas. In: L.J. Doyle et O.H. Pilkey (editors), *Geology of continental slopes. Soc. Econ. Paléontol. : Mineral, Spec. Publ.*, **27**, 193-208.
- Schlager W., O. Camber** (1986). Submarine slope angles, drowning unconformities and self-erosion of limestones escarpments. *Geology*, **14**, 762-765.
- Shackleton N.J., N.D. Opdyke** (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*, Londres, **3**, 39-55.
- Shanmugan G., R.J. Moiola** (1988). Submarine fans: characteristics, models, classification and reservoir potential. *Earth Sci. reviews*, **24**, 383-428.
- Vincent E., B. Laurin** (1988). Les associations de foraminifères benthiques du bassin des Loyauté (Nouvelle-Calédonie): autochtonie et allochtonie. *Revue Micropaléontologie*, **31**, 3, 196-206.
- Walker R.G.** (1978). Deep Water sandstone facies and ancient submarine fans: models for exploration for stratigraphic traps A.A.P.G. *Bull.*, **62**, 6, 932-966.

