

B 470 E 13 - C 1 E - 9

40407

**THESE**

présentée par

**Christophe CHEVILLON**

pour obtenir le grade de

**DOCTEUR DE L'UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE II**

**CENTRE D'OCEANOLOGIE DE MARSEILLE  
(OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE L'UNIVERS)**

Spécialité : Océanographie Biologique

**BIOSEDIMENTOLOGIE DU GRAND LAGON NORD  
DE LA NOUVELLE-CALEDONIE**

Soutenue le .. février 1989 devant le Jury composé de :

Messieurs	J.J.	BLANC	rapporteur
	P.	CHARDY	rapporteur
	J.P.	MASSE	directeur de thèse
	L.	MONTAGGIONI	examineur
	B.A.	THOMASSIN	examineur
	M.	TRAVERS	examineur

**IFREMER Bibliotheque de BREST**



0EL07217

Centre d'Océanologie  
de Marseille  
(O.S.U)

Laboratoire d'Océanographie  
Centre ORSTOM de Nouméa  
Nouvelle-Calédonie

**THESE**

présentée par

**Christophe CHEVILLON**

pour obtenir le grade de

**DOCTEUR DE L'UNIVERSITE D'AIX-MARSEILLE II**

**CENTRE D'OCEANOLOGIE DE MARSEILLE  
(OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE L'UNIVERS)**

Spécialité : Océanographie Biologique

**BIOSEDIMENTOLOGIE DU GRAND LAGON NORD  
DE LA NOUVELLE-CALEDONIE**

Soutenue le .. février 1989 devant le Jury composé de :

Messieurs	J.J.	BLANC	rapporteur
	P.	CHARDY	rapporteur
	J.P.	MASSE	directeur de thèse
	L.	MONTAGGIONI	examineur
	B.A.	THOMASSIN	examineur
	M.	TRAVERS	examineur

Centre d'Océanologie  
de Marseille  
(O.S.U)

Laboratoire d'Océanographie  
Centre ORSTOM de Nouméa  
Nouvelle-Calédonie

**DOCTORAT NOUVEAU REGIME**

*A Catherine.*

## AVANT-PROPOS et REMERCIEMENTS

*C'est en 1985, à l'occasion de mon D.E.A., que débutèrent mes travaux sur les sédiments des lagons néo-calédoniens. Le sujet émanait de Bertrand RICHER de FORGES, responsable du programme LAGON au centre ORSTOM de Nouméa et le stage se déroula au laboratoire de sédimentologie marine de la Faculté des Sciences de Luminy où l'encadrement fût réalisé par le professeur Jean-Pierre MASSE. A l'issue de ce D.E.A, soutenu en mai 1985 à la Station Marine d'Endoume, il m'a été possible de bénéficier pour mon service militaire d'une affectation en tant que V.A.T. au centre ORSTOM de Nouméa. Durant ce premier séjour de 16 mois en Nouvelle-Calédonie, je me suis attaché en partie à l'échantillonnage sédimentologique du lagon sud et au traitement des premiers échantillons recueillis. En fait l'essentiel de mon temps fût consacré à un travail d'équipe, mené en collaboration avec Jacques CLAVIER et Pierre CHARDY de l'IFREMER - alors sur poste d'accueil à l'ORSTOM - portant sur l'étude quantitative et qualitative des fonds meubles et sur l'estimation du flux vertical de matériel particulier dans le lagon sud-ouest. Lors de mon retour en métropole, l'ORSTOM et plus particulièrement Jean-René DURAND en accord avec les responsables de mon encadrement universitaire, proposaient ma candidature à une allocation de recherche. L'obtention de cette allocation, qui sera prolongée en 1989 de six mois par l'ORSTOM, me permettait d'envisager la réalisation d'un doctorat. Ma deuxième affectation en Nouvelle-Calédonie eu lieu en janvier 1987 et il fut alors décidé d'élargir mon champ de recherche à l'ensemble des lagons calédoniens (sud, nord, est, atolls de Huon et Surprise, plateau des Chesterfield) et d'entreprendre la réalisation d'une série de cartes sédimentologiques à grande échelle, basée sur un plan d'échantillonnage systématique d'une maille de 1 à 3 milles nautiques couvrant près de 23 000 km<sup>2</sup> de lagons. Face à l'ampleur des données recueillies (1300 prélèvements), il s'est vite avéré impossible, dans le temps imparti, de présenter un mémoire de doctorat sur l'ensemble de ces travaux. La décision de limiter le sujet au Grand Lagon Nord fût prise au cours du premier trimestre de l'année 1988. A partir de cette date, j'abandonnais progressivement les travaux en cours sur les autres lagons. J'ose aujourd'hui espérer que la possibilité d'achever cette étude sédimentologique des lagons calédoniens me sera offerte dans un avenir proche.*

*Au terme de ces quatre années de recherche sur la sédimentologie en milieu récifolagunaire calédonien, il m'est agréable de remercier et d'exprimer ma profonde reconnaissance à toutes les personnes qui, de manière directe ou indirecte, financièrement, scientifiquement, moralement ou physiquement ont contribué à l'aboutissement de ce mémoire :*

*- Messieurs les Professeurs François BLANC, directeur du Centre Océanologique de Marseille et Marc TRAVERS, responsable de la formation doctorale;*

- le Professeur Jean-Pierre MASSE qui, depuis le D.E.A., a dirigé avec un intérêt constant ce travail, malgré la distance qui nous sépare; il m'a aussi initié à la sédimentologie; je tiens tout particulièrement à lui exprimer ma reconnaissance et mon amitié;

- le Professeur J.J. BLANC, que j'ai eu l'honneur d'avoir comme professeur tout au long de mes études supérieures, m'a accueilli au laboratoire de Sédimentologie Marine et à bien voulu être rapporteur de ce manuscrit; je l'en remercie vivement et tiens à lui exprimer mon grand respect;

- Pierre CHARDY, qui a accepté d'être rapporteur de ce mémoire et m'a largement fait profiter de son expérience des méthodes d'analyses multivariées et de la recherche en général; voisin prévenant et compagnon d'aventures océanes, je tiens à lui exprimer ma profonde amitié;

- Messieurs Lucien MONTAGGIONI et Bernard THOMASSIN ont aimablement accepté de juger ce travail; je les en remercie;

- Catherine FROGET, sans qui les tracasseries administratives ce seraient vite révélées insurmontables depuis les antipodes; impressionné par son efficacité, je tiens à lui exprimer toute ma sympathie;

- Monique ACQUAVIVA qui, "jadis", me fit découvrir le monde fascinant des bioclastes.

Ce travail n'aurait toutefois pu voir le jour sans la volonté de l'ORSTOM dont la participation financière et logistique est inestimable. Je tiens tout particulièrement à remercier :

- Messieurs François JARRIGE, responsable du département Terre-Océan-Atmosphère et Jean-René DURAND, président de la Commission Scientifique d'Hydrobiologie et d'Océanographie;

- Jean FAGES, directeur du centre ORSTOM de Nouméa, à qui je dois d'avoir pu bénéficier de l'utilisation des moyens à la mer, des laboratoires communs, des outils informatiques et de communication et d'un agréable logement sur le magnifique parc du centre (à deux pas de la plus belle plage de Nouméa); je tiens à lui exprimer toute ma reconnaissance;

- Bertrand RICHER de FORGES, responsable du programme LAGON et initiateur du projet, qui a dirigé sur place ce travail et m'a fait bénéficier de ses connaissances infinies sur les milieux récifo-lagonaires et ce dans tous les domaines scientifiques; je tiens à lui exprimer ma profonde gratitude et toute mon amitié;

- René GRANDPERRIN, responsable à l'ORSTOM de l'U.R. milieux coralliens, qui a accepté avec une extrême gentillesse la tâche fastidieuse de lire et de corriger ce manuscrit; il a au cours de ces quatre années arbitré avec justesse et diplomatie tous les conflits qui apparaissent inévitablement dans ces circonstances; son dévouement à la cause et à l'avenir des allocataires est total; les mots sont tout juste suffisants pour exprimer la profonde estime et l'amitié que je lui porte;

- Jacques CLAVIER, qui m'a fait bénéficier avec sympathie de sa grande expérience et de ses connaissances scientifiques; qu'il soit assuré de ma reconnaissance;

- *Pascal DOUILLET pour l'aide précieuse qu'il m'a apporté en informatique et sa promptitude à rendre service; qu'il soit assuré de toute ma reconnaissance;*
- *les commandants Pierre FURIC (N.O. VAUBAN et N.O. ALIS) et Raymond PRONER (N.O. DAWA) et leurs équipages; nous passâmes ensemble de nombreux jours à silloner le lagon; qu'ils veuillent bien me pardonner de les avoir parfois entraînés dans des zones périlleuses pour la navigation;*
- *Georges BARGIBANT dit "Jojo", Jean-Louis MENOUE dit "Minou" et Philippe TIRARD dit "Titi", plongeurs, ainsi que Georges CALLEGON dit "Camboui", mécanicien du N.O. DAWA, qui ont bien voulu prêter main forte avec bonne humeur, pour ne pas dire dans la franche rigolade, lorsqu'il fallait prélever les échantillons à la benne à bord du DAWA par plus de 70 m de fond, sans treuil !*
- *Angelo DI MATTEO, dont les qualités et la puissance de travail font merveille; je lui suis très reconnaissant;*
- *le service de Cartographie, dirigé par Yves PENVERN, Marika LECORRE et plus particulièrement Vanessa ROSS pour qui la tâche fût ardue;*
- *l'atelier de Reprographie, dirigé par Jean-Pierre MERMOUD qui a assuré le tirage du présent document; malgré sa bonne volonté, Jean-Pierre n'a malheureusement pas pu me faire bénéficier de son expérience en P.A.O et réaliser la mise en page et l'impression de ce document; je le déplore;*
- *Philippe RIBERE, photographe, qui a réalisé les diapositives destinées à la présentation du mémoire;*
- *Mr PETARD dont le laboratoire de chimie s'est chargé des dosages de carbonates;*
- *le service administratif et plus particulièrement Jacques GEOFFROY, Alain MARTIN, Marthe BONZON et "MIQUETTE" dont la disponibilité et la compréhension furent totales; je les en remercie vivement;*

*Je ne saurais oublier ma famille, mes proches et amis, sans qui mon séjour en Nouvelle-Calédonie, île de lumière et de contraste n'aurait pu être aussi agréable.*

- SOMMAIRE -

	Pages
AVANT-PROPOS et REMERCIEMENTS .....	3
SOMMAIRE .....	6
RESUME - ABSTRACT .....	7
INTRODUCTION .....	8
CHAPITRE 1 : CADRE GENERAL ET PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE .....	11
1.- PRESENTATION GENERALE DE LA NOUVELLE-CALEDONIE .....	13
2.- VUE D'ENSEMBLE SUR LE COMPLEXE RECIFAL ET LES LAGONS DE LA NOUVELLE-CALEDONIE .....	22
3.- PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE : LE GRAND LAGON NORD .....	30
CHAPITRE 2 : METHODES D'ETUDE ET TRAITEMENT DES DONNEES .....	39
1.- PLAN D'ECHANTILLONNAGE .....	41
2.- ENGIN ET METHODE DE PRELEVEMENT .....	43
3.- COULEUR DES SEDIMENTS .....	45
4.- GRANULOMETRIE .....	47
5.- ANALYSE DE LA TENEUR EN CARBONATE .....	57
6.- ETUDE DES CONSTITUANTS BIOCLASTIQUES .....	58
7.- ORDINATION EN ESPACE REDUIT .....	61
CHAPITRE 3 : TEXTURE, GRANULOMETRIE, FRACTION TERRIGENE ET COULEUR DES SEDIMENTS ..	64
1.- CARACTERISTIQUES TEXTURALES D'ENSEMBLE DES SEDIMENTS .....	66
2.- INDICES GRANULOMETRIQUES ET DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE .....	82
3.- ENVASEMENT ET SEDIMENTATION TERRIGENE .....	111
4.- COULEUR DES SEDIMENTS ET RELATION AVEC LES APPORTS TERRIGENES .....	126
5.- SYNTHESE ET CONCLUSION A L'ETUDE GRANULOMETRIQUE ET TEXTURALE .....	135
CHAPITRE 4 : BIOPHASES CARBONATEES .....	140
1.- COMPOSITION BIOGENE DES SEDIMENTS .....	142
2.- VARIATIONS DANS LA COMPOSITION BIOCLASTIQUE SUIVANT DEUX TRANSECTS .....	149
3.- FACIES BIOGENES .....	157
4.- BIOPHASES CARACTERISTIQUES DES MILIEUX SEDIMENTAIRES .....	164
5.- APPROCHE ANALYTIQUE MULTIVARIEE DE LA COMPOSITION BIOCLASTIQUE DES SEDIMENTS .....	172
6.- SYNTHESE ET CONCLUSIONS A L'ETUDE DES BIOPHASES .....	194
CONCLUSION .....	200
BIBLIOGRAPHIE .....	207
TABLE DES MATIERES .....	221
LISTE DES FIGURES .....	225
LISTE DES TABLEAUX .....	229
ANNEXES .....	230

## RESUME

Les caractères texturaux et granulométriques, la fraction terrigène et la couleur sont étudiés sur 206 échantillons de sédiments meubles prélevés à la benne Neyrpic dans le Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie (8 400 km<sup>2</sup>), selon un plan d'échantillonnage systématique et une maille de 3 milles nautiques. Sur la base de ces premiers résultats, qui font largement appel à la cartographie, 66 échantillons ont ensuite été sélectionnés pour une étude plus approfondie de leur composition biogène et des variations quantitatives et qualitatives de la biophase sédimentaire dans l'espace. Six environnements de dépôt, dont la différenciation résulte des interactions entre physiographie, hydrodynamisme et nature des peuplements benthiques, ont été identifiés et caractérisés : les zones de passes, les zones d'arrière-récif, la plaine lagonaire, les aires de décantation centrales de la plaine, le domaine côtier et les fonds de baies côtières. Sur l'ensemble du lagon, l'hydrodynamisme, plutôt faible, n'a qu'une action limitée sur les sédiments. La sédimentation fine est nettement prépondérante sur la sédimentation grossière. L'influence terrigène, cantonnée pour l'essentiel au domaine côtier, est réduite et n'est décelable qu'au niveau de la phase fine des sédiments. La sédimentation organogène carbonatée domine très largement. La couleur des sédiments apparaît comme un bon indicateur de l'influence continentale et s'avère intéressante dans la distinction des environnements de dépôt. Les Mollusques, les Foraminifères, les Halimeda et les Scléractiniaires jouent un rôle majeur dans l'élaboration de la biophase sédimentaire. Toutefois la répartition des débris coralliens reste étroitement limitée à la proximité des édifices récifaux et la contribution directe du système récifal à la sédimentogénèse de la plaine lagonaire est très réduite. La tendance générale est à une sédimentation biogène autochtone ou para-autochtone dont la nature reflèterait directement la distribution et la composition des peuplements générateurs actuellement en place.

MOTS-CLES : Nouvelle-Calédonie, Lagon, Fonds meubles, Sédimentologie, Bioclastes.

## ABSTRACT

Soft bottoms of the Great Northern Lagoon of New Caledonia (8 400 km<sup>2</sup>) was sampled with a Neyrpic grab according to a three nautical miles regular grid. A total of 206 sediment samples were taken and studied for their textural and granulometric characteristics, terrigenous fraction and colour. These parameters which were mainly used to produce sedimentological maps allowed to select a subsample of 66 stations which are studied in details for their bioclastic composition; examination of quantitative and qualitative variations of skeletal components spacial distribution has also been carried out on this subsample. Six sedimentary environments have been identified, based upon their characteristics in physiography, hydrodynamism and nature of benthic populations. These environments correspond to : passes, inner barrier reef zone, lagoonal plain, central depositional zones, coastal zone and coastal bays. On the lagoon as a whole, hydrodynamism is rather weak and has only a limited action on the sediments. Sedimentation of finest particules predominates over coarse ones. Terrigenous influence, which is restricted to the coastal zone, is weak and could only be detected on muddy fraction of the sediments. The skeletal carbonated sediments dominate largely. Sediment colour seems to be a good indicator of the continental influence and is an interesting criteria for discrimination within the depositional environments. Molluscs, Foraminiferans, *Halimeda* and Corals are quantitatively the most important skeletal contributors present in sediments. However, distribution of Coral debris are limited to the vicinity of reefs and the direct contribution of the reef system to the genesis of the lagoonal sediments is very small. Bioclastic sediment composition, textural and granulometric characteristics as well as the inferred hydrodynamic regime show that the bulk of the sandy bioclastic material is *in situ* and has suffered little transport. Thus the sediments are interpreted as mainly autochtones and this may provide a direct indication of nature and distribution of the source benthic populations living in this lagoon.

KEYWORDS : New Caledonia, Lagoon, Soft bottoms, Sedimentology, Bioclasts.

Durck  
p. 138

## INTRODUCTION

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une étude pluridisciplinaire de l'organisation et du fonctionnement des lagons de la Nouvelle-Calédonie. Lancé en 1984 par l'ORSTOM dans le but d'optimiser la mise en valeur et la protection du lagon néo-calédonien, ce programme, intitulé programme "LAGON", regroupe plusieurs actions de recherches étroitement dépendantes les unes des autres : hydrodynamique côtière, reconnaissance et caractérisation des principaux biotopes récifaux et lagunaires, flux d'énergie, actions finalisées vers les ressources, réalisation de guides faunistiques et quelques actions exploratoires sur la structure, l'évolution, la faune et les ressources halieutiques de la zone bathyale et des monts sous-marins.

La reconnaissance et la caractérisation des principaux biotopes récifaux et lagunaires est une phase descriptive, préalable à toute étude intégrée, qui conduit à l'établissement de cartes bionomiques. Les techniques mises en oeuvre varient suivant les biotopes concernés et suivant le niveau d'interprétation recherché (qualitatif ou quantitatif). Les fonds meubles, qui occupent 80 à 90% de la superficie des lagons, nécessitent des moyens de prélèvements lourds (drague, benne, suceuse) et un plan d'échantillonnage intensif. Les unités bionomiques sont identifiées à partir de la macrofaune et de la macroflore benthiques en tenant compte des paramètres sédimentologiques.

C'est donc dans le cadre plus précis de cette action de recherche qu'à été développé, à partir de 1985, un vaste programme de sédimentologie descriptive et de cartographie des fonds meubles sur l'ensemble des lagons néo-calédoniens, y compris ceux des atolls de Huon, Surprise et Chesterfield. Cet ensemble exceptionnel de systèmes récifo-lagunaires, qui représente une superficie de près de 23 000 km<sup>2</sup>, à été soumis à un échantillonnage systématique suivant une maille de 1 à 3 milles nautiques. Les 1300 prélèvements ainsi réalisés entre 1985 et 1988, ont été analysés et utilisés pour la réalisation de cartes sédimentologiques, dont certaines sont ache-

vées et en cours de publication.

Le présent mémoire intéresse le Grand Lagon Nord, qui était jusqu'ici totalement inconnu aux plans bionomique et sédimentologique, et constitue le premier volet de cette série de travaux; il s'inscrit par ailleurs dans la continuité de l'importante étude sédimentologique du lagon sud-ouest réalisée essentiellement par Dugas et Debenay entre 1975 et 1985. Ce mémoire comprend quatre chapitres.

Le premier chapitre consiste en une présentation générale de la Nouvelle-Calédonie, de son vaste complexe récifo-lagonaire et de la zone étudiée : géographie, cadre géologique, géomorphologie, origine, orographie, hydrographie, régimes de pluies, vents, hydrologie, hydrodynamisme et bathymétrie. C'est une synthèse des données actuellement disponibles dans ces différents domaines.

Le second chapitre est un exposé détaillé et critique des différentes méthodes d'études utilisées : plan d'échantillonnage, engins et méthode de prélèvements, détermination de la couleur des sédiments, analyses granulométriques, teneur en carbonates de la fraction fine, méthode de comptage des constituants biogènes et méthode d'ordination en espace réduit.

Le troisième chapitre s'intéresse à la texture et à la granulométrie des dépôts. L'envasement et la couleur des sédiments y sont étudiées en relation avec la fraction terrigène. Il est largement fait appel à la cartographie et à l'exploitation simultanée des divers paramètres, ce qui permet d'aboutir à une définition précise de la zonation sédimentaire et à une différenciation des principaux environnements de dépôt. Des notions concernant la dynamique sédimentaire sont avancées.

Le quatrième et dernier chapitre concerne la composition bioclastique des sédiments. L'étude est orientée sur la base des données exposées dans le précédent chapitre. La détermination des constituants biogènes, les variations spatiales quantitatives et qualitatives dans la composition de la biophase et l'examen des biofaciès majeurs permettent une caractérisation poussée des différents milieux. L'exploitation combinée, par le biais d'analyses en composantes principales, des constituants biogènes et des autres paramètres sédimentologiques permet de préciser certains aspects de la dynamique des sédiments et d'affiner la différenciation faciologique du lagon, où la sédimentation organogène et carbonatée s'avère pratiquement exclusive. Des assemblages typiques de constituants biogènes sont mis en évidence pour chacun des environnements de dépôt.

Une telle étude, bien que portant sur plus de 206 prélèvements répartis suivant un échantillonnage systématique d'une maille de 3 milles nautiques, couvre une superficie de 8 400 km<sup>2</sup> et fait abstraction des phénomènes locaux en privilégiant les traits généraux. Elle pourra servir de cadre à des études détaillées ultérieures et être utilisée dans les comparaisons avec des environnements similaires actuels ou anciens. Elle représente une base solide pour l'ensemble des autres actions de recherches menées actuellement à l'ORSTOM dans le cadre du programme "LAGON".

**CHAPITRE 1**

---

**CADRE GENERAL ET PRESENTATION  
DE LA ZONE ETUDIEE**

**TABLE DES MATIERES  
DU  
CHAPITRE I**

	Pages
<b>1.- PRESENTATION GENERALE DE LA NOUVELLE-CALEDONIE</b> .....	13
1.1.- La Nouvelle-Calédonie dans le Pacifique .....	13
1.2.- Le Territoire de la Nouvelle-Calédonie .....	13
1.3.- L'île principale ou "Grande Terre" .....	14
1.3.1.- Aperçu structural et géotectonique .....	14
1.3.2.- Orographie .....	18
1.3.3.- Hydrographie et précipitations .....	18
<b>2.- VUE D'ENSEMBLE SUR LE COMPLEXE RECIFAL ET LES LAGONS DE LA NOUVELLE-CALEDONIE</b> . . . .	22
2.1.- Géomorphologie .....	22
2.2.- Hydrologie et hydrodynamisme .....	25
2.2.1.- La marée .....	25
2.2.2.- Les vents et les houles .....	26
2.2.3.- Les courants .....	27
2.3.- Les apports terrigènes .....	28
<b>3.- PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE : LE GRAND LAGON NORD</b> .....	30
3.1.- Bref aperçu historique .....	30
3.2.- Situation géographique et morphologie .....	32
3.3.- Bathymétrie .....	33
3.4.- Cadre géologique .....	34
3.5.- Conclusion .....	37

## 1.- PRESENTATION GENERALE DE LA NOUVELLE-CALEDONIE

### 1.1.- La Nouvelle-Calédonie dans le Pacifique

L'espace océanien, dans sa définition la plus large, comprend le Pacifique (165 millions de km<sup>2</sup>) et le continent australien (7 700 000 km<sup>2</sup>); il couvre le tiers de la superficie du globe. Hormis l'Australie et la Nouvelle-Guinée, les terres émergées y occupent peu de place; les plus vastes, qui se rencontrent dans le secteur sud-ouest, sont des îles montagneuses à substratum continental. La Grande Terre néo-calédonienne (16 900 km<sup>2</sup>) y figure au deuxième rang par ordre d'importance après la Nouvelle-Bretagne. Le continent australien mis à part, toutes les terres émergées sont soit des volcans (îles hautes), soit des constructions coralliennes reposant sur un socle volcanique (îles basses ou atolls). Excepté la grande Hawaï, il ne s'agit que d'îles de petites dimensions voire de "poussières d'îles" (archipels de Micronésie). A l'intérieur de cet ensemble on entend par "Région du Pacifique Sud", la zone couverte par les états et territoires faisant partie de la Commission du Pacifique Sud (C.P.S.). Elle comprend la Papouasie Nouvelle-Guinée, les archipels mélanésien, micronésien et polynésien à l'exclusion des îles Hawaï et de l'île de Pâques. Les Salomon, Vanuatu (anciennement Nouvelles-Hébrides), Fidji et la Nouvelle-Calédonie constituent les archipels mélanésien (DUBOIS, 1981).

### 1.2.- Le Territoire de la Nouvelle-Calédonie

Le territoire de la Nouvelle-Calédonie se compose de l'île principale ou "Grande Terre", de l'île des Pins, de l'archipel des Bélep, des atolls de Huon et de Surprise (ou "La Surprise"), des plateaux coralliens de Chesterfield et Bellona, des îles Loyauté (Maré, Lifou, Tiga et Ouvéa), de l'île Walpole, des îles Beautemps-Beaupré et de l'Astrolabe et des îles volcaniques Matthew et Hunter (fig. 1).

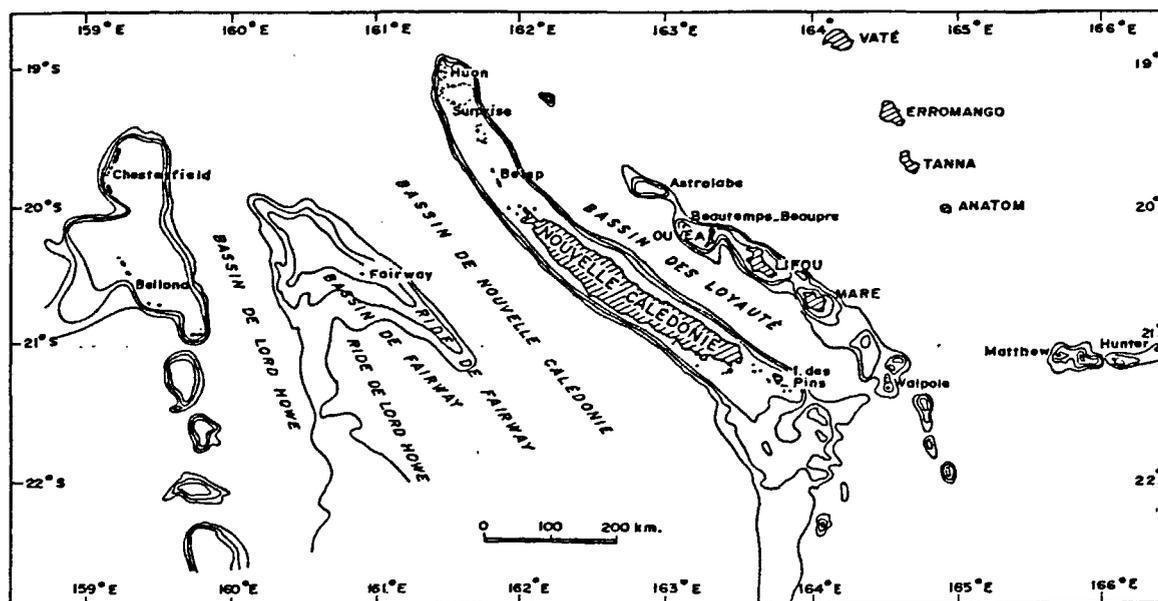


Figure 1 : le territoire de la Nouvelle-Calédonie.

L'espace maritime est donc immense; la barrière récifale qui entoure la Grande Terre s'étire sur 800 km entre les récifs d'Entrecasteaux et l'île des Pins et 1 500 km séparent les Chesterfield à l'ouest de Hunter à l'est. La zone économique des 200 milles nautiques a pu être évaluée à 1 400 000 km<sup>2</sup> (BITOUN & LAUNAY, 1979) (fig. 2).

La population, de 168 000 habitants environ, vit pour sa majeure partie dans la seule ville de la Grande Terre, Nouméa, laissant le reste du territoire sous-peuplé.

### 1.3.- L'île principale ou "Grande Terre"

A 1 500 km de la côte australienne, l'île principale de la Nouvelle-Calédonie est orientée suivant un axe nord-ouest/sud-est entre 20° et 22°30' de latitude sud et 164° et 167° de longitude est. Elle s'étend sur plus de 400 km de long pour une largeur de seulement 50 km et couvre une superficie de 16 890 km<sup>2</sup> soit plus de 88% de la surface totale du territoire (DUPON, 1981).

#### 1.3.1.- Aperçu structural et géotectonique

Située à la limite de la zone tropicale sud, la Nouvelle-Calédonie et ses lagons, avec les îles Bélep au nord et l'île des Pins au sud, est une partie émergée, sur près de 2 000 km, de la ride de

Norfolk. Cette ride s'étend depuis la Nouvelle-Zélande au sud jusqu'aux récifs d'Entrecasteaux au nord où elle s'interrompt brutalement sur le bassin de la mer du Corail (fig. 2). Dans sa partie septentrionale, elle porte le nom de "ride de Nouvelle-Calédonie" (DUPONT *et al.*, 1975; DANIEL & DUPONT, 1981).

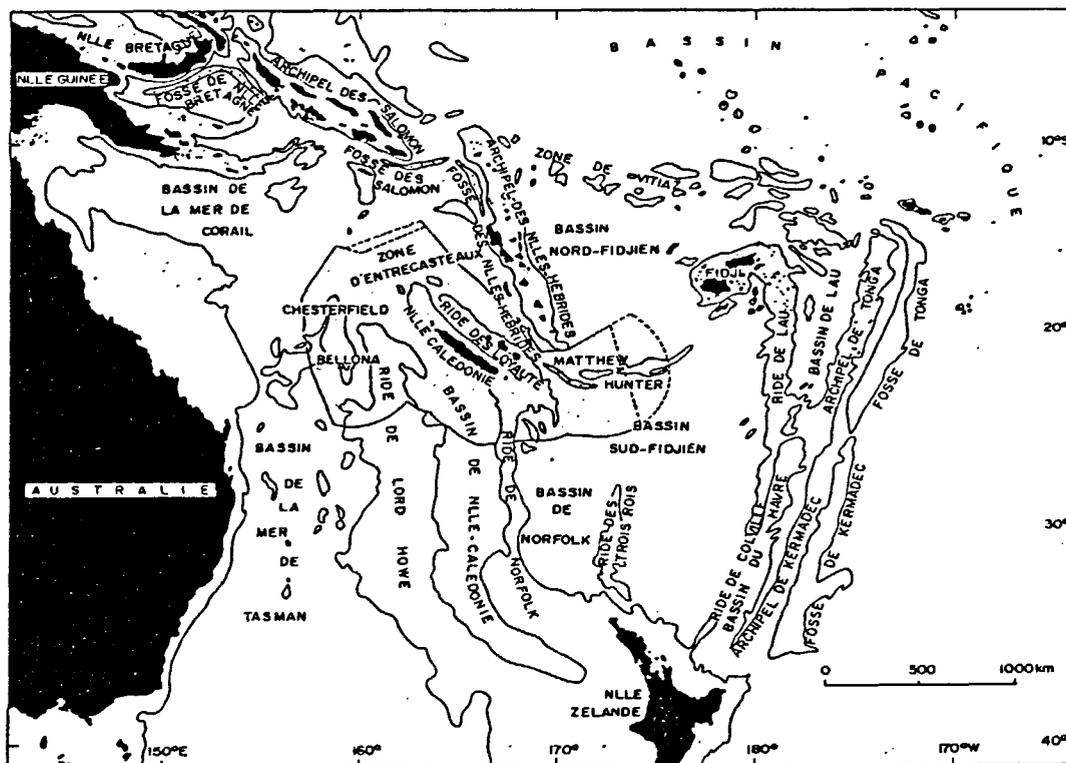


Figure 2 : carte morphologique du Pacifique sud-ouest avec tracé de la zone économique néo-calédonienne.

L'origine des matériaux constitutifs de l'île serait datée de la fin du Carbonifère au début du Permien ( $\approx 280$  M.A.) (PARIS & LILLE, 1977a, 1977b). Les terrains les plus anciens sont des schistes cristallins polymétamorphiques encore mal datés, d'âge anté-Permien, les premiers terrains fossilifères étant d'âge Permien (PELLETIER, comm. pers.). Accolé à la côte australienne jusqu'au Crétacé ( $\approx 80$  M.A.) (GRIFFITHS, 1971; RINGIS, 1972; RECY & DUPONT, 1981), l'ensemble Nouvelle-Calédonie, ride de Norfolk et Nouvelle-Zélande appartenait au continent du Gondwana (fig. 3A). Il y a 60 ou 80 M.A., c'est à dire entre la fin de l'ère secondaire et le début de l'ère tertiaire, les ouvertures de la mer de Tasman et du bassin de Nouvelle-Calédonie séparent les rides de Norfolk et de Lord Howe du continent australien (PITMAN *et al.*, 1968; CHRISTOFFEL & FALCONER, 1972; RINGIS, 1972; HAYES & RINGIS, 1973; EADE, 1988) (fig. 3B). Actuellement la Nouvelle-Calédonie est située sur la bordure est de la plaque australo-indienne qui plonge sous la plaque pacifique au niveau de la "fosse des Nouvelles-Hébrides".<sup>1</sup> Elle est séparée de l'Australie par la mer de Tasman et le bassin de

*Pacifique*

Nouvelle-Calédonie, deux domaines de nature océanique séparés par la ride de Lord Howe (SHOR *et al.*, 1971)(fig. 2 & 3B). Vers l'est, elle est bordée par le bassin des Loyautés et la ride du même nom qui émerge surtout au niveau des îles coralliennes de Maré, Lifou et Ouvéa (BITOUN & RECY, 1982; LAPOUILLE, 1982).

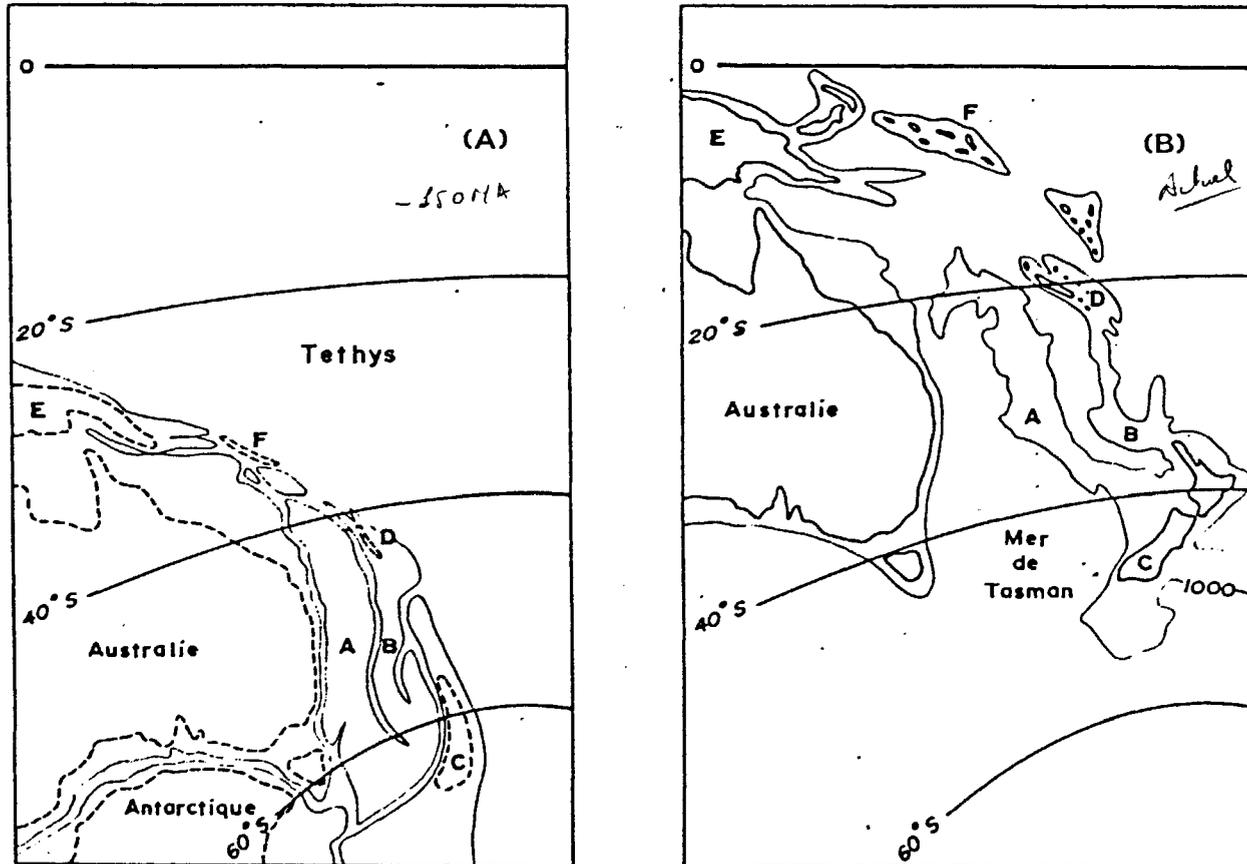


Figure 3. (A) : reconstitution approximative des contours de la marge orientale du Gondwana il y a environ 150 M.A.; (B) : situation actuelle; A : ride de Lord Howe; B : ride de Norfolk; C : Nouvelle-Zélande; D : Nouvelle-Calédonie; E : Papouasie Nouvelle-Guinée; F : îles Salomon (d'après GRIFFITHS, 1971 et STEVENS, 1980 modifié par GRAND-PERRIN et RICHER de FORGES, comm. pers.).

Les terres émergées calédoniennes occupent donc le centre d'une ride à substratum continental large au maximum de 80 km, longue de 800 km et d'environ 30 km d'épaisseur dans sa partie axiale (CREEN, 1952, 1953; DUBOIS, 1969; COLLOT & MISSEGUE, 1977). Outre la nappe des péridotites, qui résulte du charriage d'un lambeau ophiolitique sur le bloc néocalédonien à l'Eocène supérieur (GUILLON, 1973; AUBOUIN *et al.*, 1977; PARIS, 1981;

1. A l'indépendance de Vanuatu, en 1980, la communauté internationale de géophysique a conservé le terme de "fosse des Nouvelles-Hébrides" pour distinguer la fosse correspondant, à ce niveau, à la subduction de la plaque australo-indienne sous la plaque Pacifique.

RECY 1982), l'île comporte trois grands ensembles : le complexe sédimentaire indifférencié et métamorphique du Nord Calédonien, les terrains anciens de la chaîne centrale et les basaltes de la côte ouest. Ces régions correspondent à des compartiments d'origine tectorogénétique plus ou moins bien individualisés et ayant joué verticalement et/ou horizontalement les uns par rapport aux autres (AVIAS, 1959; COUDRAY, 1976, 1977). Ces régions géologiques ont été décrites en détail par PARIS (1981), POUTCHKOWSKY et RECY (1982) ainsi que par DEBENAY (1985a).

Depuis le Miocène (-25 M.A.) l'évolution géomorphologique de la Nouvelle-Calédonie est contrôlée par une série d'oscillations tectoniques analysées par DAVIS (1925), AVIAS (1953) et ROUTHIER (1953). De ces mouvements verticaux on retiendra :

- une surrection générale de l'île, avec des gradients différents selon les compartiments affectés, qui s'accompagne d'un gauchissement longitudinal et transversal (TRESCASES, 1975; GUY, 1977; LATHAM, 1977);
- une subsidence des côtes et en particulier du sud-ouest et de la partie nord, due à l'affaissement en gradins longitudinaux des zones périphériques de l'île (DUGAS & DEBENAY, 1978a) ou à l'immersion des côtes lors d'une élévation du niveau marin (GUILCHER, 1965; COUDRAY, 1975, 1977; FONTES *et al.*, 1977);
- un soulèvement du sud-est de la Grande Terre ainsi que de l'île des Pins et des îles Loyauté, attribué à une onde épirogénique (LAUNAY & RECY, 1972) due au bombement de la plaque lithosphérique australo-indienne avant son passage sous la plaque pacifique. Ce mouvement se poursuivrait à l'heure actuelle (DUBOIS *et al.*, 1973, 1974, 1977; RECY *et al.*, 1977). Certains auteurs y voient le résultat au moins partiel d'un mouvement isostatique de compensation à l'érosion des compartiments soulevés (LATHAM, 1977).

Une partie notable de la forme des côtes de la Grande Terre, du lagon et de la barrière récifale, est ainsi due à ces mouvements de tectonique différentielle. Citons les récifs soulevés de Yaté et de l'île des Pins, les grandes baies de la côte ouest à la morphologie d'ennoyage typique (DAVIS, 1925; ILTIS, 1981), les alignements de récifs de lagon parallèles à la côte (THOMASSIN & VASSEUR, 1981; THOMASSIN, 1984), les tronçons de barrière interne (COUDRAY, 1976) ainsi que les élargissements et rétrécissements successifs du lagon (voir § 2.1).

ILTIS (1981), PARIS (1981) et DEBENAY (1985a), entre autres, ont décrit de façon détaillée l'histoire géologique et structurale de la Nouvelle-Calédonie.

### 1.3.2.- Orographie

La Grande Terre de Nouvelle-Calédonie est constituée par une chaîne montagneuse longitudinale et dissymétrique. Le point culminant de l'île est atteint au Mont Panié avec 1 628 m. La ligne de crête se dédouble au nord en deux branches entre lesquelles s'insère la vallée du Diahot, longue de près de 100 km. Au sud, le relief s'adoucit en un vaste plateau latéritique de 250 m d'altitude, sur lequel s'est développé un réseau hydrographique original, constitué par la plaine des lacs et la rivière Yaté. A partir de la ligne de partage des eaux, des chaînons secondaires, d'orientation est-ouest, descendent de part et d'autre vers la mer. La chaîne montagneuse étant déportée vers l'est, la dissymétrie est nette (fig. 4) entre le côté oriental, abrupt, aux vallées encaissées et le côté occidental aux longs versants terminés par des plaines côtières parfois larges de plusieurs kilomètres (BAUDUIN, 1981) et bordées pour la plupart de mangroves d'estuaires ou littorales (DAVIS, 1925; BALTZER, 1969). L'île des Pins et l'archipel des Bélep s'apparentent par leur structure et leur relief à l'île principale (DUPON, 1981).

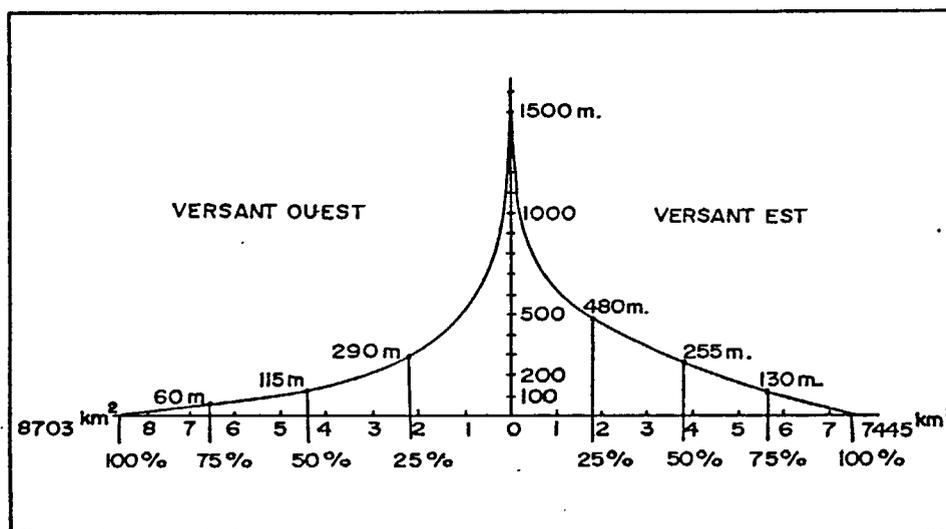


Figure 4 : courbe hypsographique des deux versants de la Grande Terre (d'après DUPON, 1981).

### 1.3.3.- Hydrographie et précipitations

La forme, la topographie et la structure de la Nouvelle-Calédonie ont imposé la forme actuelle du réseau hydrographique qui est particulièrement dense (fig. 5). A l'exception du Diahot au nord et de la Yaté au sud, qui s'écoulent dans le sens de l'allongement de l'île, la plupart des fleuves néo-calédoniens s'écoulent perpendiculairement à la chaîne principale, insérés entre les chaînons qui en descendent de part et d'autre. Les fleuves et rivières sont généralement très



tantes lors du passage des dépressions tropicales (une dizaine de perturbations tropicales actives évoluent annuellement sur le sud-ouest du Pacifique). Les vents cycloniques peuvent alors atteindre près de 200 km/h et les pluies sont de 200 mm/jour en moyenne.

CONAND (1987) a estimé, à partir de la carte des précipitations et en tenant compte de la superficie des bassins versants et de l'évaporation, les apports d'eaux annuels dans divers secteurs du lagon de Nouvelle-Calédonie (fig. 7). Il s'agit bien sûr de valeurs moyennes et il faut garder à l'esprit que certaines rivières peuvent avoir, notamment lors du passage des dépressions tropicales, un débit qui en 48 h peut dépasser la totalité de l'écoulement annuel normal (DANLOUX, comm. pers.).

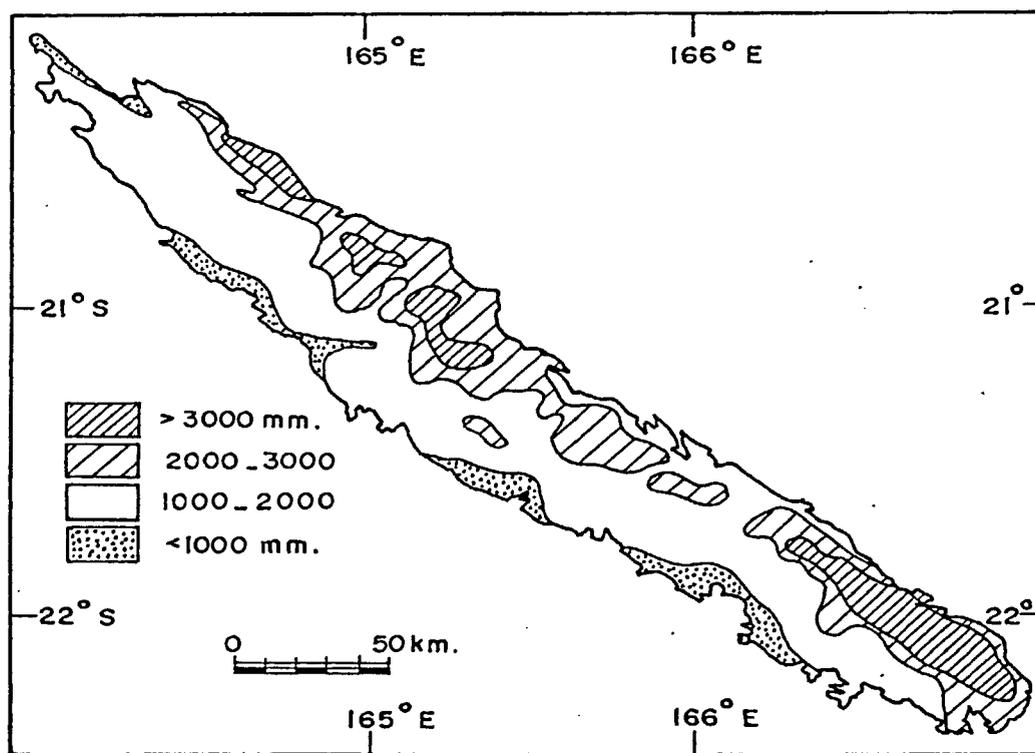


Figure 6 : esquisse pluviométrique de la Grande Terre.

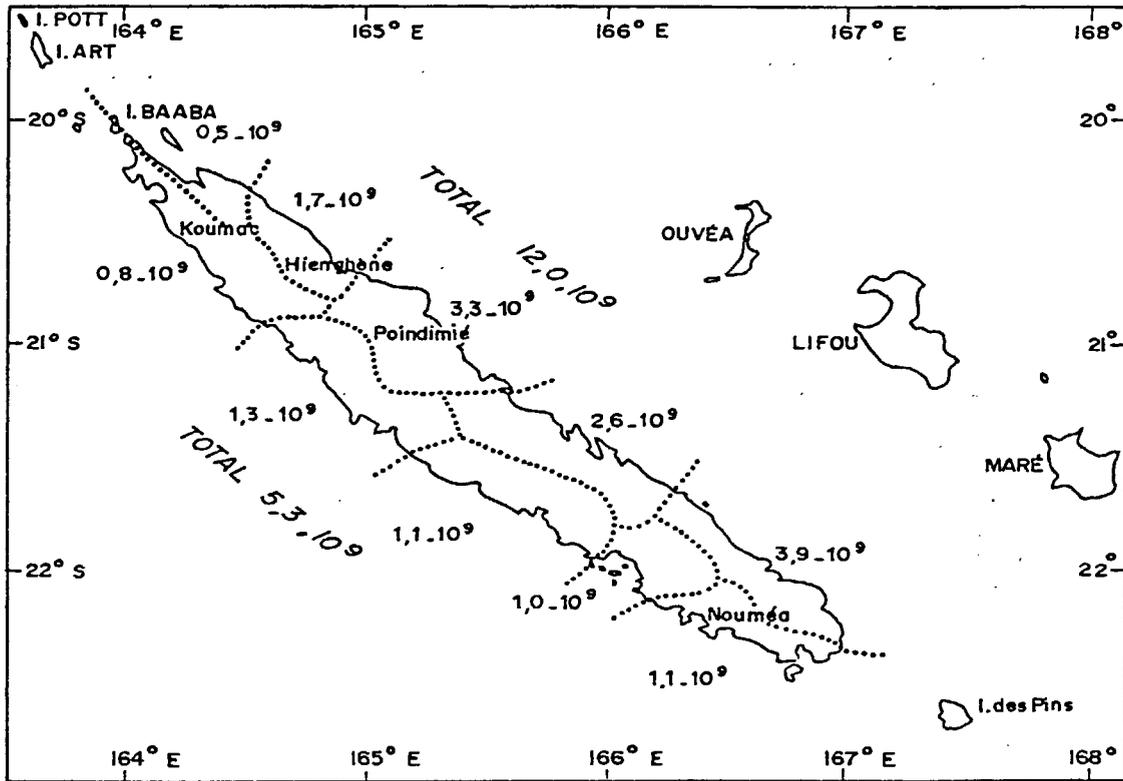


Figure 7 : apports d'eaux (en m<sup>3</sup>/an) dans divers secteurs du lagon (d'après CONAND, 1987).

## 2.- VUE D'ENSEMBLE SUR LE COMPLEXE RECIFAL ET LES LAGONS DE NOUVELLE-CALEDONIE

### 2.1.- Géomorphologie

L'ensemble récifal néo-calédonien, avec 23 400 km<sup>2</sup> de lagons (TESTAU & CONAND, 1983) et environ 8 000 km<sup>2</sup> de constructions récifales (DANDONNEAU *et al.*, 1981), est l'un des plus vastes et des plus variés qui soit. Dépassant largement la Grande Terre à ses extrémités (150 km vers le nord jusqu'au "Grand Passage" et 75 km vers le sud jusqu'à l'île des Pins), il s'étend entre 162° et 168° de longitude est, 18° et 23° de latitude sud et se compose d'une double barrière récifale quienserre complètement l'île principale (fig. 8). Longtemps considéré comme le second en importance après la Grande Barrière d' Australie, on peut en fait affirmer depuis les travaux de MAXWELL (1968), qu'avec plus de 1 500 km de développement linéaire, le récif barrière de la Nouvelle-Calédonie est le plus grand récif barrière continu au monde. MAXWELL (*op. cit.*) a en effet clairement montré que la Grande Barrière australienne n'était une véritable barrière qu'entre Cairns et le détroit de Torrès, soit sur un millier de kilomètres seulement (RICHER de FORGES *et al.*, 1987).

Les deux récifs barrière sont alignés suivant les directions structurales majeures de l'île; elles sont donc sensiblement parallèles à son allongement général et se situent à la limite externe de la plate-forme "continentale". Elles sont entrecoupées de passes de largeur et de profondeur variables; celles-ci prolongent, pour la plupart, le cours des rivières actuelles par l'intermédiaire de vallées sous-marines creusées lors de la dernière régression, il y a 18 000 ans environ (TAISNE, 1965; LAUNAY, 1972; DUGAS, 1974; COUDRAY, 1975).

La barrière orientale est rectiligne sur la majeure partie de son trajet, excepté au large de Touho où elle présente une forme arquée qui se calque sur le trait de côte. Par endroit dédoublée, voire même triplée, elle s'immerge progressivement pour disparaître complètement dans

sa partie méridionale (au large de Yaté), tandis que vers le nord elle se rapproche de la côte, jusqu'à l'extrémité du lagon marquée par le plateau de Tiari. Encore plus au nord, la barrière orientale se prolonge par le récif de Cook et s'éloigne à nouveau de la Grande Terre. Le récif barrière de la côte est délimité ainsi un lagon étroit ( $\approx 4$  à  $12$  km) et allongé ( $\approx 400$  km) qui borde la totalité de la côte de l'île (fig. 8). C'est un lagon profond (40 m en moyenne) et large d'une dizaine de kilomètres dans sa partie sud, alors qu'à son extrémité nord les fonds ne dépassent plus 30 m et sa largeur 4 à 5 km. Le long du littoral la profondeur passe rapidement à 20, puis à 30 m; la pente est très abrupte au niveau des caps et le long de nombreuses portions de la côte. Des vallées sous-marines étroites et encaissées traversent latéralement le lagon et mettent en communication les grandes embouchures avec les passes qui entaillent la barrière. Un nombre considérable de récifs enclavés et d'îles coralliennes parsèment le lagon de la côte est (CHEVALIER, 1973; COUDRAY, 1976, 1977, 1982; CHEVILLON, en préparation [a]).

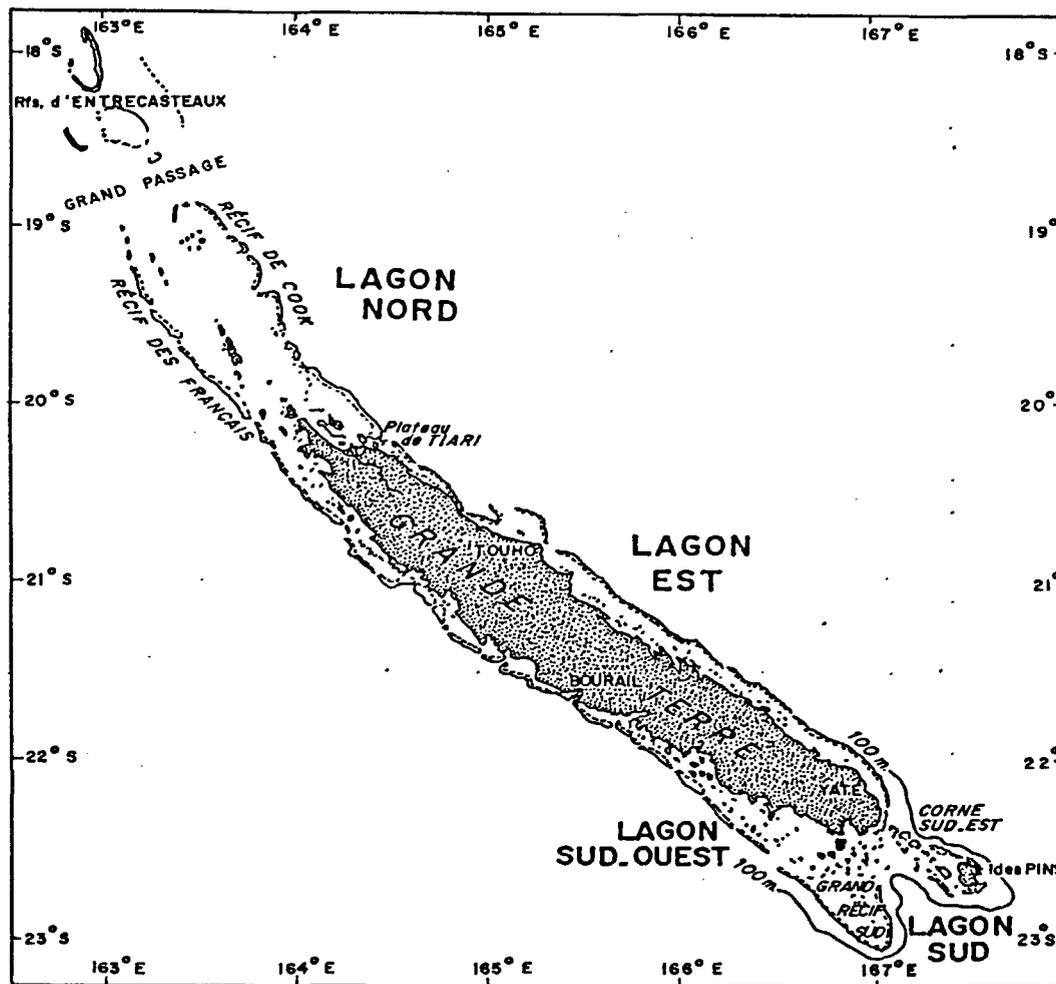


Figure 8 : le complexe récifal et les lagons néo-calédoniens.

La barrière occidentale, à l'image de la côte qu'elle longe, est moins rectiligne que la précédente, mais plus continue, les passes y étant moins nombreuses et plus étroites. Elle délimite un lagon plus large et moins profond (25 m en moyenne), d'avantage encombré d'îles et de récifs variés, et dont le fond se raccorde insensiblement à la plaine côtière. COUDRAY (1976, 1977) subdivise schématiquement la barrière occidentale en trois portions distinctes, dont une portion médiane de 20 km, au large de Bourail, où le récif barrière est très proche récif frangeant, ne délimitant plus qu'un lagon profond de quelques mètres seulement pour une largeur inférieure à 2 km. De part et d'autre de ce tronçon, la barrière s'éloigne de la côte pour dépasser l'île de 150 km vers le nord (récif des Français) et de 50 km vers le sud (Grand Récif Sud) (fig. 8 & 9). A l'extrémité du Grand Récif Sud, la barrière est à plus de 60 km de la côte. On peut retenir comme trait majeur du lagon occidental l'existence d'élargissements et de retrécissements attribués à des mouvements tectoniques différentiels (taux de subsidence différents de compartiments individualisés suivant les directions structurales majeures) (voir § 1.3.1).

Entre le sud de la Grande Terre et l'île des Pins, abstraction faite du Grand Récif Sud, s'étend une vaste et complexe zone récifale, nommée par TESTAU et CONAND (1983) "corne sud-est du lagon néo-calédonien" (fig. 9). De par sa morphologie et sa bathymétrie très particulières (CHEVILLON, 1986), elle ne constitue pas à proprement parler un lagon fermé par une barrière corallienne. De plus le grand thalweg axial (ANGLADA *et al.*, 1975) qui marque sa bordure sud en fait une région largement ouverte sur le large.

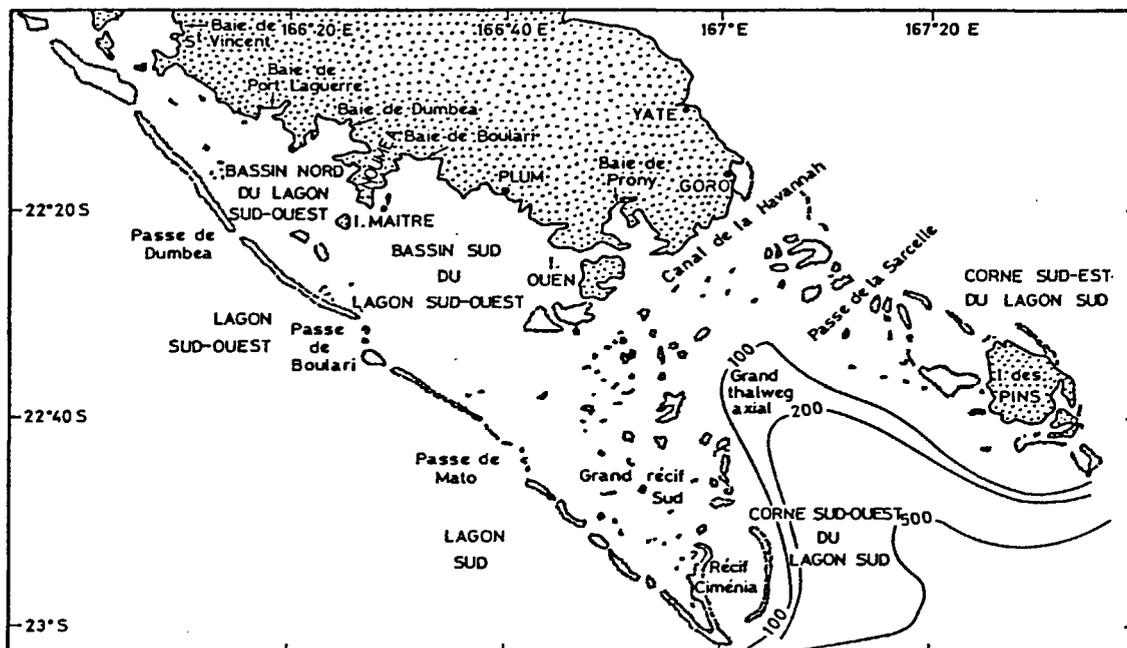


Figure 9 : les lagons sud-ouest et sud de la Nouvelle-Calédonie.

Au delà de la pointe nord de la Grande Terre, la prolongation des barrières orientale (récif de Cook) et occidentale (récif des Français) délimitent le "Grand Lagon Nord" de Nouvelle-Calédonie. Après une interruption de 40 km au niveau du "Grand Passage" (zone transverse de 500 à 1300 m de profondeur), se dessine le groupe des récifs d'Entrecasteaux, qui par sa situation et sa morphologie, constitue un complexe bien distinct des autres récifs et lagons calédoniens.

En résumé, la morphologie des complexes récifaux néo-calédoniens est essentiellement marquée par l'opposition très nette entre les lagons est, au vent, profonds et qui bordent une côte abrupte et les lagons ouest, sous le vent, de moindre profondeur et dont les fonds semblent être en continuité avec les plaines côtières (DEBENAY, 1985a). Elle fait apparaître par ailleurs une unité de l'ensemble récifal, liée à une évolution climatique et structurale homogène de l'ensemble de l'île et de sa plate-forme littorale; les différences de comportement d'une côte à l'autre et entre les portions d'une même côte, sont à mettre en rapport avec des taux de subsidence différents et le jeu d'accidents tectoniques transversaux (COUDRAY, 1977). La plupart des auteurs s'accordent sur l'incidence qu'ont pu avoir les phénomènes de tectonique différentielle sur la morphologie des lagons et des récifs (AVIAS, 1959; COUDRAY, 1976, 1977; DUGAS & DEBENAY, 1978a; DUGAS *et al.*, 1980).

## 2.2.- Hydrologie et hydrodynamisme

Ne disposant d'aucune donnée précise sur l'hydrologie et l'hydrodynamisme du Grand Lagon Nord, nous avons jugé utile d'exposer brièvement l'hydrologie et surtout l'hydrodynamisme de la seule partie du lagon de Nouvelle-Calédonie étudiée jusqu'alors de ce point de vue : le lagon sud-ouest (GUILCHER, 1965; JARRIGE *et al.*, 1975; MORLIERE & CREMOUX, 1981; ROUGERIE, 1986). Les renseignements qui suivent sont extraits de ROUGERIE (1981), DEBENAY (1985a) et ROUGERIE (1986) et ne concernent que ce lagon. Ils pourront servir de point de départ à d'éventuelles hypothèses dans l'interprétation de la dynamique sédimentaire du Grand Lagon Nord.

### 2.2.1.- La marée

Dans la province marine néo-calédonienne, la marée est de type semi-diurne à inégalité diurne : l'intervalle de temps entre deux pleines mers consécutives est de 12 h et 25 mn, ce décalage de 25 mn entraînant une inversion de l'état de la marée au bout d'une semaine. En marées de vives-eaux, les pleines et basses mers peuvent être respectivement de 1,6 et 0,1 m; en

marées de mortes-eaux elles fluctuent entre 1,1 et 0,8 m. Ceci pour des conditions atmosphériques normales (absence de vent et pression barométrique de 1 013 hPa). Les vents dominants de sud-est ont tendance à favoriser le remplissage du lagon sud-ouest en période de flot et à s'y opposer au jusant; une baisse de pression de 10 hPa peut entraîner une élévation de 10 cm du niveau de l'eau. JARRIGE *et al.* (1975) ont montré que l'onde de marée arrive par le sud-est et touche d'abord l'île des Pins. Elle subit après son entrée dans le lagon un freinage et un amortissement qui dépendent des caractéristiques topographiques de la région traversée.

### 2.2.2.- Les vents et les houles

#### Les vents

Les alizés, de secteur est à sud-est, constituent en Nouvelle-Calédonie un régime dominant très net puisque leur fréquence annuelle est de l'ordre de 70% (fig. 10). Ce sont des vents réguliers qui ont une intensité maximale l'après-midi. La moyenne annuelle est pour Nouméa d'environ 14 noeuds à 14 h (contre 8 à 9 noeuds la nuit). Les alizés soufflent toute l'année mais se renforcent au début et en fin de saison chaude, période à laquelle ils dépassent alors fréquemment 20 noeuds l'après-midi, avec des pointes à plus de 30 noeuds. A Nouméa, le nombre de jours où la vitesse du vent est égale ou supérieure à 20 noeuds est en moyenne de 275/an, pour 30 noeuds il est de 75 jours/an, pour 40 noeuds de 15 jours/an et pour 50 noeuds de 8 jours/an.

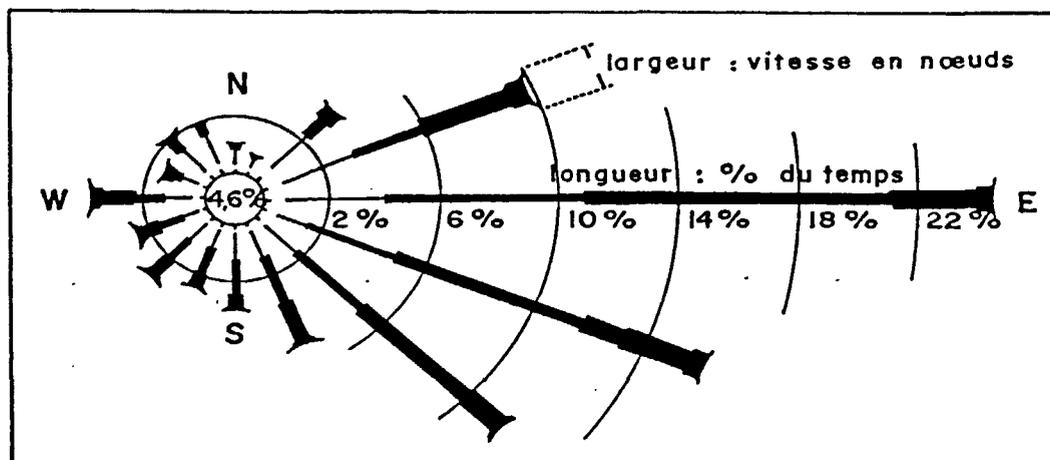


Figure 10 : vitesses et directions des vents enregistrées à Nouméa. Moyennes de 1951 à 1965.

En saison "froide", des coups de vent du secteur ouest peuvent dépasser 40 noeuds pendant un court laps de temps (quelques heures). Ces "coups d'ouest", comme ils sont appelés localement, ont une fréquence annuelle moyenne de 10 à 15%.

Enfin, entre décembre et mars, les vents cycloniques engendrés par le passage des dépressions tropicales fortes à proximité de la Nouvelle-Calédonie, soufflent à plus de 60 noeuds et peuvent dépasser 100 noeuds (185 km/h). Selon la position de la dépression par rapport à la Grande Terre, les vents sont alors du secteur ouest ou sud-est. Ce stade de cyclone peut être atteint plusieurs fois par an.

### **Les houles**

Outre la marée, la surface du lagon subit des déformations engendrées par les houles. Certaines, de type océanique, peuvent atteindre le lagon. La houle la plus courante, créée par les alizés d'est, se propage d'est en ouest. Par alizé bien établi, cette houle possède une large amplitude de 2 à 4 m et une période de 6 à 8 secondes; la probabilité d'occurrence d'une amplitude supérieure à 3 m étant de 90 jours/an. Un autre type de houle, surtout ressentie pendant l'hiver austral, est engendrée par les dépressions tempérées des hautes latitudes sud. Cette houle provient du secteur sud à ouest et son amplitude peut atteindre 4 à 5 m pour une période double de la précédente.

A leur arrivée sur la barrière récifale, ces trains de houle déferlent et sont amortis et filtrés avec une intensité qui dépend du marnage et de l'angle d'incidence de l'onde sur le récif. En dehors des périodes de marées hautes de vives eaux et hors des zones de passes, les houles océaniques sont pratiquement neutralisées et rarement décelables dans le lagon sud-ouest.

En revanche le champ de vent local peut lever dans les parties dégagées du lagon une houle de courte période dont l'amplitude croît avec la force du vent et le fetch. L'alizé modéré à fort (15 à 25 noeuds) crée ainsi dans le lagon une houle à crête déferlante de 1 à 2 m de creux pour une période de 3 à 6 secondes. En raison de sa faible longueur d'onde (environ 3 m), l'action mécanique de cette houle est cependant limitée en profondeur (environ 15 m). Lorsque le vent vient du secteur ouest, les édifices coralliens habituellement protégés, sont alors durement éprouvés et la topographie des bancs de sable et des plages peut subir de spectaculaires modifications. De même, les vents violents qui accompagnent le passage des dépressions tropicales provoquent la levée de fortes houles; on note alors dans le lagon une importante augmentation de la turbidité par remise en suspension des sédiments ainsi que des marnages exceptionnellement élevés.

### **2.2.3.- Les courants**

Les courants, dans le lagon de Nouvelle-Calédonie, résultent de l'action conjuguée de la

marée et du régime de vent.

#### **En surface**

Par vent faible, ou nul, s'observe une rotation des vecteurs courants entre le flot et le jusant. La circulation résultante est orientée au sud-est le long de la côte et au nord-ouest près du récif barrière. Dans les passes, les courants qui portent au nord-est au flot et au sud-ouest au jusant donnent une résultante vers l'est (flux dans le sens océan-lagon).

En régime d'alizés établis (12 à 20 noeuds), la circulation d'ensemble porte principalement au sud le long de la côte (57% des vecteurs courants contre 31% dirigés vers le nord-ouest). Près du récif barrière la situation s'inverse : plus de 55% des vecteurs sont dirigés vers le nord-ouest et moins de 30% vers le sud-est. Dans les passes, le flux s'écoule du lagon vers l'océan dans 46% des cas; il est de sens opposé dans 26% des cas. Par fort alizé, la rotation des courants d'une marée à l'autre ne s'observe plus, mais par contre les vitesses augmentent pendant le flot. Le vent et l'onde de marée étant en phase, il se produit une accumulation d'eau à la côte et cet excès d'eau est ensuite évacué au niveau des passes par un contre courant de fond (courant de compensation) qui peut atteindre 80 cm/s (1,5 noeuds) en période de jusant. Les vitesses moyennes des courants de surface sont de 20 à 30 cm/s (0,4 à 0,6 noeuds) sur l'ensemble du lagon avec des maxima supérieures à 100 cm/s ( $\approx$  2 noeuds). ROUGERIE (1986) montre que dans la partie centrale (dégagée) du lagon où le flux de surface est orienté dans le lit du vent, la vitesse du courant superficiel atteint en moyenne 4% de celle du vent.

#### **Près du fond**

En général, la pulsation due à l'onde de marée se traduit, comme en surface, par une inversion du sens du courant qui porte à l'est au flot et à l'ouest au jusant. Dans la partie centrale du lagon, les flux sont, près du fond, nettement moins forts qu'en surface (environ 4 fois moins) avec des moyennes de l'ordre de 4 cm/s (0,07 noeuds). Au niveau des passes et des chenaux les vitesses sont de l'ordre de 25 à 80 cm/s (0,5 à 1,5 noeuds). Le cheminement préférentiel des eaux de fond semble orienté vers les passes et leur déplacement alternatif marqué indique qu'il est essentiellement régi par l'onde de marée; les phénomènes atmosphériques de surface ne provoqueraient que des perturbations secondaires.

### **2.3.- Les apports terrigènes**

Ici encore, les seules informations dont nous disposons se rapportent au lagon sud de la

Nouvelle-Calédonie. Les travaux de BALTZER (1968, 1969), BALTZER et TRESCASES (1971a, 1971b) et de LAUNAY (1972) sur le bassin versant et la baie de la rivière Dumbéa, ainsi que ceux de DUGAS (1974) et COUDRAY (1976) sur la baie de St Vincent et de DUGAS (1973) sur le sud du lagon, montrent que la sédimentation terrigène dans le lagon est limitée au littoral et aux embouchures des rivières.

Ces apports d'origine "continentale" sont représentés par des grains argileux, siliceux (quartz, péridotites) et par des oxydes ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{NiO}$ ). Ils sont le résultat du fractionnement mécanique et surtout de l'altération chimique (TRESCASES, 1969) des roches composant les bassins versants des rivières qui les charrient jusqu'aux baies. Or, excepté pendant les cyclones ou les dépressions tropicales fortes, la quantité de matériaux déplacés en suspension par les rivières est très faible (BRUNEL, 1980). Cependant, même en période de crue, le transport du matériel prélevé sur les hauteurs (20 000 t transportées par la rivière Dumbéa pendant BRENDA, cyclone exceptionnel) se fait toutefois en plusieurs étapes successives dans le temps et l'espace (BALTZER & TRESCASES, 1971a, 1971b) et les distances parcourues au cours d'une crue donnée sont très courtes. De plus, les trois quarts de la charge solide apportée se dépose dans les deltas des rivières. Enfin, les dépressions latérales de ces derniers, avec leur végétation de marais maritimes et de mangroves, constituent un dernier écran duquel peu de particules s'échappent (NAIR & HASHIMI, 1986).

Une partie mineure de ce qui est arraché aux bassins versants parvient donc dans les baies; il s'agit de particules ultrafines dont le diamètre avoisine 0,1 microns et qui sont rapidement reprises, transportées et dispersées par la houle et les courants.

### 3.- PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE : LE GRAND LAGON NORD

#### 3.1.- Bref aperçu historique

La région nord de la Nouvelle-Calédonie, qui comprend le Grand Lagon Nord, le Grand Passage et les récifs d'Entrecasteaux (fig. 11), a été visitée pour la première fois par James COOK, en 1774, qui a débarqué sur la côte nord-est de Nouvelle-Calédonie et a reconnu la barrière orientale du Grand Lagon Nord (aujourd'hui récif de Cook), mais n'a pas mentionné les récifs d'Entrecasteaux. Ces derniers ont été découverts en 1792 par le contre-amiral français Bruny d'ENTRECASTEAUX alors qu'il dirigeait, à bord de "La Recherche", l'expédition partie à la recherche de LAPEROUSE de 1791 à 1793. C'est aussi à ce navigateur-explorateur français que l'on doit la reconnaissance du récif des Français (barrière orientale du Grand Lagon Nord). La découverte des récifs d'Entrecasteaux est parachevée en 1827 par Dumont d'URVILLE qui reconnaît le nord de l'atoll de Huon (PISIER, 1976).

Nous disposons de peu d'informations d'ordre scientifique sur cette région du nord de la Nouvelle-Calédonie. Seuls quelques naturalistes ont laissés des documents sur la flore et la faune de ces îles : La BILLARDIERE (1800), le Père MONTROUZIER (1877) et plus récemment GUILLAUMIN et VEILLON (1969) et RANCUREL (1974). La première campagne à caractère océanographique, dûe à l'ORSTOM, s'est déroulée dans le cadre du programme de cartographie bionomique des lagons de Nouvelle-Calédonie. Elle a permis à RICHER de FORGES et BARGIBANT (1985) de présenter d'intéressantes informations sur la géomorphologie, la faune benthique et la nature des fonds d'après les résultats de dragages, chalutages et récoltes côtières dans les lagons de Huon et Surprise. En 1987, CLAVIER et LABOUTE (1987) ce sont intéressés à la mise en valeur d'un succulent bivalve Pectinidé du Grand Lagon Nord et enfin, CHEVILLON et CLAVIER (1988) présentent une note sur les sédiments du Grand Lagon Nord.

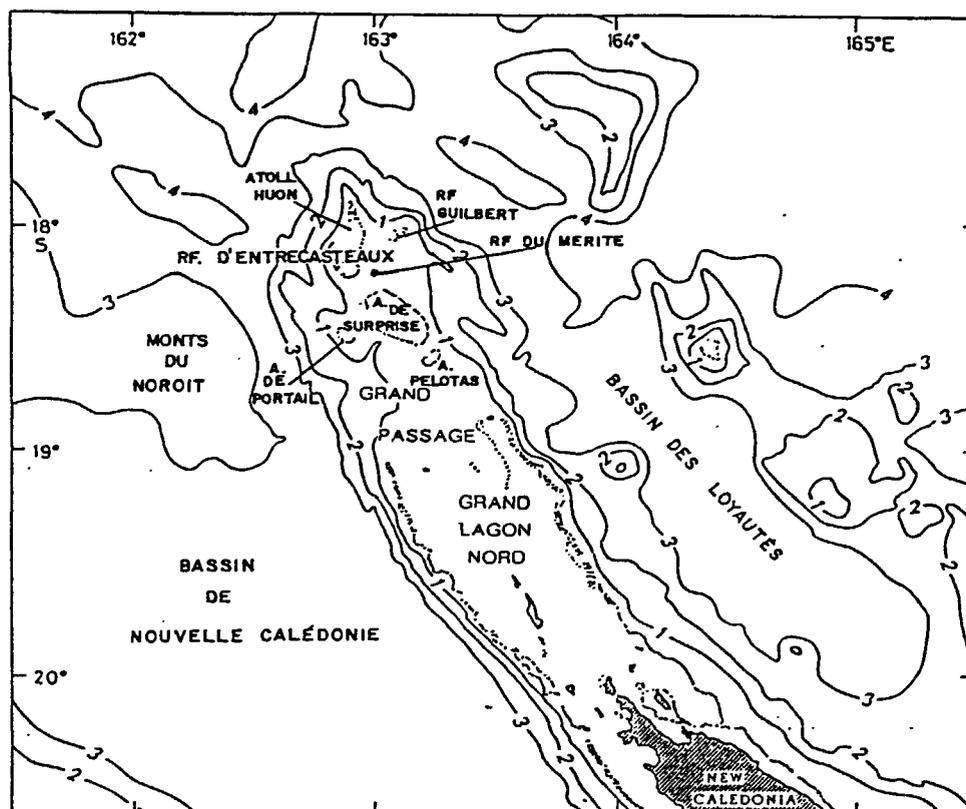


Figure 11 : carte de situation du complexe récifal nord de la Nouvelle-Calédonie.

Les documents cartographiques du nord de la Calédonie sont aussi rares que les études scientifiques. La première carte "précise" de la région, dressée par le capitaine de frégate CHAMBEYRON, paraît en 1877 dans le *Moniteur de Nouvelle-Calédonie*. La carte du Service Hydrographique de la Marine (n° 4 310) datée de 1888, n'est qu'au 300 000<sup>ème</sup> et vient à peine d'être corrigée (en 1985). La première description morphologique semble due à HAERBELE (1952). TAISNE (1965) présente, avec beaucoup de prudence quand à la validité des données, une carte et des profils bathymétriques de l'atoll de Huon dans les rapports de l'expédition Singer-Polignac sur les récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie. CHEVALIER (1973), dans sa note sur les récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie, reprend la description morphologique des atolls mais toujours sur de fausses bases cartographiques. Une description plus précise mais succincte est présentée par RICHER de FORGES et BARGIBANT (1985) à partir d'une carte réalisée sur la base de photographies aériennes. Dans notre cas, nous avons utilisé comme base de la figuration du Grand Lagon Nord, une carte réalisée par le laboratoire de Géologie-Géophysique du centre ORSTOM de Nouméa (COLLOT *et al.*, 1988a). Les géologues travaillent malheureusement à une échelle beaucoup plus grande que celle qui nous intéresse et de ce fait quelques imprécisions subsistent sur la bathymétrie à l'intérieur des lagons. Quand à l'hy-

drologie et l'hydrodynamisme de ces lagons, ils sont à ce jour inconnus.

### 3.2.- Situation géographique et morphologie

Le Grand Lagon Nord, situé entre 19°50' et 20°10' de latitude sud et 163° et 164°10' de longitude est, est délimité par les barrières coralliennes que constituent le récif de Cook à l'est et le récif des Français à l'ouest (fig. 12). Ces deux récifs sont le prolongement de la double barrière qui enserre la Grande Terre et la dépasse largement à ses extrémités. Orienté NO/SE (précisément 150°E), cet immense lagon présente une largeur régulière d'environ 30 milles (50 km) et s'allonge sur près de 90 milles (170 km). Sa superficie a été évaluée par TESTAU et CONAND (1983) à 8 400 km<sup>2</sup> soit plus du tiers de la superficie totale des lagons néo-calédoniens.

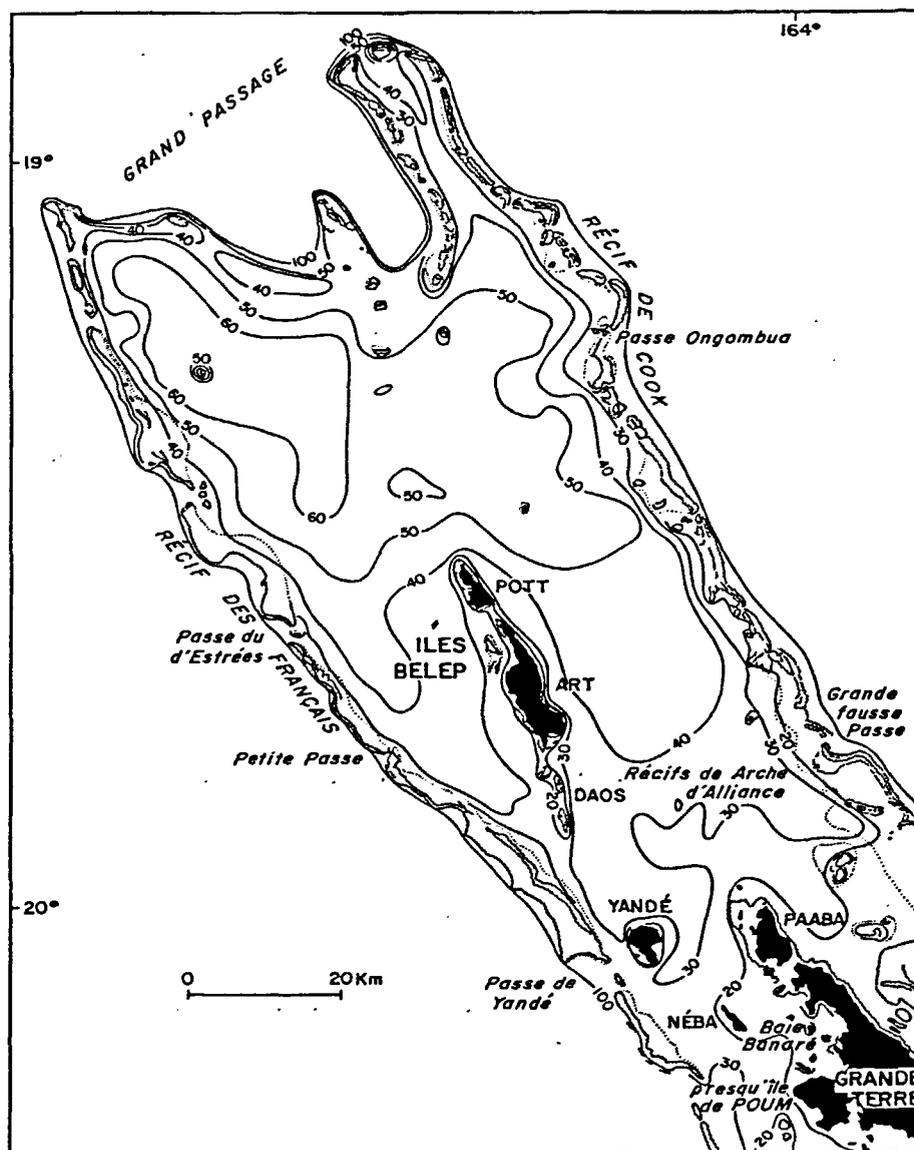


Figure 12 : toponymie et bathymétrie du Grand Lagon Nord.

Légèrement oblique par rapport à l'allongement général du lagon et décentré vers l'ouest, l'alignement des îles Art, Pott et Daos (Archipel des Bélep, 220 km<sup>2</sup>) et des îles Yandé et Néba, marque le prolongement de la presqu'île de Poum. L'île Paaba prolonge l'extrémité la plus septentrionale de la Grande Terre. Hormis ces îles hautes à caractère continental (DUPON, 1981; ILTIS, 1981), les flots coralliens sont à peu près inexistants. La densité des pinacles coralliens et récifs enclavés est faible et seuls quelques rares platiers affleurent à marée basse. A l'extrémité nord-ouest du lagon, la barrière récifale est interrompue sur près de 20 milles ( $\approx$  40 km) et seul un seuil corallien vers 40 m, puis une rupture de pente vers 60 m, marquent la sortie du lagon et la transition avec le Grand Passage (CHEVALIER, 1973; RICHER de FORGES & BARGIBANT, 1985; COLLOT & MISSEGUE, 1986; RICHER de FORGES, 1986). Ces larges interruptions que l'on retrouve dans le sud-est de la Nouvelle-Calédonie traduisent des effondrements du socle suivant des directions plus ou moins perpendiculaires à l'allongement général de l'île (AVIAS, 1959; COUDRAY, 1976; COUDRAY *et al.*, 1985; COUDRAY & THOMAS-SIN, 1985). Au nord-est du lagon, le récif de Cook se replie en une sorte de diverticule délimitant un lagon étroit et allongé, où la barrière est entrecoupée de très nombreuses passes.

### 3.3.- Bathymétrie

Les isobathes du lagon dessinent une figure assez simple. Abstraction faite du relief des Bélep, les fonds, relativement plats, présentent une inclinaison régulière vers le nord-ouest (fig. 12). Ils passent ainsi d'une vingtaine de mètres à proximité de la Grande-Terre à plus de 60 m dans le nord-ouest du lagon. Dans la moitié septentrionale du lagon, les isobathes délimitent une vaste cuvette qui n'est séparée du Grand Passage que par un modeste seuil ponctué de rares pâtés coralliens (CHEVILLON & CLAVIER, 1988). Vers le nord-est, les fonds remontent aux environs de 30 m, formant un plateau qui occupe toute la partie centrale du diverticule puis redescendent en dessous de 40 m à son extrémité nord. Exceptée une ébauche de vallée sous-marine qui aboutit aux deux passes qui occupent l'extrémité du diverticule, la bathymétrie telle qu'elle nous est connue actuellement ne révèle pas la présence de ces vallées caractéristiques des lagons de la côte est et sud. La pente récifale interne<sup>2</sup> est abrupte et conduit rapidement à des fonds de l'ordre de 30 m, en dehors de la partie sud-est du lagon qui n'est pas navigable dans les fonds de moins de 20 m. On remarquera d'ailleurs que cette pente récifale interne est plus accentuée dans la partie sous le vent du lagon que dans celle au vent.

---

2. Nous entendons par "pente interne" les fonds représentés par les échantillons les plus proches de la barrière récifale ( $\approx$  0,5 à 1 mille). Dans le Grand Lagon Nord, la déclivité qui raccorde la barrière récifale externe aux fonds de lagon est très importante et la plupart de ces échantillons affichent des sondes supérieures à 30 voire 40 m; ils se situent donc plutôt au pied de cette pente d'arrière-récif. La notion de pente interne est ici légèrement différente de la notion habituelle, mais nous l'avons conservé pour caractériser les fonds susceptibles d'être soumis à l'influence du récif barrière.

### 3.4.- Cadre géologique

A l'exception de l'archipel des Bélep que l'on sait formé uniquement de péridotites (PARIS, 1981) (fig. 13), la structure géologique du Grand Lagon Nord et des récifs d'Entrecasteaux est quasiment inconnue. Néanmoins, les récents travaux des géophysiciens du centre ORSTOM de Nouméa (COLLOT & MISSEGUE, 1986; COLLOT *et al.*, 1988b; RIGOLOTT, 1989) ont permis, à partir de données bathymétriques, gravimétriques et magnétiques, d'apporter quelques éclaircissements sur morphologie et la structure géologique de notre zone d'étude.

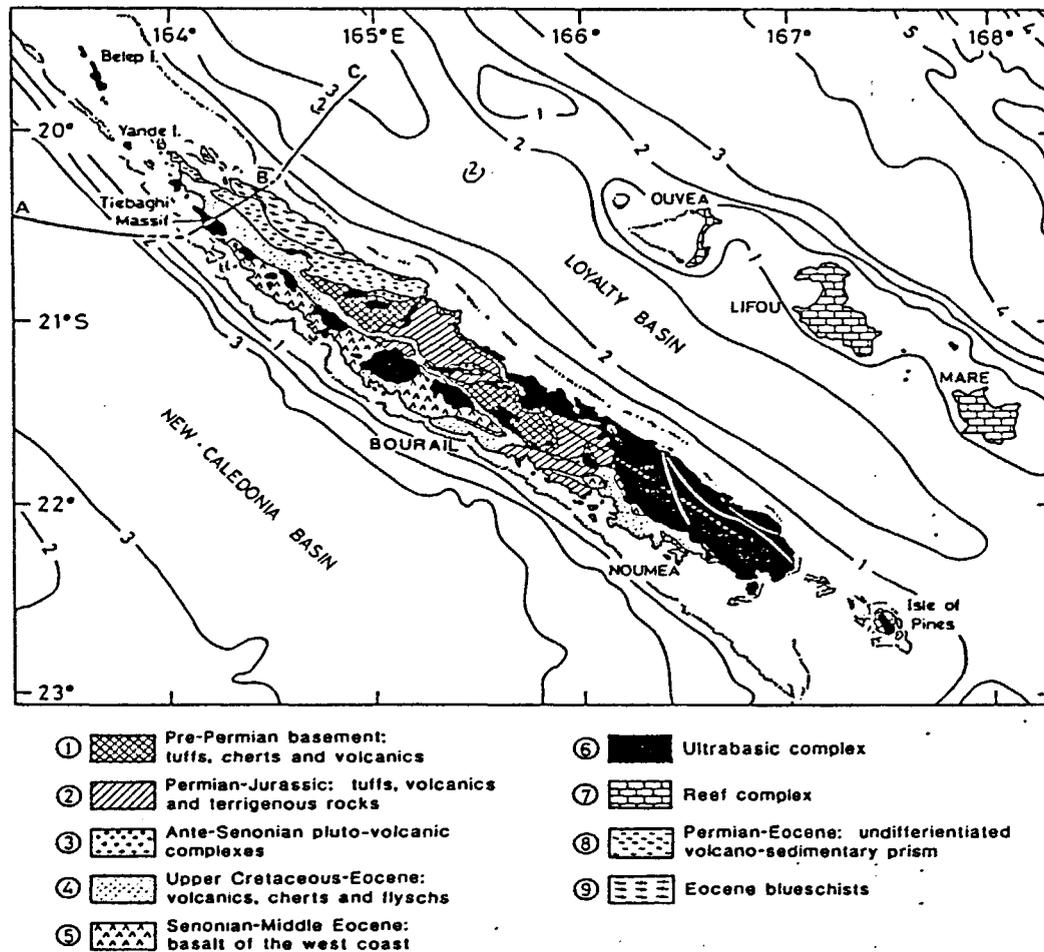


Figure 13 : carte géologique simplifiée de la Nouvelle-Calédonie (d'après PARIS, 1981).

Le Grand Lagon Nord, le Grand Passage et les récifs d'Entrecasteaux constituent trois unités morphologiques distinctes de l'extrémité nord de la ride de Nouvelle-Calédonie (fig. 14). Cette dernière qui est elle-même la terminaison septentrionale de la ride de Norfolk (voir § 1.3.1) est longée par deux bassins océaniques, le bassin de Nouvelle-Calédonie à l'ouest et le bassin des Loyautés à l'est.

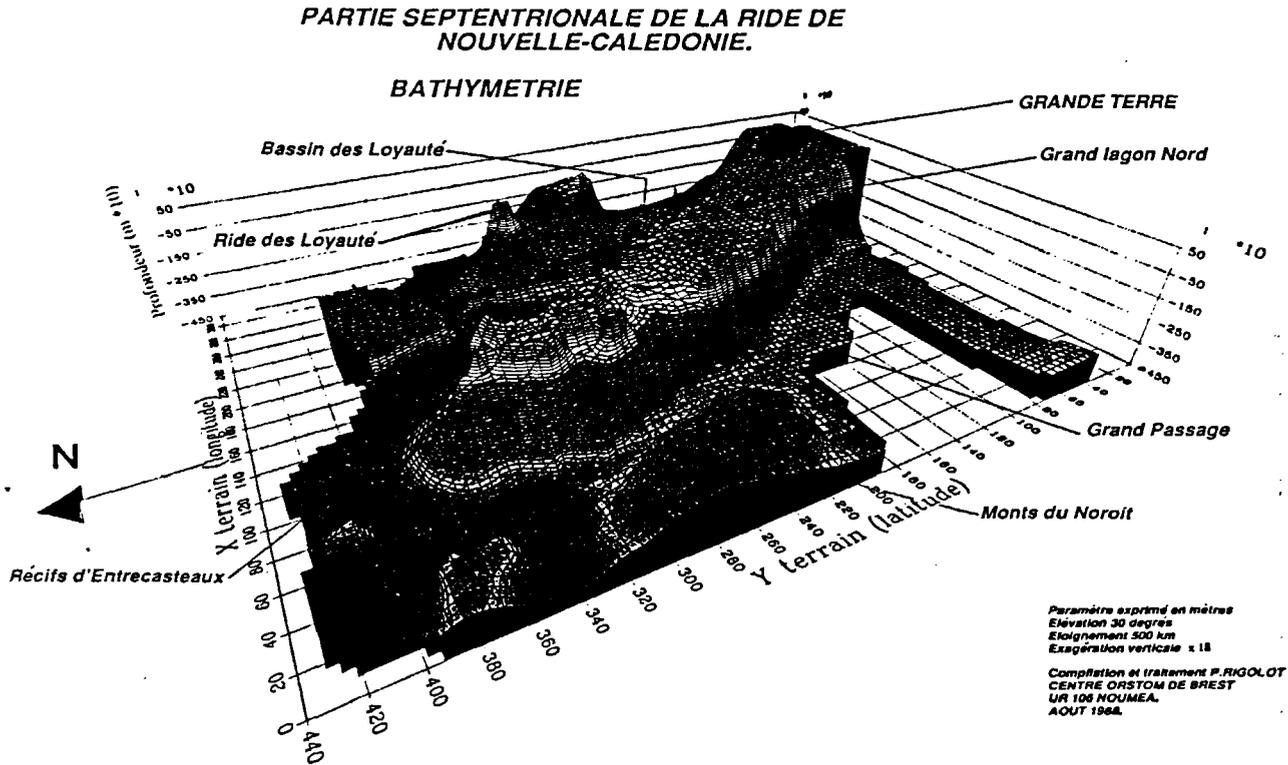


Figure 14 : bloc diagramme bathymétrique de la partie septentrionale de la ride de Nouvelle-Calédonie (d'après RIGOLOTT, 1989).

Les deux atolls majeurs du groupe des récifs d'Entrecasteaux constituent la plate-forme de Huon-La Surprise, partie axiale de la ride au nord du Grand Passage. L'atoll du Portail est la partie émergée d'une courte ride orientée N140°E située à l'ouest de la plateforme Huon-La Surprise. Les récifs Guilbert représentent l'affleurement de la ride de Guilbert, petite ride discontinue qui naît dans le bassin des Loyautés et vient se terminer contre l'atoll de Huon (fig. 15). La zone des récifs d'Entrecasteaux présente, par rapport au reste de la ride, une structure plus complexe et une topographie plus irrégulière. Ces contrastes, particulièrement nets comparé au Grand Lagon Nord dont le relief sous-marin est émué, traduisent une discontinuité dans la structure géologique ou les régimes tectoniques qui ont affecté la ride de Nouvelle-Calédonie. La transition est marquée par le Grand Passage, fracture transverse majeure de la ride, orientée est-ouest et à pendage nord-ouest. A ce niveau, les axes structuraux majeurs subissent une rotation : orientés N150°E au sud du Grand Passage, ils deviennent N120°E au nord de celui-ci. Le Grand Passage coïncide donc avec un changement dans les directions structurales majeures, que COLLOT *et al.* (1988b) attribuent à une paléo-collision de la ride avec un ancien massif sous-marin. Cette collision aurait modifié le champ des contraintes locales et par là même les conditions d'obduction de la nappe ophiolitique qui recouvre en grande partie la ride néo-

calédonienne. Ceci expliquerait la géologie plus complexe de la zone des récifs d'Entrecasteaux.

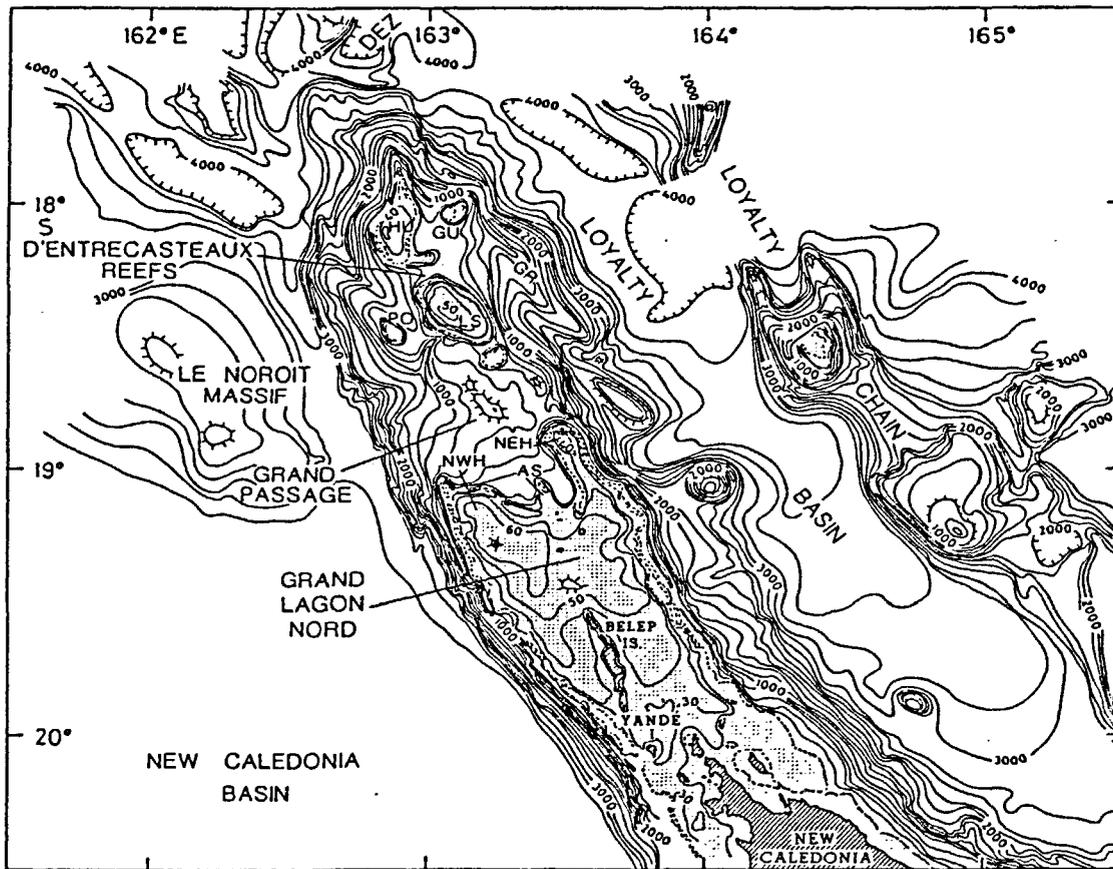


Figure 15 : carte bathymétrique de la région nord. Les isobathes sont espacées de 0,2 km. HU : atoll de Huon; GU : récifs de Guilbert; PO : atoll du Portail; LS : atoll de la Surprise; GR : ride de Guilbert (d'après COLLOT *et al.*, 1988b).

Les données de gravimétrie et de magnétisme recueillies par les auteurs précités montrent en effet que les principales unités géologiques reconnues en Nouvelle-Calédonie (voir PARIS, 1981) se prolongent, sous la couverture corallienne et sédimentaire récente, jusqu'aux récifs d'Entrecasteaux (fig. 16). Le socle de l'île, constitué de séries sédimentaires et métamorphiques d'âge anté-Permien à Eocène, s'étend au moins jusqu'au Grand Passage dans la partie axiale de la ride. La nappe ophiolitique mise en place à l'Eocène terminal s'étend le long du récif barrière nord-est jusque sous la plate-forme de Huon-La Surprise en passant sous la moitié orientale du Grand Lagon Nord. Enfin, la formation des basaltes de la côte ouest, d'âge Crétacé à Eocène, occupe une partie de la moitié occidentale du Grand Lagon Nord et constitue, avec des lambeaux allochtones de péridotites, le substratum de l'atoll du Portail.

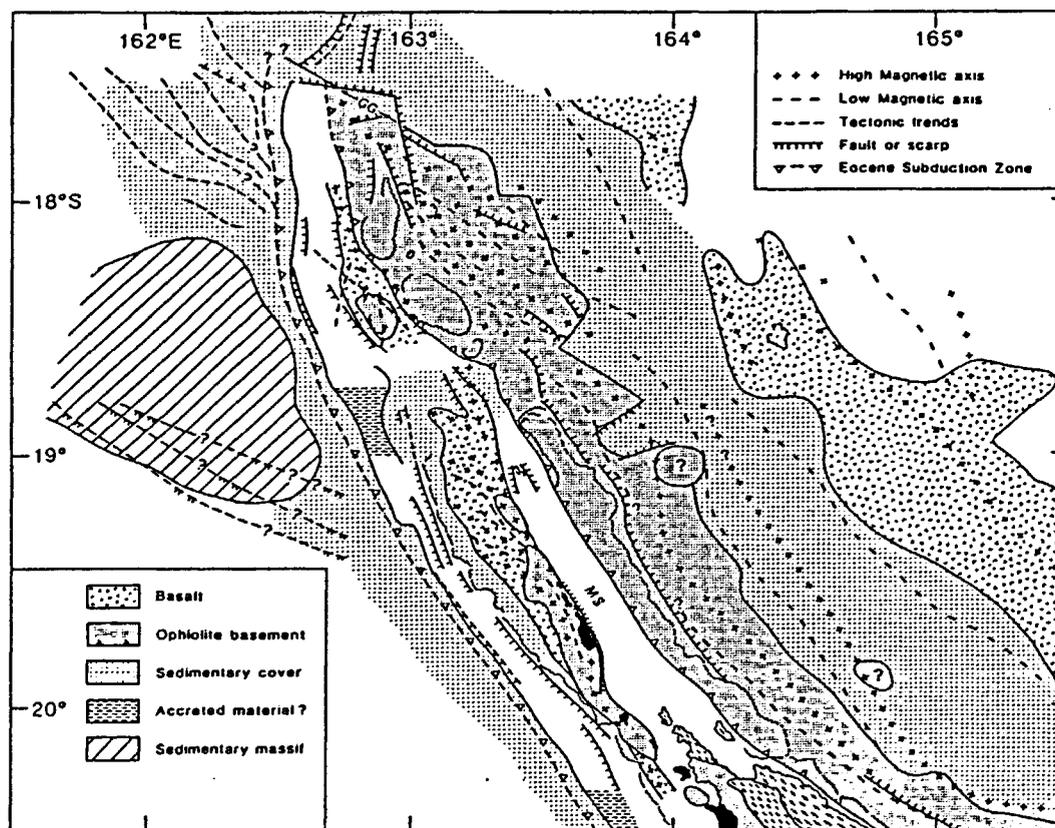


Figure 16 : schéma structural du secteur nord de la ride de Nouvelle-Calédonie. MS : extension probable des séries métamorphiques tertiaires. La légende géologique est la même que sur la figure 13 (d'après COLLOT *et al.*, 1988b).

La zone des récifs d'Entrecasteaux montre une structure plus complexe que celle mise en évidence pour le Grand Lagon Nord et le reste de la ride de Nouvelle-calédonie. Elle comporte deux sous-unités :

- la plate-forme de Huon-La Surprise, dont la base serait un lambeau de péridotites érodées et fortement altérées (péridotites serpentinisées);
- la ride de Guilbert, qui est composée à la fois de péridotites et de copeaux basaltiques de croûte océanique entraînés lors du charriage de la nappe ophiolotique.

### 3.5.- Conclusion

Cette région constitue de par sa morphologie et sa situation géographique une partie originale des lagons et complexes récifaux de la Nouvelle-Calédonie. Elle présente une continuité intéressante dans son éloignement à la Grande-Terre et bien sûr un intérêt tout particulier puisqu'elle n'a été que peu ou pas étudiée. Ce travail va donc compléter les études réalisées sur les autres

lagons de Nouvelle-Calédonie (en fait et de manière presque exclusive seul le lagon sud-ouest à été étudié). Citons en sédimentologie : GUILCHER (1965), COUDRAY (1976), LAUNAY (1972), DUGAS (1973, 1974), DUGAS et DEBENAY (1978b, 1980, 1981, 1982), CHEVILLON (1985), DEBENAY (1985a, 1985b, 1986, 1987a, 1987b, 1988b), CHARDY *et al.* (1988), CHEVILLON et RICHER de FORGES (1988) et enfin MASSE *et al.* (à paraître) pour le lagon sud-ouest. CHEVILLON (1986) s'est intéressé à la partie sud du lagon depuis l'extrémité de la Grande Terre jusqu'à l'île des Pins, alors que les études sédimentologiques sont aussi rares sur le lagon de la côte est (GUILCHER, 1965; CHEVILLON, en préparation [a]) que sur le Grand Lagon Nord (CHEVILLON & CLAVIER, 1988).

**CHAPITRE 2**

---

**METHODES D'ETUDE  
ET  
TRAITEMENT DES DONNEES**

**TABLE DES MATIERES  
DU  
CHAPITRE 2**

	Pages
<b>1.- PLAN D'ECHANTILLONNAGE</b> .....	41
<b>2.- ENGIN ET METHODE DE PRELEVEMENT</b> .....	43
<b>3.- COULEUR DES SEDIMENTS</b> .....	45
3.1.- Détermination de la couleur .....	45
3.2.- Coefficient de contingence .....	45
<b>4.- GRANULOMETRIE</b> .....	47
4.1.- Tamisage .....	47
4.2.- Représentations graphiques utilisées .....	48
4.2.1.- Histogrammes de fractions .....	48
4.2.2.- Courbes cumulatives semi-logarithmiques .....	48
4.3.- Calcul des indices granulométriques .....	49
4.3.1.- Détermination des paramètres de position .....	49
4.3.2.- Indices centraux .....	49
4.3.3.- Indices de dispersion .....	50
4.3.4.- Indices de forme .....	52
4.4.- Remarques sur l'utilisation et l'interprétation des indices granulométriques .....	54
4.4.1.- Contraintes méthodologiques .....	54
4.4.2.- Problèmes liés à la nature des sédiments .....	55
<b>5.- ANALYSE DE LA TENEUR EN CARBONATE</b> .....	57
<b>6.- ETUDE DES CONSTITUANTS BIOCLASTIQUES</b> .....	58
6.1.- Localisation des échantillons analysés par comptages .....	58
6.2.- Technique de comptage .....	58
6.3.- Avantages et inconvénients de la méthode .....	59
<b>7.- ORDINATION EN ESPACE REDUIT</b> .....	61
7.1.- Généralités .....	61
7.2.- Démarche adoptée .....	61
7.3.- Remarques .....	62

## 1.- PLAN D'ECHANTILLONNAGE

En l'absence d'information préalable, la méthode de l'échantillonnage systématique (COCHRAN, 1963; FRONTIER, 1983), nous est apparue comme la mieux adaptée à la description sédimentologique des fonds. A partir de la première station de prélèvement dont la position a été déterminée au hasard, nous avons donc construit un réseau de points régulièrement répartis selon une maille de 3 milles nautiques. La distance entre les prélèvements a été fixée de façon à obtenir une couverture optimale de la zone étudiée (8 400 km<sup>2</sup>) sans pour autant atteindre une quantité déraisonnable de prélèvements (215).

Ce plan d'échantillonnage a dû parfois être adapté aux contraintes de terrain, les difficultés inhérentes à la navigation en milieu corallien n'ayant pas toujours permis de respecter scrupuleusement la maille établie (fonds de moins de 15 m, fonds proches de la barrière, des îlots, des récifs intérieurs, etc...).

Trois campagnes de 12 jours à bord du N.O. VAUBAN ont été nécessaires à l'échantillonnage du Grand Lagon Nord, au cours desquelles 206 échantillons ont été récoltés; leur distribution est présentée à la figure 17, la liste et les coordonnées des stations de prélèvements sont fournies en annexe (annexe 1).

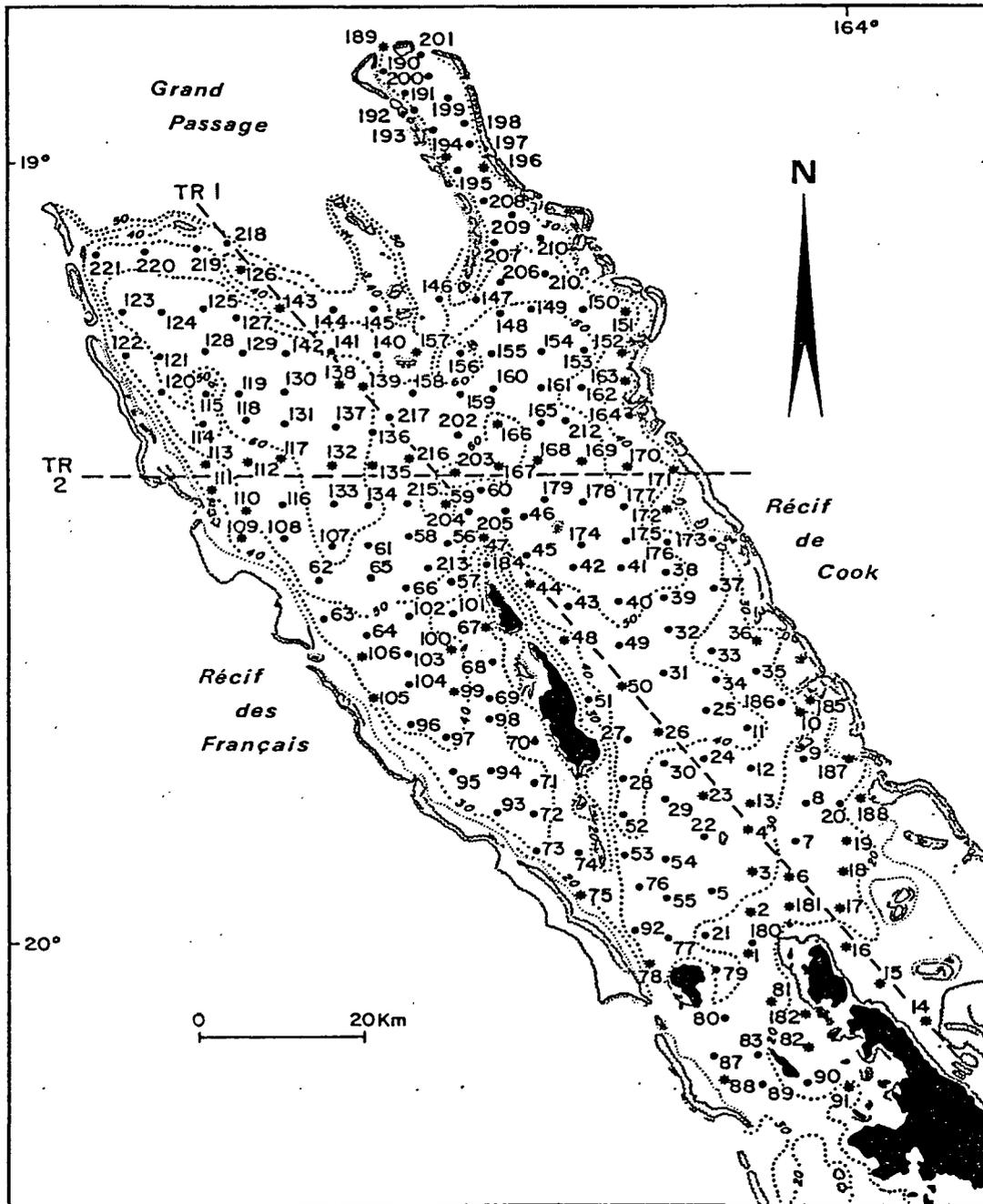


Figure 17 : carte de localisation des prélèvements; (\*) : échantillons analysés par comptages; TR1 et TR2 : transects.

## 2.- ENGIN ET METHODE DE PRELEVEMENT

Les campagnes de prélèvements dans le Grand Lagon Nord étaient à double finalité : chalutages et sédimentologie. Le treuil principal étant alors mobilisé par le chalut, c'est une benne NEYRPIC (fig. 18) qui a été utilisée; celle-ci était en effet plus facile à mettre en oeuvre sur le petit treuil auxiliaire alloué à la sédimentologie que la deuxième benne présente à bord : une benne SMITH-McINTYRE (SMITH & McINTYRE, 1954).

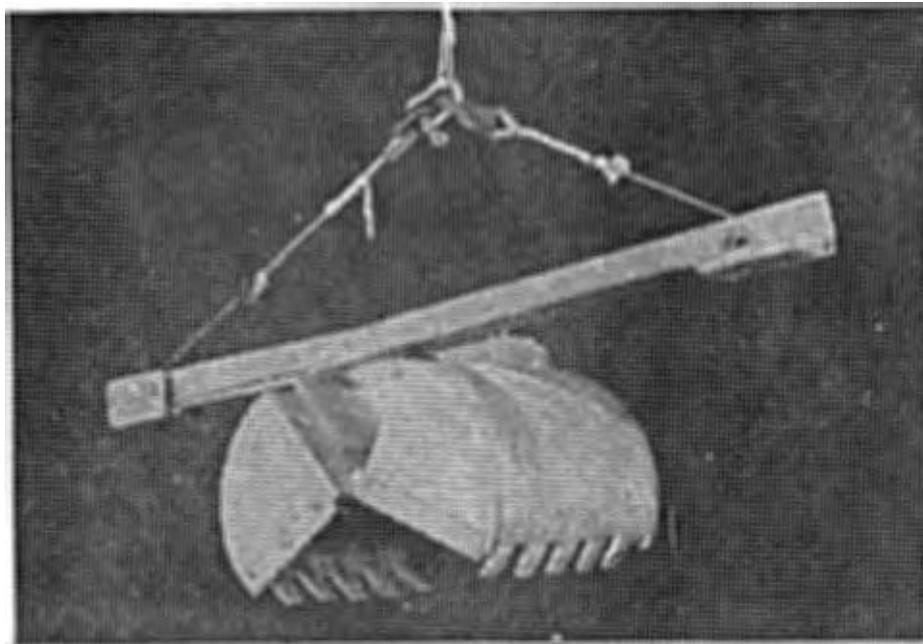


Figure 18 : la benne NEYRPIC.

La benne NEYRPIC est une petite benne légère à double mâchoire, dérivée de la benne VAN VEEN (LIE & PAMATMAT, 1965). Elle a déjà été utilisée dans les études ultérieures sur

les sédiments du lagon sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie (DUGAS, 1973, 1974; DUGAS & DEBENAY, 1978b, 1980, 1981, 1982; DEBENAY 1985a). Plusieurs études comparatives entre les bennes VAN VEEN et SMITH-McINTYRE, concernant les variations du volume et de la pénétration selon la nature du sédiment (CHRISTIE, 1975; BHAUD & DUCHENE, 1977), ou encore l'effet de souffle à l'arrivée sur le fond (WIGLEY, 1967), montrent que la benne SMITH-McINTYRE est indubitablement la plus efficace des deux. Néanmoins, la benne NEYRPIC s'est avérée suffisamment performante pour cette étude qualitative à grande échelle.

Malgré des tentatives de prélèvements répétées, il est arrivé que la benne reste inefficace : nous avons alors conclu à la présence de fonds indurés ("hard-grounds", THOMASSIN & COUDRAY, 1981) ou de fonds coralliens. Ces stations sont répertoriées sous le nom de "fonds durs".

Une fois ramené sur le pont, le sédiment était versé dans une baille puis homogénéisé. Les échantillons étaient alors recueillis à l'aide d'un godet (environ 500 g de sédiment humide) et conservés en chambre froide, après un triple étiquetage sur papier plastifié.

### 3.- COULEUR DES SEDIMENTS

#### 3.1.- Détermination de la couleur

→ 3 variables

La couleur du sédiment a été déterminée à bord du navire sur échantillons frais et après homogénéisation (la couleur de la fraction fine est en effet souvent différente de celle de la fraction sableuse). Cette opération a été réalisée en utilisant la table des couleurs de MUNSELL<sup>1</sup> qui permet, à l'aide de trois variables combinées, de déterminer la couleur d'un échantillon : la variable "HUE" indique la relation avec le rouge, le jaune, le vert, le bleu et le pourpre; "VALUE" représente la luminosité et "CHROMA" permet de mesurer l'intensité. Cette table, très utilisée en pédologie, offre aussi deux systèmes complémentaires pour la désignation des couleurs, le nom et son code dans le système de MUNSELL. La notation d'une couleur de HUE = 5Y, VALUE = 6 et CHROMA = 3.5 est ainsi 5Y 6/3.5 et correspond à la couleur "pale olive".

L'emploi de la table de MUNSELL permet donc une détermination objective de la couleur des sédiments et elle évite l'abus de désignations fantaisistes. Elle s'avère indispensable pour les comparaisons qui seraient impossibles sans l'emploi d'un document de référence.

#### 3.2.- Coefficient de contingence

La couleur n'étant pas une variable quantitative, nous avons fait appel dans l'étude des relations de la couleur avec les autres paramètres sédimentologiques au *coefficient de contingence* :

$$C = \sqrt{\chi^2 / (N + \chi^2)}$$

où "N" représente l'effectif total des observations et " $\chi^2$ " = Khi Carré. Ce coefficient se calcul à

---

1. Munsell Soil Color Charts, MUNSELL COLOR, 2441 North Calvert Street, Baltimore Maryland 21218.

partir d'un tableau de contingence et il est considéré comme une mesure de l'intensité du lien entre les variables (SIEGEL, 1956; LEGENDRE & LEGENDRE, 1984a). C'est un coefficient de corrélation non paramétrique, particulièrement utile dans l'analyse des relations entre des descripteurs qualitatifs et des variables (ordonnées ou non) divisées en classes. C'est donc le cas ici, où la couleur, variable de nature nominale (discrète), sera confrontée à une série de variables semi-qualitatives (indices granulométriques) ou continues (profondeur, envasement) mais préalablement rangées en classes. Le coefficient de contingence ne tient pas compte du sens d'arrangement des catégories dans le tableau, ce qui évite que l'une ou l'autre des classes ait plus d'importance dans l'analyse. Il n'est en effet pas justifié de donner, par exemple, plus de poids à la couleur blanche plutôt qu'à la couleur grise. *on ne peut raisonner plus juste docteur ! -*

Nous rappellerons brièvement que pour déterminer si la distributions des observations dans un tableau de contingence permet de dire que les deux variables son liées ou non l'une à l'autre il faut tester l'hypothèse nulle ( $H_0$  : il y a indépendance complète des deux descripteurs) au moyen d'une statistique du  $\chi^2$  qui permet de comparer les valeurs observées à leur *espérance* et de rejeter ou non cette hypothèse nulle. Rappelons que :

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c (O_{ij} - E_{ij})^2 / E_{ij}$$

où "O" représente les fréquences ou valeurs observées et "E" est l'espérance ou "fréquences calculées" (nombre d'observations que l'on s'attend à trouver dans une case selon l'hypothèse nulle  $H_0$ ). L'espérance d'une case du tableau se calcule en multipliant la somme des éléments de la ligne (total marginal) par la somme des éléments de la colonne et en divisant le tout par "N" (nombre total d'observations dans le tableau de contingence). Dans un tableau de r lignes par c colonnes,  $dl = (r - 1)(c - 1)$  est le nombre de degrés de liberté qui permet de trouver dans une table du  $\chi^2$  la probabilité que l'hypothèse nulle soit vraie; si cette probabilité est plus faible qu'un seuil  $\alpha$  fixé au préalable (ex :  $\alpha = 0,05$ ), nous pouvons rejeter l'hypothèse  $H_0$  d'indépendance entre les deux descripteurs (HELLER, 1974; LEGENDRE & LEGENDRE, 1984a).

#### 4.- GRANULOMETRIE

Le choix de notre protocole d'étude granulométrique des sédiments repose sur les travaux de synthèse de KRUMBEIN & PETTIJOHN (1938), FOLK (1966), WEYDERT (1971), BERTHOIS (1975), WEYDERT (1976), STODDART (1978) et BUCHANAN (1984).

##### 4.1.- Tamisage

Après un séchage à l'étuve (50°C pendant 48 h), les échantillons sont pesés une première fois et soumis à un tamisage humide et manuel, sur un tamis d'une maille de 63 microns. La fraction dite "fine" (ou vase)<sup>2</sup> est ainsi éliminée, son pourcentage pondéral étant calculé par différence de poids, avant et après séparation. Une partie de cette fraction est conservée pour la calcimétrie (voir § 5).

La fraction supérieure à 63 microns, ou "fraction sableuse" est remise à sécher, pesée une nouvelle fois puis passée sur une colonne granulométrique composée des tamis de mailles 0,063, 0,25, 0,5, 1, 2,5 et 20 mm. Cette gamme, issue de la série de norme AFNOR de raison  $10\sqrt{10}$  (BOURCART, 1953), a été choisie car elle permet de construire directement les histogrammes de fractions (voir § 4.2.1).

Le temps de tamisage a été réduit à 15 mn, ce qui, dans le cas de sables organogènes calcaires et pour la quantité de sédiment qui nous concerne (100 à 300 g de sédiment déshydraté), permet d'obtenir un criblage effectif sans que l'effet de broyage soit trop important (GULINCK, 1943; BERTHOIS, 1975). Chaque refus de tamis est ensuite pesé sur une balance précise à  $\pm 0,01$  g.

---

2. Le terme "vase" regroupe toutes les particules de taille inférieure à 63 microns (0,063 mm). Il est équivalent, dans ce document, aux termes de "fraction fine", "fraction vaseuse" ou "lutites" et a l'avantage de posséder un équivalent direct anglo-saxon : "mud".

## 4.2.- Représentations graphiques utilisées

### 4.2.1.- Histogrammes de fractions

Le poids du refus de chacun des tamis intervient dans la construction des histogrammes de fréquences et des courbes cumulatives semi-logarithmiques. En fait d'histogrammes de fréquences, ce sont plus exactement des histogrammes de fractions (WEYDERT, 1971) qui sont utilisés. Ces histogrammes particuliers groupent les valeurs de façon à déterminer directement les pourcentages respectifs des différentes fractions théoriques<sup>3</sup>, c'est à dire les pourcentages de graviers<sup>4</sup>, de sables grossiers, de sables moyens, de sables fins, de sables très fins et de vase. Le tracé des histogrammes, réalisé pour l'ensemble des échantillons (annexe 2), permet de visualiser rapidement les notions de triage, d'asymétrie et de normalité (voir § 4.3).

### 4.2.2.- Courbes cumulatives semi-logarithmiques

Les pourcentages pondéraux des refus de chaque tamis, cumulés dans le sens des particules les plus grossières vers les plus fines<sup>5</sup>, sont utilisés pour la construction des courbes cumulatives en coordonnées semi-logarithmiques. Les mailles des tamis sont portées en abscisses logarithmiques, ce qui permet, dans le cas de sédiments à fort étalement dimensionnel, de ne pas avoir un diagramme de longueur démesurée. En raison de la nature des indices calculés, tous issus des travaux anglo-saxons, c'est l'échelle phi ( $\phi$ ) de KRUMBEIN (1936, 1938) qui a été utilisée en abscisse. Cette échelle correspond à une transformation logarithmique des valeurs en millimètres, donnée par la relation :

$$X_{\phi} = - \frac{\log_2(X_{\text{mm}})}{\log_{10}(2)} = - \frac{\log X_{\text{mm}}}{\log_{10}(2)}$$

Les valeurs en phi augmentent donc vers la droite du graphe, dans le sens inverse du diamètre des particules. Les pourcentages cumulés des refus de chaque tamis sont portés en ordonnées arithmétiques, à l'abscisse même de la maille des tamis (borne supérieure des intervalles).

3. Les pourcentages des différentes fractions théoriques sont aussi appelés "variables texturales" par opposition aux "variables statistiques" que représentent les indices granulométriques.

4. Sous le terme de "graviers", nous avons en fait regroupé ici les fractions comprises entre 2,5 et 20 mm (-1,32 à -4,32  $\phi$ ), c'est à dire les granules, graviers et gravelles (voir GUILCHER *et al.*, 1965).

5. La cumulation rétrograde (RIVIERE *et al.*, 1951a, 1951b; RIVIERE 1952a, 1954, 1960; RIVIERE & RIVIERE, 1962) fournit une image plus fidèle du dépôt des sédiments par un courant dont la vitesse va en décroissant, au contraire de la cumulation directe qui représente par une courbe l'inverse du phénomène sédimentologique normal (BERTHOIS, 1975).

Les limites supérieures et inférieures du tracé ont été fixées respectivement à -5 et 5  $\phi$ . L'ensemble des courbes cumulatives semi-logarithmiques obtenues figure dans l'annexe 2.

Les courbes en ordonnées de probabilités (VISHER, 1969) n'ont pas été utilisées ici, l'emploi des indices granulométriques devant remplacer avantageusement ce mode de représentation graphique d'un emploi peu aisé.

#### 4.3.- Calcul des indices granulométriques

##### 4.3.1.- Détermination des paramètres de position

Les paramètres de position sont déterminés graphiquement à partir des courbes cumulatives semi-logarithmiques. Ils sont l'expression de la taille des particules correspondant aux pourcentages 0, 16, 84 et 100% (fractiles), 5 et 95% (percentiles), 25 et 75% (quartiles), 50% (médiane) et se notent  $\phi_0$ ,  $\phi_{16}$ ,  $\phi_{75}$ , etc... Ils interviennent dans le calcul de paramètres numériques, regroupés sous le terme "d'indices granulométriques", tous issus des études statistiques sur les distributions et en particulier sur la loi de Gauss (distribution normale). Ces indices sont de trois types : indices centraux, indices de dispersion et indices de forme. Leurs formules figurent ci-après; tous les résultats sont exprimés en unité phi.

##### 4.3.2.- Indices centraux

Les indices centraux les plus couramment utilisés sont la médiane et la taille moyenne des distributions de tailles des grains d'un échantillon de sédiment; leurs formules respectives sont les suivantes :

- la Médiane ou "Phi Median Diameter" (INMAN, 1952) :  $Md_{\phi} = \phi_{50}$

- la Taille Moyenne ou "Mean Size" (FOLK & WARD, 1957) :

$$Mz = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

Les valeurs obtenues sont classées en utilisant les séparations et la nomenclature définies par WEYDERT (1971, 1976), à partir d'une synthèse des conceptions de différents auteurs tels que ATTERBERG (1905), BOURCART (1941) et ALLING (1943) (tableau 1). Cette échelle de

classification des matériaux meubles, couramment utilisée par les auteurs français (MONTAGIONI, 1971; THOMASSIN, 1978; CHEVILLON, 1985, 1986; EHNLY, 1987; ADJAS, 1988; CHARDY *et al.* 1988, MASSE *et al.*, à paraître), présente l'inconvénient d'être mal acceptée sur le plan international; la plupart des auteurs anglo-saxons, dont FOLK & WARD (1957), utilisent en effet la classification de WENTWORTH (1922) qui correspond aux termes de l'échelle phi (tableau 1).

Tableau 1 : limites et termes des fractions granulométriques théoriques; comparaisons des échelles de WENTWORTH (1922) et de WEYDERT (1971).

WEYDERT (1971)			WENTWORTH (1922)	
	(φ)	(mm)		
Petits blocs		64	Cobble	
Gallets	- 6	64		
Cailloux	- 4,32	20		
Gravelle	- 3,32	10	Pebble	
Gravier	- 2,32	5		
Granule	- 2	4		
	- 1,32	2,5	Granule	
Sable grossier	- 1	2	Very coarse sand	
	0	1	Coarse sand	
Sable moyen	1	0,5	Medium sand	
Sable fin	2	0,25	Fine sand	
Sable très fin	3	0,125	Very fine sand	
Sablons	3,98	0,063	Coarse silt	

*classé ainsi dans intervalle 1 transformé en mm → pour des pts au niveau de la classe modale*

#### 4.3.3.- Indices de dispersion

Les indices de dispersion sont au nombre de trois. Leurs formules et les échelles de classification correspondantes, ainsi que la terminologie utilisée, sont données ci-dessous :

- l'Étalement Dimensionnel (RIVIERE, 1952b) :  $Gt = \lg \frac{(D_{min})}{(D_{max})}$

La lettre "D" représente le diamètre des particules; les limites et la terminologie proposées sont les suivantes :

> 2,00	....	extrêmement grand
1,50 - 2,00	....	très grand
1,00 - 1,50	....	grand
0,50 - 1,00	....	moyen
0,25 - 0,50	....	faible
≤ 0,25	....	extrêmement faible

- le Classement ou "Sorting" (KRUMBEIN, 1936) :  $D_{\phi} = \frac{\phi_{75} - \phi_{25}}{2}$

Pour cet indice, équivalent au "Sorting" de TRASK (1930, 1932) ( $S_o = \sqrt{(Q_{25}/Q_{75})}$ ) actuellement obsolète, les limites recommandées sont les suivantes (en  $\phi$ ) :

> 2,00	....	non classé
1,50 - 2,00	....	faiblement classé
1,00 - 1,50	....	moyennement classé
0,50 - 1,00	....	bien classé
0,25 - 0,50	....	très bien classé
≤ 0,25	....	extrêmement bien classé

Le classement caractérise le degré d'évolution du sédiment. WEYDERT (1976) considère que les faibles valeurs de  $D_{\phi}$  traduisent une compétence poussée du sédiment vis à vis de l'agent de transport mis en cause.

- le Triage ou "Inclusive Graphic Standart Deviation" (FOLK & WARD, 1957) :

$$\sigma_i = \frac{(\phi_{84} - \phi_{16})}{4} + \frac{(\phi_{95} - \phi_5)}{6,6}$$

FOLK (1964) recommande, pour les valeurs du triage, les limites et la nomenclature suivante (en  $\phi$ ) :

≤ 0,35	.....	très bien trié	("very well sorted")
0,35 - 0,50	.....	bien trié	("well sorted")
0,50 - 0,71	.....	modérément bien trié	("moderately well sorted")
0,71 - 1,00	.....	modérément trié	("moderately sorted")
1,00 - 2,00	.....	mal trié	("poorly sorted")
2,00 - 4,00	.....	très mal trié	("very poorly sorted")
> 4,00	.....	extrêmement mal trié	("extremely poorly sorted")

WEYDERT (1971) estimant que ces limites ne convenaient pas pour l'étude des milieux récifaux, définit de nouvelles limites :

≤ 0,5	....	extrêmement bien trié
0,5 - 1,1	....	très bien trié
1,1 - 1,5	....	bien trié
1,5 - 2,0	....	mal trié
> 2,0	....	très mal trié

Il faut considérer, en général, que la valeur du triage diminue (ce qui va dans le sens d'une amélioration de cet indice) avec le transport des sédiments. Cela est simplement dû au fait que la taille moyenne change avec le transport, l'amélioration du triage étant uniquement fonction de la diminution de la taille moyenne et non pas de la distance. INMAN (1949) montre que pour un sédiment déjà fin et bien trié, la reprise ultérieure par un agent de transport va provoquer une augmentation de la valeur du triage; nous obtenons alors une inversion de la relation qui complique notablement les possibilités d'interprétation. Les variations de cet indice ne peuvent donc être dissociées de celles de la taille moyenne (INMAN, 1949; FOLK & WARD, 1957; WEYDERT, 1971).

#### 4.3.4. Indices de forme

Nous disposons de deux indices pour évaluer la forme des distributions de tailles des grains : l'indice d'asymétrie ("skewness"), qui comme son nom l'indique mesure l'asymétrie (ou la symétrie) de la distribution et l'indice de normalité ("kurtosis"), qui donne une idée de l'acuité du mode de l'histogramme ou de l'angulosité de la courbe cumulative.

- l'Asymétrie ou "Skewness" (FOLK & WARD, 1957) :

Asymétrie

$$Ski = \frac{(\phi_{16} + \phi_{84}) - 2(\phi_{50})}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{(\phi_5 + \phi_{95}) - 2(\phi_{50})}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

→ d'aplatissement :

Les limites proposées pour cet indice sont les suivantes :

-1,0	à	-0,3	.....	asymétrie très négative	("strongly fine skewed")
-0,3	à	-0,1	.....	asymétrie négative	("fine skewed")
-0,1	à	+0,1	.....	symétrie	("near symmetrical")
+0,1	à	+0,3	.....	asymétrie positive	("coarse skewed")
+0,3	à	+1,0	.....	asymétrie très positive	("strongly coarse skewed")

Cette formule a été modifiée par WARREN (1974) comme suit :

$$Ski = \frac{\phi_{84} - \phi_{50}}{\phi_{84} - \phi_{16}} - \frac{\phi_{50} - \phi_5}{\phi_{95} - \phi_5}$$

L'indice d'asymétrie précise la position des particules les plus abondantes par rapport au mode de la distribution. Ses valeurs négatives indiquent donc que l'échantillon présente une dominance de particules fines, les valeurs positives signifient une prépondérance des grains du côté grossier. Cette relation s'inverse dans le cas d'un cumul des particules fines vers les grossières.

- la Normalité ou "Inclusive Graphic Kurtosis" (FOLK & WARD, 1957) :

$$K_g = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2,44 (\phi_{75} - \phi_{25})}$$

De même que  $S_{ki}$ ,  $K_g$  est un nombre pur, ses limites absolues varient entre plus et moins l'infini. FOLK (1964) recommande les descripteurs suivants :

$\geq$	3,00	.....	extrêmement accusée	("extremely leptokurtic")	
1,50	-	3,00	.....	très accusée	("very leptokurtic")
1,11	-	1,50	.....	accusée	("leptokurtic")
0,90	-	1,11	.....	moyennement accusée	("mesokurtic")
0,67	-	0,90	.....	peu accusée	("platykurtic")
<	0,67	.....	très peu accusée	("very platykurtic")	

La signification du  $K_g$  est identique à celle du  $D_\phi$  mais en référence à la courbe de Gauss; il mesure le rapport du triage aux extrémités de la distribution avec le triage dans la partie centrale. Tel qu'il est défini, c'est un bon test de normalité. Les valeurs de  $K_g > 1,11 \phi$  indiquent que le sédiment est mieux trié dans la partie centrale de la distribution des grains qu'aux extrémités. Une distribution bimodale présentera une normalité peu accusée (courbe cumulative aplatie), tandis qu'un pic du côté des particules fines ou grossières se traduira par une normalité très accusée (courbe cumulative aigüe).

Il faut encore citer le Facteur Hydrodynamique (WEYDERT 1971), bien qu'il n'entre pas dans les trois catégories citées ici car il est le résultat de la combinaison de deux indices :

$$F_h = K_g - D_\phi$$

Selon WEYDERT (1971, 1973) et THOMASSIN (1978), les valeurs positives caractérisent des sédiments en cours de transport, les valeurs négatives correspondant à des sédiments qui seront difficilement remis en mouvement ou qui ne l'ont jamais été. Pour cet indice, qui permet d'appréhender les conditions hydrodynamiques régnantes dans le milieu THOMASSIN (*op. cit.*) propose à l'usage des écologistes les limites et la nomenclature suivantes :

	$\geq$	2,0	....	très fort
1,0	-	2,0	....	fort
0,5	-	1,0	....	moyen
	$\approx$	0,0	....	faible
	$\approx$	-1,0	....	très faible

Toutefois, au cours de la présente étude, l'interprétation des résultats apportés par l'utilisation du facteur hydrodynamique s'est avérée problématique : en effet, des sédiments extrêmement fins, à la normalité accusée et à l'asymétrie très négative - correspondant aux aires de décantation et donc à un milieu de basse énergie - présentaient des valeurs fortement positive du

facteur hydrodynamique. Pour cette raison, les résultats concernant cet indice ne seront pas présentés<sup>6</sup>.

Les valeurs des indices calculés pour l'ensemble des échantillons sont portées en annexe (annexe 3).

#### 4.4.- Remarques sur l'utilisation et l'interprétation des indices granulométriques

Si l'on veut dépasser le stade de la simple caractérisation des ensembles sédimentaires pour aborder les processus de sédimentation et déterminer les milieux de dépôt, il faut utiliser les indices granulométriques avec certaines précautions. Ces précautions peuvent se regrouper en deux catégories : les premières sont des contraintes liées à la méthodologie, les secondes se rapportent à la nature même des sédiments étudiés.

##### 4.4.1.- Contraintes méthodologiques

Pour que l'interprétation des résultats obtenus par le calcul des indices granulométriques soit absolument fiable, il faudrait théoriquement prendre en compte un certain nombre de contraintes méthodologiques (FRIEDMAN, 1962; FOLK, 1966; STODDART, 1978) :

- un écart trop important entre la maille réelle des tamis et celle annoncée par le fabricant peut affecter des paramètres délicats tels que l'asymétrie et la normalité; il faudrait donc vérifier minutieusement la maille réelle des tamis utilisés (WEYDERT, 1971);
- les valeurs du triage, de l'asymétrie et de la normalité sont hautement dépendantes du nombre de tamis utilisés pour l'analyse granulométrique (et par conséquent de la précision avec laquelle sont construites les courbes cumulatives semi-logarithmiques); HAILS *et al.* (1973) ont montré qu'une augmentation de l'intervalle entre les tamis de 0,25  $\phi$  à 1  $\phi$  provoque une dégradation du triage et une diminution des valeurs de l'asymétrie et de la normalité; FOLK (1966) recommande un écart de 0,25  $\phi$  entre les tamis de la colonne granulométrique pour que les résultats autorisent, sans risque d'erreur, des inférences sur les processus de sédimentation; cette condition est pratiquement irréalisable pour une grande

---

6. La même remarque a été faite tout récemment à Mayotte par THOMASSIN *et al.*, 1989. Ces auteurs signalent que dans certains cas, les valeurs fortement positives du Fh n'indiquent nullement un transfert sédimentaire actif sous l'effet d'actions hydrodynamiques fortes ou moyennes mais au contraire un hydrodynamisme extrêmement faible.

quantité d'échantillons, le nombre de tamis à employer pour l'analyse devenant rapidement trop important;

- en général, seule la fraction supérieure à 63 microns est tamisée mécaniquement; de ce fait les paramètres de position correspondant aux particules de taille inférieure à cette valeur sont déterminés par extrapolation linéaire; les valeurs des indices sont alors d'autant plus biaisées que la teneur en vase est importante. Une façon de contourner le problème consiste à ne construire les courbes que pour la fraction supérieure à 63 microns (MASSE, comm. pers.); le poids de cette fraction devient alors le poids total de l'échantillon et les indices calculés ne tiennent plus compte de la présence plus ou moins importante de vase.

#### 4.4.2.- Problèmes liés à la nature des sédiments

L'interprétation des renseignements apportés par les indices granulométriques peut aussi être problématique pour des sédiments de nature particulière, tels que les sédiments biogènes des milieux carbonatés :

- dans les sédiments organogènes carbonatés, les particules, issues de tests ou de squelettes d'organismes, ont une forme rarement proche de la sphéricité et renferment souvent des poches d'air; ceci entraîne, à granulométrie égale, une grande variabilité de leur densité; les particules ont alors des propriétés hydrauliques très éloignées de celles de grains non carbonatés de mêmes dimensions (MAIKLEM, 1968; BRAITHWAITE, 1973);
- en milieu récifal, le stock d'organismes vivant *in situ* fournit une fraction grossière non négligeable qui s'intègre directement au sédiment, sans avoir été transportée; le mode de fragmentation et la taille des grains qui en résulte dépendent de la structure interne du squelette d'origine ainsi que des agents de fragmentation (prédateurs, organismes foreurs, clones, etc...);
- il existe dans les sédiments biogènes une composante biosomatique représentée par les organismes à tests qui participent à la phase sédimentaire, soit de leur vivant, soit avant fragmentation (Foraminifères, Turritelles, Cérithes, etc...); si cette composante est importante, elle peut devenir le facteur prépondérant de la granulométrie du sédiment (vases à turitelles par exemple).

La situation est donc telle que les caractéristiques du sédiment ne sont plus uniquement contrôlées par un agent de transport mais également par les interactions entre les apports allochtones, la production *in situ*, les propriétés hydrauliques des débris et les divers mécanismes physiques ou biologiques de désintégration des tests et squelettes carbonatés (HAM & PRAY, 1962; BERTHOIS, 1965; LEWIS, 1968; MASSE, 1968; POIZAT, 1970; CLIFTON, 1973; ORME, 1977; GOREAU *et al.*, 1979). La sensibilité des indices granulométriques aux milieux de dépôts apparait donc très variable; si de bons résultats ont été obtenus pour des milieux radicalement différents tels que les sables de plages, de rivières et de dunes éoliennes (FOLK & WARD, 1957; MASON & FOLK, 1958; FRIEDMAN, 1961) ou encore au sein de milieux récifaux à différences marquées (MONTAGGIONI, 1971; WEYDERT, 1971; MONTAGGIONI & MAHE, 1980), d'autres études ont été entreprises sans résultat satisfaisant (POLLACK, 1961; SHEPARD & YOUNG, 1961; MOIOLA & WEISER, 1968; FRIEDMAN, 1967).

## 5.- ANALYSE DE LA TENEUR EN CARBONATE

L'analyse de la teneur des sédiments marins en carbonate de calcium est un moyen simple de déterminer leur origine organogène ou terrigène lorsque les roches terrestres environnantes ne sont pas calcaires, comme c'est le cas en Nouvelle-Calédonie.

Nous avons vu (Chap. 1, § 2.3), que seule une infime partie des éléments d'origine terrigène parvenait jusqu'au lagon et qu'il s'agissait alors de particules largement inférieures à 63 microns. Nous avons donc décidé d'utiliser uniquement pour nos mesures la fraction fine (ou vase) sur laquelle la probabilité de déceler une influence continentale paraît maximale, au vu des éléments qui précèdent. Ce procédé permet par ailleurs d'éviter un broyage préliminaire indispensable dans le cas des sédiments hétérométriques ou à fraction grossière importante, pour lesquels la marge d'erreur est beaucoup plus grande.

Le taux de carbonate dans le sédiment est déterminé par décarbonatation acide au calcimètre BERNARD selon la méthode décrite entre autres par CHAMLEY (1966) ou BONNEAU & SOUCHIER (1979) : une quantité de 0,2 à 0,4 g de sédiment est soumise à l'action de 10 ml d'acide chlorhydrique 5N; le dégagement de gaz carbonique est mesuré après étalonnage de l'appareil au carbonate de calcium pur. Pour les échantillons présentant un fort déficit en carbonate, sans qu'une influence terrigène "géographique" soit soupçonnable, nous avons examiné l'insoluble au microscope optique afin de vérifier la présence éventuelle de grains siliceux d'origine biogène (spicules de spongiaires par exemple).

Dans certains cas, nous avons réalisé une analyse plus poussée par une attaque nitroperchlorique qui ne laisse intact que les silicates et le quartz : pour 1 g d'échantillon, une première attaque de 15 mn par 10 ml d'acide nitrique (HNO<sub>3</sub>) porté à ébullition est réalisée; une deuxième attaque est ensuite effectuée par 10 ml d'acide perchlorique porté à ébullition.

## **6.- ETUDE DES CONSTITUANTS BIOCLASTIQUES DU SEDIMENT**

### **6.1.- Localisation des échantillons analysés par comptages**

Le comptage et l'identification des constituants bioclastiques du sédiment ont été réalisés sur 66 échantillons dont 29 sont répartis suivant deux transects : le premier transect est orienté sud-est/nord-ouest c'est à dire dans le sens longitudinal du lagon (TR1 : 17 échantillons), le second étant orienté ouest-est c'est à dire dans le sens transversal (TR2 : 12 échantillons) (voir fig. 17). Le choix des échantillons analysés par comptages a été dicté par les résultats obtenus dans l'étude des paramètres texturaux, des indices granulométriques et des apports terrigènes; ils ont en particulier été choisis en fonction de leur appartenance aux unités sédimentaires mises en évidence par l'étude de ces paramètres.

### **6.2.- Technique de comptage**

La proportion des différents groupes de constituants rencontrés à été évaluée selon la technique mise au point par MASSE (1968) qui est résumée dans le tableau 2. Chaque échantillon à analyser a été préalablement séparé en 7 fractions granulométriques (voir § 4.1). Sur chacune de ces fractions, 100 débris au minimum sont comptés et identifiés sous la loupe binoculaire (soit un peu plus de 700 débris par échantillon). Pour chaque groupe de constituants et pour chaque fraction granulométrique, nous obtenons une série de pourcentages numéraux auxquels sont affectés les pourcentages pondéraux des fractions correspondantes. La totalisation des résultats donne en fin d'opération une idée de la part dévolue à chacun des constituant dans la composition globale du sédiment\*.

---

\*. Les résultats des comptages pour les principaux constituants ainsi qu'un modèle de fiche de comptage sont présentés en annexe (annexes 5 & 6).

Tableau 2 : Schématisation de la méthode de comptage des constituants bioclastiques.

		Constituants A, B, C, D...		
Fraction	Poids(%)	Pourcentage numéral	Pourcentage pondéral	
1	$p_1$	$A_1, B_1, C_1, D_1...$	$p_1A_1, p_1B_1, p_1C_1...$	
2	$p_2$	$A_2, B_2, C_2, D_2...$	$p_2A_2, p_2B_2, p_2C_2...$	
3	$p_3$	$A_3, B_3, C_3, D_3...$	$p_3A_3, p_3B_3, p_3C_3...$	
:	:	: : : :	: : :	
n	$p_n$	$A_n, B_n, C_n, D_n...$	$p_nA_n, p_nB_n, p_nC_n...$	
		Total	A% B% C%...	$\Sigma=100\%$

Un nom de faciès<sup>7</sup> est attribué à chaque échantillon suivant une classification tri ou binominale ordonnée des constituants majeurs : si, par exemple, les trois premiers constituants bioclastiques sont par ordre d'importance les Mollusques, les articles d'*Halimeda* et les Foraminifères, il s'agira alors d'un faciès "MOLHALFOR". Dans le cas d'une classification binominale, un sous-faciès peut-être déterminé en faisant intervenir le troisième constituant et/ou, entre autres, la distinction entre les Pélécytopodes et les Gastéropodes au sein du groupe des Mollusques : à titre d'exemple, pour un faciès "MOLHAL", un sous-faciès PelHalFor pourra être défini.

### 6.3.- Avantages et inconvénients de la méthode

La méthode de traitement par fraction granulométrique est intéressante car elle prend en compte l'aspect pondéral du pourcentage de chaque constituant, alors que la méthode de comptage sur échantillons bruts (très hétérométriques) n'en donne aucune idée. Il est par ailleurs évident, qu'avec cette dernière technique, l'oeil opère une sélection subjective des éléments les plus gros au détriment des petits qui peuvent donc échapper au comptage. Cette méthode permet aussi de suivre la répartition des différents constituants en fonction de la granulométrie, certains éléments n'apparaissant que dans des classes de tailles bien déterminées (grossières ou fines).

7. Faciès biogène ou biofaciès.

L'inconvénient majeur de cette technique est lié au temps de comptage extrêmement long. Un deuxième inconvénient réside dans les deux sources d'erreurs suivantes :

- il faudrait compter un nombre de grains d'autant plus grand que les constituants sont nombreux et que le poids de la fraction considérée est important; en fait les pourcentages varient de façon progressive et dans un sens déterminé; il est donc facile d'éviter les erreurs grossières en détectant toute variation brutale des pourcentages numériques;
- la détermination visuelle des constituants n'est pas rigoureuse et le risque d'erreurs augmente lorsque la taille des constituants diminue et lorsque les grains sont altérés et/ou usés; il est donc nécessaire de créer une classe artificielle contenant les "débris biogènes indéterminés" dont la prise en compte dans les résultats n'apporte généralement pas de grands enseignements.

En dessous d'une certaine taille, la détermination des grains devient trop aléatoire et le pourcentage d'indéterminés augmente considérablement jusqu'à devenir prépondérant; c'est en général le cas sur les fractions de 0,063 à 0,25 mm. Il est cependant possible d'obtenir pour ces fractions de taille, à partir des pourcentages globaux d'indéterminés, une série de pourcentages approximatifs correspondant aux comptages réalisés dans les fractions supérieures. Le pourcentage des constituants reste en effet sensiblement le même, ou évolue dans un sens et dans des proportions qui peuvent être définis sur un petit intervalle de variation granulométrique. Ceci postule bien sûr qu'aucun constituant nouveau n'apparaisse en dessous de la taille considérée, ce qui doit être impérativement vérifié.

## 7.- ORDINATION EN ESPACE REDUIT

### 7.1.- Généralités

Il nous a paru intéressant de coupler les méthodes classiques de la sédimentologie des fonds meubles aux techniques d'ordination en espace réduit fournies par la statistique multidimensionnelle. En raison de sa puissance et de la nature quantitative de nos données, c'est l'analyse d'inertie en composantes principales, en abrégé "ACP", que nous avons retenu. Comme toutes les autres méthodes d'inertie, l'ACP permet la projection du nuage de points multidimensionnel que représente notre matrice de données initiale dans les quelques plans qui expliquent la plus grande part de la variance totale du nuage multidimensionnel, autrement dit qui offrent la meilleure représentation des points par rapport à leur position réel dans l'espace à n dimensions.

### 7.2.- Démarche adoptée

Toutes les analyses ont été réalisées en mode R, ce qui nous a permis d'examiner les relations entre les variables, de caractériser les composantes principales retenues et enfin, de déterminer la contribution des variables à la position des observations le long des composantes principales.

En premier lieu nous n'avons considéré que des variables de même catégorie afin de dégager les caractéristiques majeures de la structure des fonds meubles abordée sous différents aspects (texture, dynamique et constituants biosédimentaires), puis nous avons regroupé les différents types de variables (texturales, granulométriques, statistiques, constituants bioclastiques, paramètres chimiques ou de situation) afin d'arriver à une caractérisation globale des unités sédimentaires identifiées.

Les techniques d'ordination en espace réduit sont souvent associées à des méthodes de groupement automatique ("clustering") qui permettent de dégager des relations plus fines entre les objets. Cette association des deux techniques n'a pas été jugé nécessaire dans le cadre de cette étude à grande échelle, notre but étant simplement de mettre en évidence les grandes relations d'ensemble, de dégager les principales tendances de la variabilité rencontrée et les grands traits de la structure sédimentologique du lagon.

### 7.3.- Remarques

Selon le but recherché et la nature des données (dimensionnellement homogènes ou non), nous avons travaillé sur la matrice de variance-covariance (données centrées), le barycentre du nuage de points étant alors replacé à l'origine des axes, ou sur la matrice de corrélation (données centrées-réduites), ce qui ôte aux données leur dimension et rééquilibre dans l'analyse les variables les moins bien représentées.

*à son insu*

*→ la répartition par rapport à ces variables homogènes*

La sélection des composantes interprétables a été réalisée à partir de l'examen du pourcentage d'inertie expliquée par chacun des axes, de la comparaison des valeurs propres à leur moyenne (LEGENDRE & LEGENDRE, 1984b) ou enfin par comparaison de la décroissance des valeurs propres de la matrice d'association à celle des valeurs obtenues par le modèle aléatoire du bâton brisé (FRONTIER, 1976).

*par rapport à la matrice de variance-covariance*

Sans entrer dans le détail, nous précisons que dans le programme utilisé (qui a été conçu par P. CHARDY, IFREMER), les vecteurs propres ne sont pas normés à l'unité mais à la longueur de leur écart-type. Cette façon de normer les vecteurs propres ne préserve pas les relations de distance euclidienne entre les objets et l'interprétation doit être abordée en termes de distance angulaire. Par ailleurs, les angles que forment, dans le plan réduit, les vecteurs-variables, entre eux ou avec les composantes principales, sont alors proportionnels à leur covariance; de la même façon, la longueur de leur projection est une mesure de leur contribution à la formation de l'axe ou du plan considéré. L'interprétation des résultats est donc basée, dans les plans réduits retenus, sur l'examen d'une part, des angles existant entre les vecteurs-variables et entre les vecteurs-variables et les composantes principales et d'autre part, sur la projection des vecteurs-variables sur les axes principaux; la longueur de ces projections est comparée aux valeurs des contributions équilibrées calculées pour chaque variable ( $\sigma_{n-1}\sqrt{2/n}$ ).

*dépend de l'optims*

Nous signalerons enfin que cette façon de normer les vecteurs propres à la longueur de leur écart-type ne permet pas, d'après LEGENDRE & LEGENDRE (1984b), la réalisation de dou-

bles projections. L'ordination des observations dans les espaces réduits se fera donc à partir de la distribution des variables qui traduit leur contribution, positive ou négative, à la position des observations le long des composantes principales.

Pour plus de détails concernant les calculs, l'interprétation des résultats, les limites de l'analyse et les différents concepts de son utilisation, nous renvoyons, entre autres, à CHARDY *et al.* (1976), LAUREC *et al.* (1979) ou LEGENDRE & LEGENDRE (1984b).

**CHAPITRE 3**

---

**TEXTURE, GRANULOMETRIE, FRACTION TERRIGENE**

**ET COULEUR DES SEDIMENTS**

TABLE DES MATIERES  
DU  
CHAPITRE 3

	Pages
<b>1.- CARACTERISTIQUES TEXTURALES D'ENSEMBLE DES SEDIMENTS</b> .....	66
1.1.- Variations texturales mises en évidence par les histogrammes de fractions .....	66
1.1.1.- Distribution des sédiments selon la fraction dominante .....	66
1.1.2.- Identification des populations granulométriques .....	69
1.2.- Classification des sédiments d'après les types sédimentaires .....	73
1.3.- Etude globale des variations texturales par l'ACP .....	76
<b>2.- INDICES GRANULOMETRIQUES ET DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE</b> .....	82
2.1.- Granulométrie des sédiments .....	82
2.1.1.- Répartition des sédiments d'après les valeurs de la taille moyenne ( $Mz$ ) .....	82
2.1.2.- Répartition des sédiments d'après les valeurs de la médiane ( $Md_{\phi}$ ) .....	87
2.2.- Appréciation des zones d'énergie par les valeurs de l'asymétrie ( $Ski$ ) .....	90
2.3.- Appréciation de l'hétérogénéité des sédiments par les indices de dispersion .....	93
2.3.1.- Etalement dimensionnel des sédiments ( $Gt$ ) .....	93
2.3.2.- Répartition des sédiments selon les valeurs du classement ( $D_{\phi}$ ) .....	94
2.3.3.- Répartition des sédiments selon les valeurs du triage ( $\sigma_i$ ) .....	98
2.4.- Appréciation des effets hydrodynamiques sur le fond par les valeurs de la normalité ( $Kg$ ) .....	101
2.5.- Confrontation des indices granulométriques .....	104
<b>3.- ENVASEMENT ET SEDIMENTATION TERRIGENE</b> .....	111
3.1.- Répartition des sédiments selon leur teneur en vase .....	111
3.2.- Teneur en carbonate de la fraction fine et relation avec les apports terrigènes .....	119
<b>4.- COULEUR DES SEDIMENTS ET RELATION AVEC LES APPORTS TERRIGENES</b> .....	126
4.1.- Distribution de la couleur des sédiments .....	126
4.2.- Relation de la couleur avec les autres paramètres .....	130
4.3.- Origine de la couleur des sédiments .....	132
<b>5.- SYNTHESE ET CONCLUSIONS A L'ETUDE GRANULOMETRIQUE ET TEXTURALE</b> .....	135

## **1.- CARACTERISTIQUES TEXTURALES D'ENSEMBLE DES SEDIMENTS**

### **1.1.- Variations texturales mises en évidence par les histogrammes de fractions**

#### **1.1.1.- Distribution des sédiments selon la fraction dominante**

Cette classification est déterminée par la catégorie des particules qui constituent la fraction la plus abondante de chaque échantillon. Son utilisation implique de se référer à une échelle de classes de tailles, telle que celle proposée par WEYDERT (1971, 1976) qui a été utilisée ici.

L'examen des histogrammes portés en annexe (annexe 2) montre que la fraction dominante des distributions granulométriques peut se rencontrer dans toutes les catégories de tailles - ou fractions théoriques - depuis les graviers jusqu'aux vases. La figure 19, établie à partir de nos 206 prélèvements, permet de constater que sur l'ensemble du lagon les tailles de grains les mieux représentées se situent surtout dans les vases (35% des échantillons), les sables très fins (33%) et les sables moyens (19,9%); il est beaucoup plus rare qu'elles soient situées dans la gamme des graviers (5,3% ), des sables fins (4,4%) ou des sables grossiers (2,4%).

Nous constatons donc que les sédiments à fraction dominante relativement fine (< 0,25 mm) sont largement prépondérants (68% des cas) par rapport aux sédiments à fraction dominante relativement grossière (> 1 mm) qui ne représentent que 7,7% des prélèvements. Ces chiffres traduisent pour l'ensemble du lagon, un hydrodynamisme général peu actif et un milieu plutôt favorable à la décantation.

La répartition des sédiments en fonction de leur fraction dominante est présentée à la figure 20. Dans la moitié nord du lagon, la fraction fine - ou vase - est prépondérante dans les sédiments qui occupent la région centrale de la plaine lagonaire. A hauteur des passes, nous observons des sédiments où domine la fraction graveleuse auxquels succède, vers l'intérieur du la-

gon, une auréole de sédiments à sables moyens dominants. Les sédiments à sables fins prépondérants se localisent aux abords des passes et sur les hauts-fonds tandis que ceux qui présentent leur mode principal dans les sables très fins occupent le reste du lagon, dont une bonne partie de la pente interne (en dehors des zones de passes). Dans la moitié sud du lagon, nous observons une disposition similaire quoique perturbée par la présence de l'archipel des Bélep et de l'extrémité de la Grande Terre. Autour de l'archipel nous observons une bande de sédiments à sables moyens dominants, tandis que l'extrémité de la Grande Terre (zone côtière) est entourée de sédiments essentiellement vaseux - au niveau de la baie Banaré et dans le prolongement de l'embouchure du Diahot - et des rares sédiments à fraction dominante dans les sables grossiers (périphérie de l'île Paaba). Entre l'archipel des Bélep et les deux récifs barrières nous retrouvons, à quelques variations près l'organisation décrite pour la moitié nord du lagon.

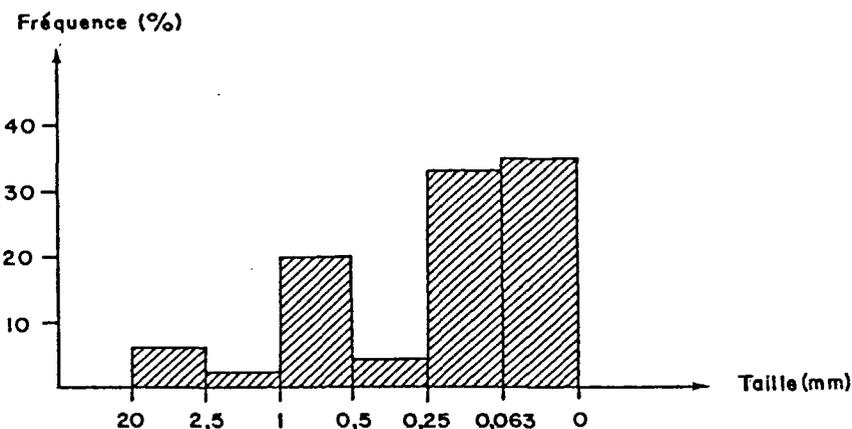


Figure 19.- Distribution de fréquence de la fraction dominante sur l'ensemble du lagon (n = 206).

La répartition de la fraction dominante paraît être directement liée à un hydrodynamisme plus ou moins indépendant de la bathymétrie : dans les parties les plus centrales du lagon, c'est à dire suffisamment éloignées de la barrière récifale externe, des passes, des îles hautes ou des récifs internes isolés, le faible hydrodynamisme autorise le dépôt des particules les plus fines (< 0,063 mm); à la périphérie de ces zones, l'importance moindre de la fraction fine provoque un déplacement du mode vers les sables fins; au niveau des reliefs - c'est à dire de la barrière récifale externe, de récifs isolés, de hauts-fonds et d'îles hautes - qui provoquent probablement une accélération des courants de fonds, la fraction dominante se déplace vers les sables moyens tandis qu'à hauteur des passes, le fort hydrodynamisme ne permet pas le dépôt des particules fines, seules restant en place les fractions les plus grossières du sédiment (quand il ne s'agit pas de fonds durs).

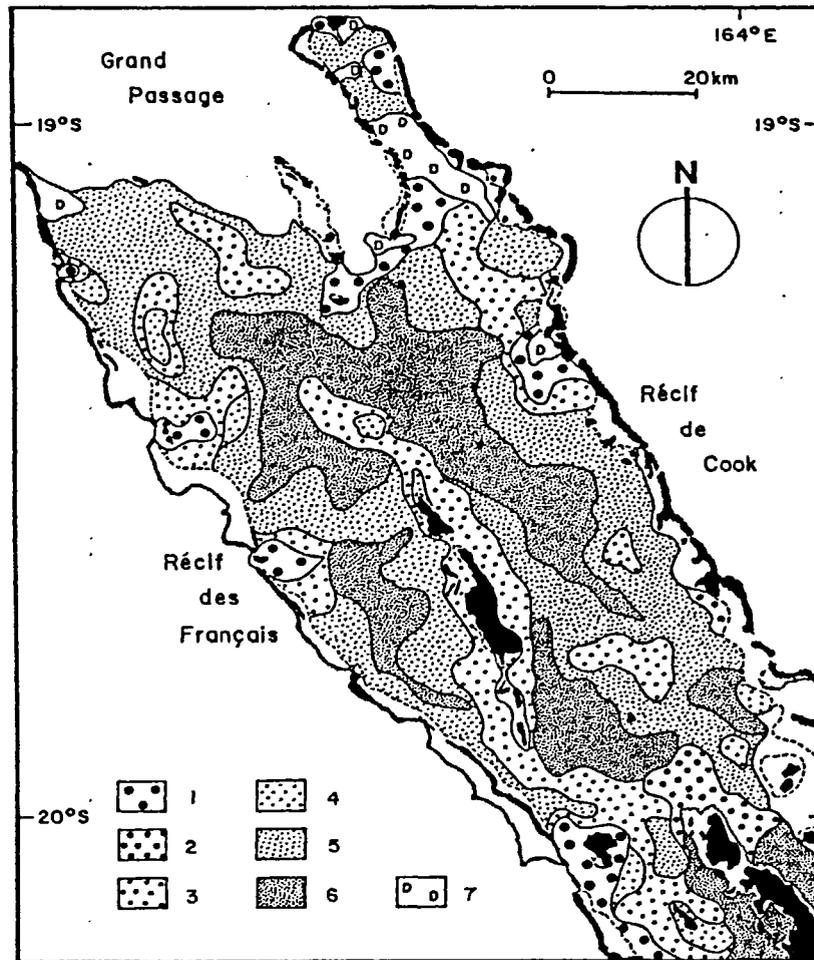


Figure 20.- Carte de répartition de la fraction dominante (1 : fraction dominante dans les graviers; 2 : dans les sables grossiers; 3 : dans les sables moyens; 4 : dans les sables fins; 5 : dans les sables très fins; 6 : dans les vases; 7 : fonds durs).

Ce schéma de fonctionnement implique toutefois d'assimiler les différents stocks granulométriques à des groupes *dynamiques* : seule la fraction grossière plus ou moins graveleuse ou les sables grossiers seraient en place, les autres fractions étant déplacées suivant un gradient hydrodynamique; les zones de production seraient alors exclusivement localisées à la périphérie du lagon ce qui est fort improbable. Il s'agit plutôt de groupes *génétiques*, c'est à dire produits en même temps par des organismes différents, ou de groupes *historiques*, produits à des moments différents mais mélangés au cours du temps.

Nous allons voir que l'identification des différentes populations granulométriques nous permet d'interpréter de façon plus détaillée les variations texturales rencontrées à travers le lagon.

### 1.1.2.- Identification des populations granulométriques

Le regroupement des histogrammes de fractions (annexe 2) de façon à identifier les différentes populations en fonction des modes rencontrés, permet de préciser certaines des incertitudes soulevées précédemment. Nous avons classé tout d'abord les échantillons à partir d'une caractéristique majeure, l'*unimodalité* ou la *bimodalité* des distributions qui permettent théoriquement et entre autres interprétations, de distinguer les populations primaires (élaboration de sédiments) ou secondaires (mélange de deux populations). Par la suite nous avons opéré des regroupements (fig. 21) afin d'explicitier l'évolution des caractéristiques texturales à travers le lagon.

#### *Sédiments à distributions unimodales*

Au sein des sédiments à distributions unimodales apparaissent quatre populations distinctes selon les valeurs du mode rencontrées : 0,5 mm (1  $\phi$ ), 0,25 mm (2  $\phi$ ), 0,063 mm (3,98  $\phi$ ) et moins de 0,063 mm.

La population unimodale principale (environ 13% de la totalité des prélèvements) est représentée par les sédiments dont le mode est égal à 0,063 mm (sables très fins); elle se rencontre le plus souvent au niveau de la pente interne (et surtout le long de la barrière orientale), dans la partie centrale du diverticule nord-est, ou encore sous le vent de l'archipel des Bélep (fig. 21).

Les populations de sédiments ayant un mode à 0,5 mm (sables moyens) ou inférieur à 0,063 mm (vases) ont une importance sensiblement équivalente puisqu'elles représentent respectivement 8,3 et 8,7% des échantillons. La première se rencontre, comme la population principale, le long de la pente interne mais dans les zones qui semblent soumises à l'influence des passes; la seconde se trouve dans les parties centrales de la moitié nord du lagon, au centre de la région comprise entre l'archipel des Bélep et le récif des Français, ainsi qu'à proximité de la Grande Terre.

Enfin, la population des sédiments ayant un mode égal à 0,25 mm (sables fins) est la moins fréquente (4,4% des échantillons); elle se localise au niveau des hauts-fonds, des îles hautes et à la périphérie de certaines passes.

Nous remarquerons qu'à l'exception de la population dont le mode unique se positionne dans les vases, toutes les populations unimodales restent en général localisées à la périphérie du lagon et près des reliefs (îles, récifs ou hauts-fonds). Signalons à titre anecdotique trois échantillons particuliers dont l'un présente un mode à 2,5 mm, c'est à dire dans les graviers (n°170), et

les deux autres un mode à 1 mm, c'est à dire dans les sables grossiers (n°6 et 185); seuls deux d'entre eux (n°170 et 185) sont localisés près d'une passe ou d'un récif, le troisième (n°6) étant situé dans l'axe de la pointe nord de l'île Paaba.

### *Sédiments à distributions bimodales*

Parmi les sédiments à distributions bimodales nous avons pu identifier six populations différentes : deux d'entre elles ont en commun de présenter un premier mode à 0,5 mm, le second étant égal ou inférieur à 0,063 mm (respectivement, populations Sm/Stf et Sm/Va); trois autres populations présentent un mode à 2,5 mm et un deuxième mode à 0,5 mm, à 0,063 mm ou inférieur à 0,063 mm (respectivement, populations Gv/Sm, Gv/Stf et Gv/Va); la dernière population bimodale identifiée a son premier mode égal à 1 mm, le second étant inférieur à 0,063 mm (population Sg/Va).

Les deux premières populations (Sm/Stf et Sm/Va) sont de loin les plus importantes puisqu'elles représentent, à parts sensiblement égales, plus de 50% des échantillons. La première (Sm/Stf), se rencontre dans les parties centrales de la moitié nord du lagon lorsqu'est absente la population unimodale des vases (fig. 21); dans la moitié sud du lagon, elle se rencontre au centre des zones comprises entre l'archipel des Bélep, les deux barrières (récif des Français, récif de Cook) et l'extrémité de la Grande Terre; la seconde (population bimodale Sm/Stf), se rencontre à la périphérie des zones occupées par la première, c'est à dire schématiquement entre les parties centrales du lagon et la pente interne d'arrière récif.

Les trois populations suivantes (Gv/Sm, Gv/Stf, Gv/Va) n'ont pas été représentées séparément sur la figure 21, la position du second mode n'apportant pas de renseignement particulier<sup>1</sup>. Ces trois populations bimodales, qui présentent donc un mode à 2,5 mm (9,7% des prélèvements), sont exclusivement localisées à la périphérie du lagon, c'est à dire le long de la pente interne, près de la barrière mais surtout à proximité des passes (passe de Yandé, passe du d'Estreées, zone ouverte sur le Grand Passage et diverticule nord-est); nous les rencontrons aussi près de la Grande Terre, au niveau de la baie Banaré et dans le prolongement de l'embouchure du Diahot.

La dernière population (Sg/Va), qui présente un premier mode à 1 mm et un deuxième

---

1. Nous signalerons toutefois que le mode dans les vases n'est présent que dans la moitié sud du lagon, plus précisément près de la Grande Terre et de l'archipel des Bélep et qu'il n'est dominant par rapport au mode dans les graviers que dans deux cas sur six (stations les plus proches de la Grande Terre); il s'agit alors de sédiments grossiers envasés par une fraction fine dont l'origine est en partie continentale; dans la moitié nord du lagon, le deuxième mode le plus fréquent se positionne dans les sables très fins.

mode inférieur à 0,063 mm (2% des échantillons), est uniquement localisée à proximité de la Grande Terre (côté au vent et nord de l'île Paaba).

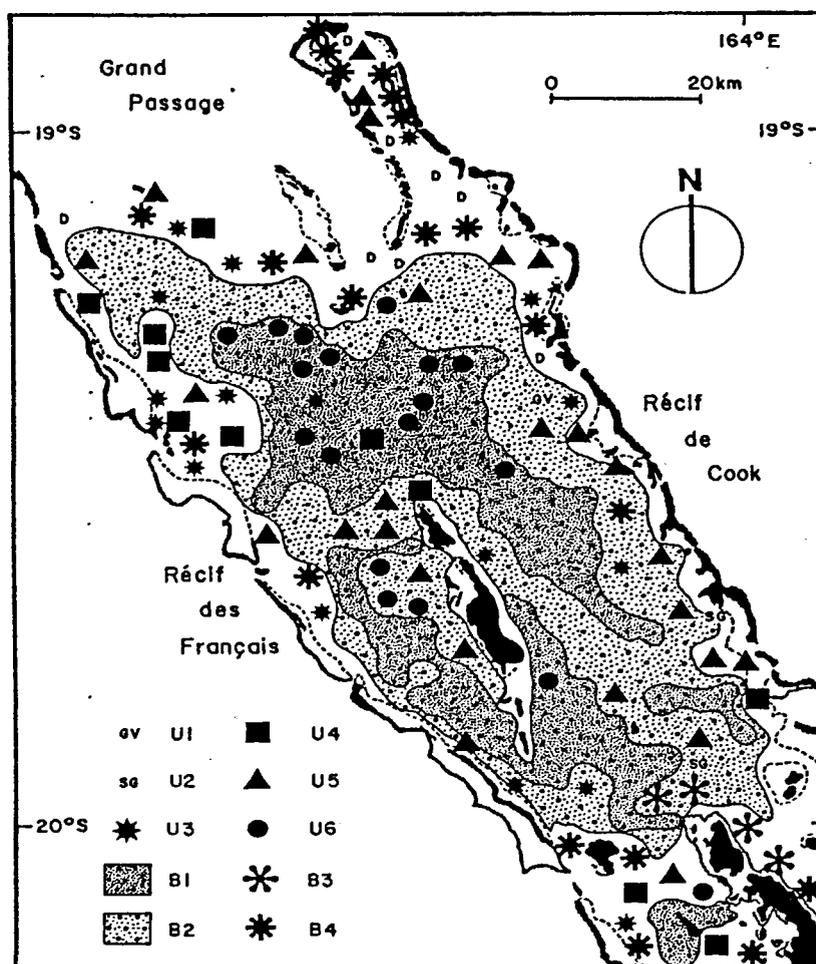


Figure 21.- Carte de répartition des populations granulométriques. Populations unimodales : U<sub>1</sub>, mode dans les graviers; U<sub>2</sub>, dans les sables grossiers; U<sub>3</sub>, dans les sables moyens; U<sub>4</sub>, dans les sables fins; U<sub>5</sub>, dans les sables très fins; U<sub>6</sub>, dans les vases. Populations bimodales : B<sub>1</sub>, modes dans les sables moyens et les vases; B<sub>2</sub>, dans les sables moyens et les sables très fins; B<sub>3</sub>, dans les sables grossiers et les vases; B<sub>4</sub>, un des modes dans les graviers; (D : fonds durs).

En résumé, nous pouvons dire que les fonds du lagon libres de la présence de hauts-fonds et de toute influence récifale ou insulaire, sont occupés par des sédiments bimodaux dont le premier mode est situé dans les sables moyens et le deuxième dans les sables très fins ou les vases. Ces sédiments sont à tendance plutôt fine puisque le second mode (Stf ou Va) est dominant dans 78% des cas. Les sédiments dont le deuxième mode se situe dans les sables très fins tendent à se placer à la périphérie de ceux dont le deuxième mode se positionne dans les vases. Localement nous rencontrons dans cette zone des vases presque pures. L'ensemble de ces sédiments occupent la majeure partie de la plaine du lagon. Le long de la barrière récifale et plus

particulièrement de la barrière orientale (récif de Cook), la pente interne est constituée de sédiments unimodaux à mode dans les sables très fins. A hauteur des passes nous rencontrons des sédiments qui ont un mode dans les sables fins, puis ce mode se déplace vers les sables moyens et dans l'axe des passes ce sont essentiellement des sédiments bimodaux dont l'un des modes se situe dans les graviers qui sont les plus fréquents (le deuxième mode se plaçant indifféremment dans les sables moyens ou les sables fins). La partie sous le vent de l'archipel des Bélep présente la même organisation que la pente interne du récif barrière oriental. Près de l'extrémité nord de la Grande Terre nous trouvons à peu près tous les types de sédiments mais la population des sédiments bimodaux à modes dans les sables grossiers et les vases semble endémique à cette partie du lagon.

Cette organisation se simplifie considérablement si nous séparons la fraction fine de la fraction sableuse des sédiments : des sables fins unimodaux se substituent alors aux vases unimodales et dans le cas des populations bimodales à second mode dans les vases, nous obtenons d'une part, un déplacement de ce second mode vers les sables très fins - exception faite de quelques stations toutes situées à proximité d'un relief et pour lesquelles le second mode se déplace alors dans les sables moyens - et d'autre part, l'apparition d'une population unimodale dans le premier mode.

Le nouveau schéma d'organisation est alors le suivant : à hauteur des passes, des hauts-fonds et des reliefs (îles hautes et récifs internes) se localisent des sédiments unimodaux dans les graviers ou les sables moyens, tandis que les fonds de la pente interne et des parties les plus centrales du lagon sont occupés par des sédiments unimodaux à mode dans les sables très fins; entre les deux, c'est à dire sur la grande majorité des fonds, se développe la population bimodale des sables moyens et très fins, résultat probable d'un mélange à des degrés divers entre les populations primaires du centre et celles de la périphérie.

A ce schéma théorique global vient donc se superposer la distribution au gré des courants d'une fraction fine à laquelle nous voyons deux origines possibles :

- une fraction fine d'origine continentale, véhiculée par le Diahot ou le ruissellement des eaux de pluies le long des versants de la Grande Terre, des îles hautes et de l'archipel des Bélep (cf. § 3 du présent chapitre);
- une fraction fine d'origine purement carbonatée produite au niveau de la barrière et lessivée par les courants ou plus simplement, produite *in situ* dans les aires de basse énergie et donc autochtone, comme l'ont observé récemment ADJAS *et al.* (1989) dans les atolls de

Mataïva ou de Takapoto.

Cette fraction fine, qu'elle soit autochtone ou allochtone, vient donc s'ajouter au sédiment en place et entraîne l'apparition de sous-familles par un déplacement du mode vers les particules fines au fur et à mesure de l'augmentation de la teneur en vase. Ce modèle demande bien sûr à être confirmé par l'utilisation des indices granulométriques et l'étude détaillée de la fraction pélitique (voir § 2 & 3).

Les caractères granulométriques du Lagon Nord sont donc plus complexes que ceux observés dans le sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie où DEBENAY (1985a, 1985b et 1987b) a reconnu trois populations sédimentaires : la première, de mode égal à 0,5 mm (1  $\phi$ ), qui a une vaste répartition; la seconde, dont le mode est égal à 0,063 mm (3,98  $\phi$ ) occupe les baies et s'étend dans les vallées sous-marines; la troisième (mode = 0,125 mm = 3  $\phi$ ) s'étend à l'arrière du récif barrière et au plateau corallien.

Dans le paragraphe suivant nous avons tenté de synthétiser les caractéristiques texturales d'ensemble des sédiments par l'utilisation des *types sédimentaires*.

### 1.2.- Classification des sédiments d'après les types sédimentaires

La classification en types sédimentaires repose sur une typologie texturo-granulométrique binaire (WEYDERT, 1971, 1973, 1976 *in* EHN, 1987) dont un résumé synoptique est présenté au tableau 3.

Tableau 3.- Limites des classes dimensionnelles des tailles de grains et des types sédimentaires.

Limites ( $\phi$ )	-4,32	-1,32	0	1	2	3,98
Types	(GV)	(SG)	(SM)	(SF)	(STF)	(VA)
GRAVELO-SABLEUX	≥ 50%					
SABLE GRAVELEUX	10-50%					
SABLE GROSSIER		(SG+SM)% > (SF+STF)%				
SABLE FIN		(SF+STF)% > (SG+SM)%				
SABLE TRES FIN					≥ 50%	
SABLE VASEUX						10-50%
VASO-SABLEUX						≥ 50%

C'est une méthode intéressante à l'usage des écologistes car elle permet de s'affranchir du tracé des courbes cumulatives et du calcul fastidieux des indices granulométriques. Les résultats obtenus (fig. 22) montrent par ailleurs que la classification en types sédimentaires peut remplacer, de façon acceptable, l'étude empirique des distributions granulométriques et de leurs modes.

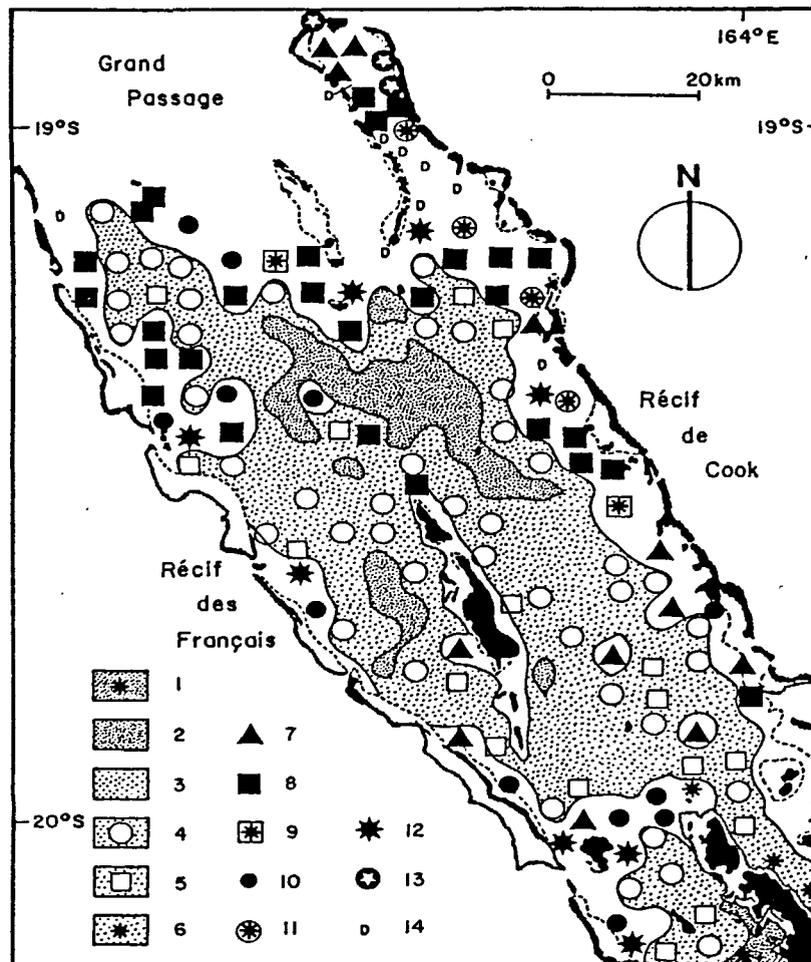


Figure 22.- Carte de répartition des types sédimentaires (1 : vaso-sableux graveleux; 2 : vaso-sableux; 3 : sable vaseux; 4 : sable fin vaseux; 5 : sable grossier vaseux; 6 : sable vaseux graveleux; 7 : sable très fin; 8 : sable fin; 9 : sable fin graveleux; 10 : sable grossier; 11 : sable grossier graveleux; 12 : sable graveleux; 13 : gravelo-sableux; 14 : fonds durs).

La plaine du lagon nous apparaît essentiellement occupée par des sédiments du type sablo-vaseux. Dans les aires internes - zone centrale de la plaine nord et centre de la région comprise entre l'archipel des Bélep et le récif des Français - la proportion de vase devenant encore plus importante, les sables vaseux laissent la place à des sédiments du type vaso-sableux.

A la périphérie de la plaine et plus précisément, autour de l'archipel des Bélep, au pied de la pente interne, aux abords des hauts-fonds et de la Grande Terre ainsi que vers les extrémités nord-est et sud-est du lagon, l'apparition d'une composante granulométrique dans les sables fins et grossiers donne des sables vaseux plus complexes du type sables fins vaseux ou sables grossiers vaseux; ils représentent la transition vers les fonds les plus proches de la barrière pour lesquels cette composante granulométrique devient prépondérante par rapport à la fraction vaseuse et donne naissance à des sédiments du type sables fins ou parfois sables grossiers.

Aux abords des passes nous voyons apparaître, en sus des sédiments du type sables grossiers, une composante dans les graviers qui donne des sédiments du type sables fins graveleux ou sables grossiers graveleux. Ce type de sédiment annonce la transition vers les sédiments du type sables graveleux, qui sont franchement caractéristiques de l'axe des passes. Nous remarquerons l'extension importante, à partir de la passe de Yandé jusqu'à la pointe de l'île Paaba, de sédiments du type sables grossiers, sables grossiers graveleux ou sables graveleux, qui traduit probablement la présence de courants importants dans cette zone. Nous signalerons aussi les sédiments du type gravelo-sableux qui n'existent qu'à hauteur des passes du diverticule nord-est; ils sont très peu fréquents ( $\approx 1,5\%$  des prélèvements) et représentent les sédiments les plus grossiers rencontrés dans le lagons.

Dans la baie Banaré et dans le prolongement de l'embouchure du Diahot, une composante encore plus grossière - située dans les graviers - vient s'ajouter à la teneur en vase importante : de ce fait nous y trouvons des sédiments particulièrement hétérogènes du type sablo-vaseux graveleux ou vaso-sableux graveleux.

Les sédiments du type sables très fins apparaissent "ubiquistes" puisqu'ils se rencontrent un peu partout dans le lagon : près de la barrière, près de l'archipel des Bélep, au centre de la plaine aussi bien que dans le diverticule nord-est. Il est par conséquent difficile de les associer à un type de fond particulier mais ils restent peu représentatifs ne réunissant que 5,8% de nos échantillons.

L'extension plus importante des sables vaseux vers les zones périphériques dans la moitié sud du lagon, que nous attribuons à la proximité de la Grande Terre et des îles hautes à caractère continental (Paaba, Néba, Yandé et archipel des Bélep), entraîne une différence notable dans l'organisation de la structure périphérique des moitiés nord et sud : les sédiments du type sables fins dominant largement sur la pente interne de la moitié nord alors qu'ils sont pratiquement inexistant le long de la barrière dans la moitié sud où ils sont remplacés par des sédiments du type sables très fins ou sables grossiers. Dans cette moitié sud, la zone de transition décrite pré-

cédemment est donc très réduite ou inexistante.

La répartition des types sédimentaires tend à montrer qu'il existe deux pôles à la production de particules grossières : le premier, situé à la périphérie du lagon est constitué par la barrière récifale surtout à hauteur des passes, le deuxième, qui provient des régions centrales du lagon est représenté par l'archipel des Bélep, les îles hautes, les hauts-fonds et les rares récifs internes. Cette observation est confortée par le fait qu'au sein des sédiments de la plaine du lagon proprement dite, la fraction supérieure à 2,5 mm ne dépasse jamais 1 à 2%. Cette hypothèse, par ailleurs logique, ne pourra cependant être vérifiée que par l'étude de la composition bioclastique des sédiments.

### 1.3.- Etude globale des variations texturales par l'ACP

↑ % profondeur

Cette première analyse d'inertie a été menée sur les variables texturales (pourcentages pondéraux de chacune des 7 fractions granulométriques étudiées) pour la totalité des échantillons, autrement dit sur une matrice d'association de 206 observations décrites par sept variables. Un paramètre de situation, la profondeur, a été introduit en variable supplémentaire. Les données ayant simplement été centrées, nous nous trouvons dans le cas d'une analyse en mode R sur une matrice de variance-covariance.

Les valeurs propres et les pourcentages d'inertie expliquée montrent que seules les trois premières composantes méritent d'être retenues. Ces trois premiers axes, avec respectivement 54,56%, 27,23% et 12,81%, représentent 94,61% de la variance totale du nuage de points multidimensionnel. Nous résumerons donc nos données par les trois premières composantes principales.

#### . Organisation texturale du lagon (*représentation des variables*)

La projection des variables dans les espaces réduits 1-3 et 2-3 (fig. 23a<sub>1</sub> & 23a<sub>2</sub>) et l'examen des contributions équilibrées montrent que la variable VA (pourcentage de vase) contribue fortement à la formation de l'axe 1 et la variable STF (sables très fins) à celle de l'axe 2; la variable GV (graviers) contribue négativement, pour sa part à la formation du troisième axe; les variables SG, SM et SF (sables grossiers, moyens et fins) se projettent vers le pôle négatif de l'axe 1, s'opposant ainsi à la variable VA, mais contribuent peu à la formation de ce premier axe; enfin, la variable GT (galets) ne participe pour ainsi dire pas à la structure (elle se projette invariablement à proximité de l'origine des axes et la longueur de sa projection successive sur chacun

des axes, c'est à dire sa contribution relative, ne dépasse jamais sa contribution équilibrée). La position de la variable supplémentaire Pro (profondeur), peu excentrée, n'apporte pas d'information intéressante.

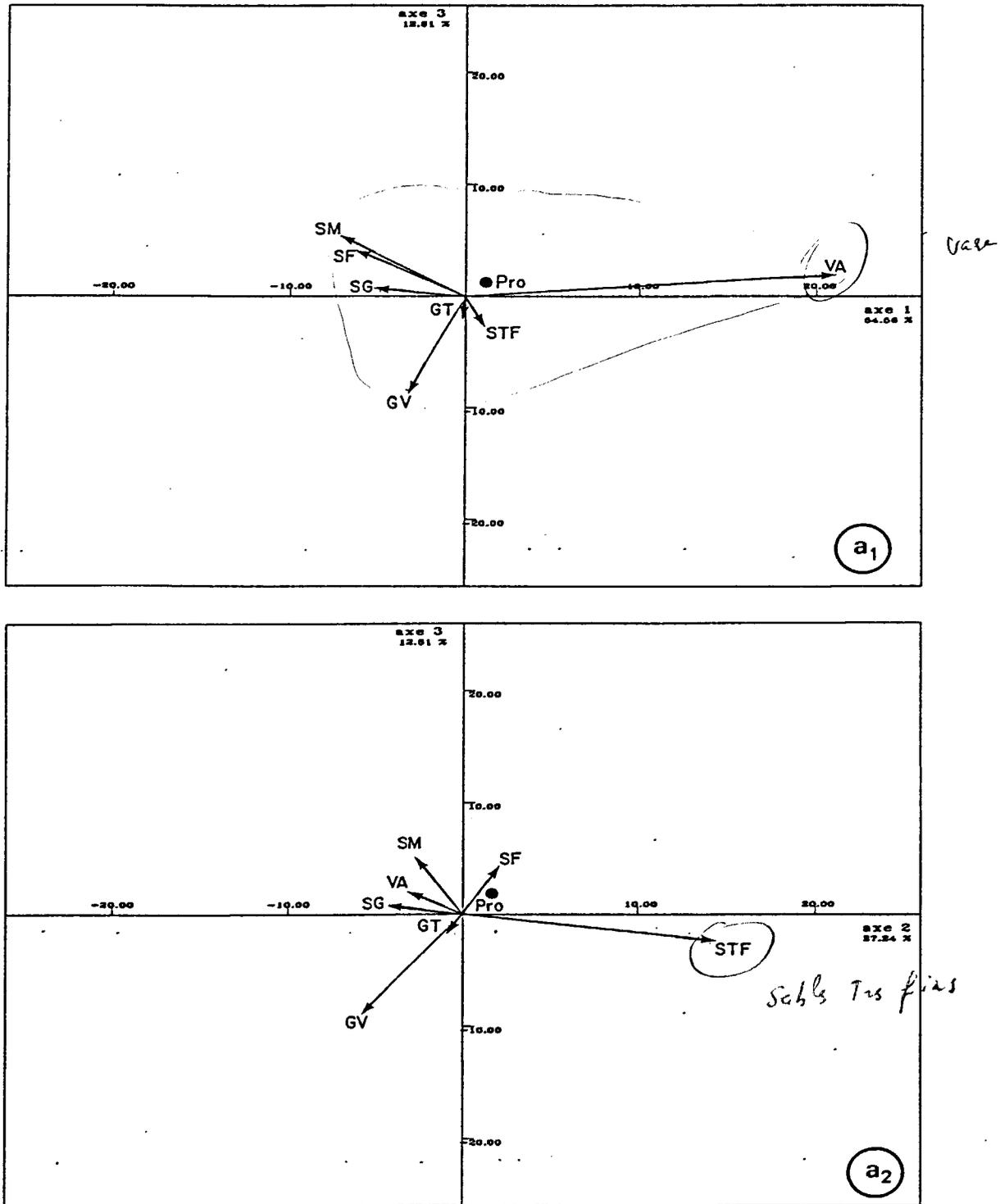


Figure 23a.- ACP sur les variables texturales des sédiments. Projection des variables. a<sub>1</sub> : projection dans le plan 1-3; a<sub>2</sub> : projection dans le plan 2-3 (GT, GV, SG, SM, SF, STF et VA : pourcentages de galets, graviers, sables grossiers, sables moyens, sables fins et vase; Pro : variable supplémentaire Profondeur).

L'essentiel de l'organisation texturale des sédiments du lagon est donc déterminé par les seules fractions GV, STF et VA et la majeure partie de la variabilité rencontrée s'explique par les différences dans la proportion de ces trois fractions au sein des distributions granulométriques de nos échantillons.

**. Ordination des échantillons (*représentation des observations*)**

La distribution des variables dans les espaces réduits détermine leur contribution, positive ou négative, à la position des observations le long des composantes principales. Nous pouvons donc interpréter la distribution des échantillons dans les deux plans considérés.

Les figures 23b<sub>1</sub> et 23b<sub>2</sub> présentent respectivement la projection des observations dans les plans 1-3 et 2-3. Nous remarquons qu'il n'apparaît aucun groupe d'échantillons bien individualisé, ce qui montre l'absence de discontinuité dans l'organisation texturale du lagon.

Les échantillons se répartissent suivant trois pôles principaux en fonction de leur teneur en vase (le long de la première composante), de leur teneur en graviers (le long de l'axe 2) et de leur teneur en sables très fins (le long de l'axe 3). Ainsi, les échantillons qui se projettent vers le côté positif de la première composante s'écartent de la moyenne par des fortes valeurs de la variable VA ce qui va de paire avec des valeurs inférieures à la moyenne des variables SG, SM et SF.

Nous avons ainsi pu ordonner nos échantillons en trois populations majeures représentatives des situations extrêmes rencontrées dans le lagon :

- la population I, qui montre une affinité marquée avec le côté positif de l'axe 1 et dont tous les éléments présentent un mode inférieur à 0,063 mm et une teneur en vase supérieure à 40% (fig. 23b<sub>1</sub>);
- la population II, qui se projette vers le pôle positif de l'axe 2, regroupe les échantillons ayant un mode entre 0,25 et 0,063 mm et dont la teneur en sable très fin dépasse 40% (fig. 23b<sub>2</sub>);
- la population III, qui présente une affinité pour le pôle négatif de l'axe 3, réunit les observations positionnées le long de la bissectrice du 3<sup>ème</sup> cadran (côtés négatifs des axes 2 et 3); tous ses éléments ont en commun un mode entre 2,5 et 20 mm et affichent plus de 10% de leur poids dans cette fraction (fig. 23b<sub>2</sub>).

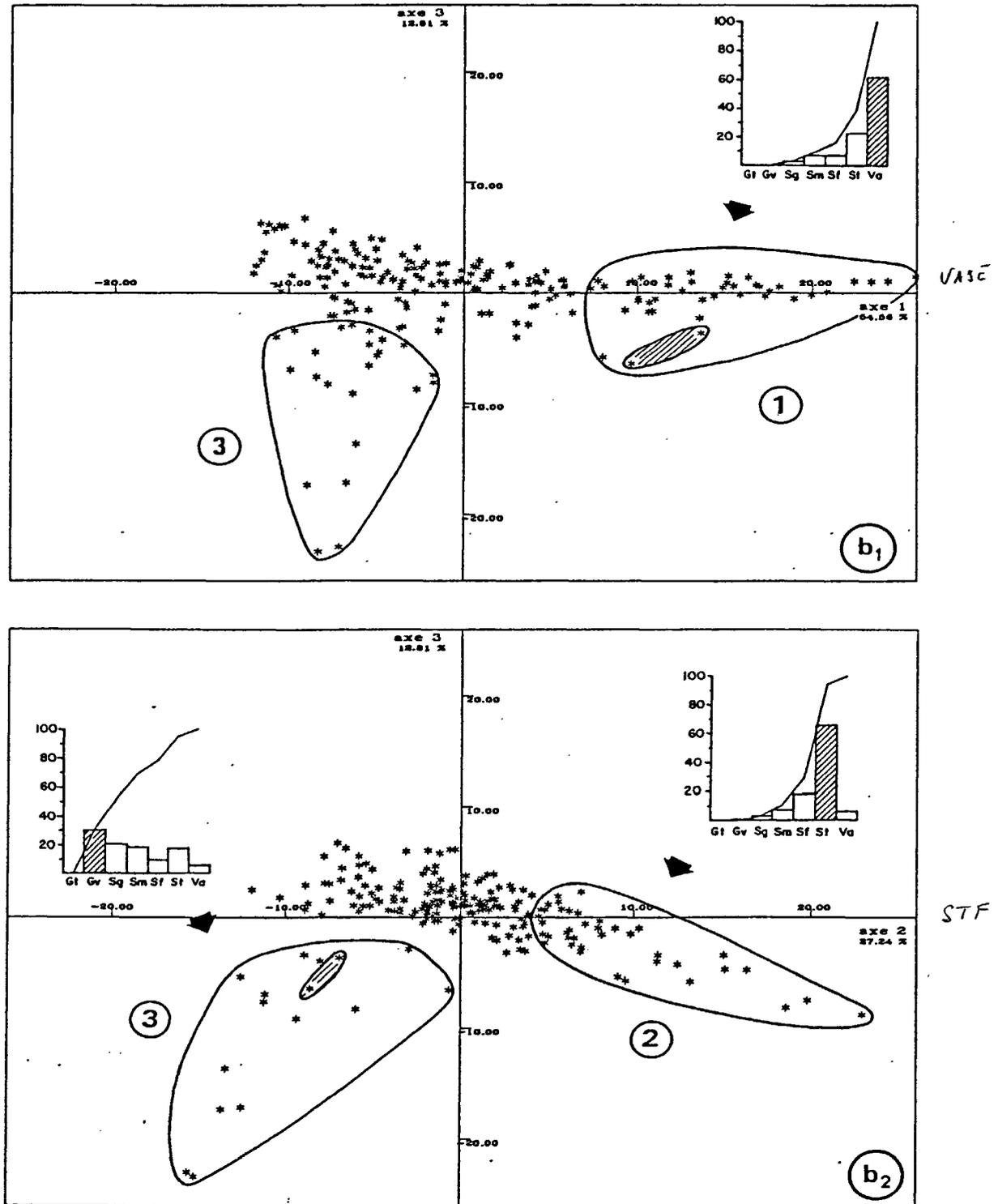


Figure 23b.- ACP sur les variables texturales des sédiments. Projection des observations.  $b_1$  : projection dans le plan 1-3;  $b_2$  : projection dans le plan 2-3. Populations granulométriques identifiées et distributions granulométriques représentatives (histogrammes de fractions et courbes cumulatives) : 1, population I; 2 : population II, 3 : population III (les nuages de point hachurés représentent les échantillons particuliers de la baie Banaré et de l'embouchure du Diahot).

Le reste des échantillons offre une dispersion relativement faible par rapport à l'origine des axes dans les trois plans examinés. Ils sont donc déficitaires en graviers (moins de 10%), en sables très fins (moins de 40%), en fraction fine (moins de 40%) et constitués d'un mélange en proportions variables de sables grossiers, moyens et fins. A l'image des variables qui les caractérisent ils ne participent pas de façon marquée à l'organisation texturale d'ensemble du lagon mais représente en quelque sorte l'interpénétration entre les trois populations majeures.

#### . Répartition des populations identifiées

Le report sur une carte des échantillons en fonction de leur appartenance aux différentes populations identifiées (fig. 24) nous permet d'examiner la distribution de ces populations :

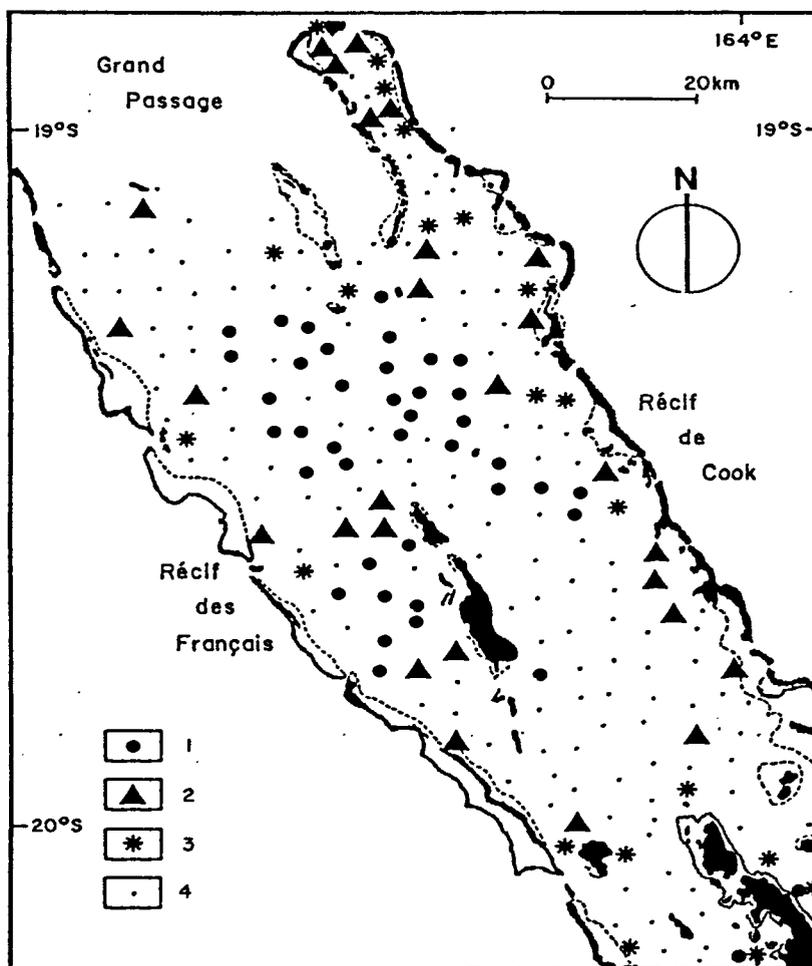


Figure 24.- Localisation des populations d'échantillons définies par l'ACP (1 : population I; 2 : population II; 3 : population III; 4 : autres prélèvements).

- la population I se rencontre au centre de la moitié nord du lagon et sous le vent de l'archipel des Bélep (portion de la plaine située entre les Bélep et le récif des Français);
- la population II se rencontre le plus souvent le long de la barrière récifale externe (et particulièrement le long du récif de Cook) mais aussi aux abords des zones occupées par la population I;
- la population III enfin, qui représente les sédiments à tendance grossière, se localise elle aussi à proximité de la barrière mais elle est plus caractéristique des zones de passes ou de courants; dans la partie sud on la rencontre aussi dans la zone côtière.

Les sédiments qui n'appartiennent à aucune de ces trois populations occupent d'une part les fonds intermédiaires de la plaine nord c'est à dire les zones comprises entre les fonds d'arrière récifs et les aires centrales et d'autre part une grande partie de la plaine sud du lagon qui s'étend entre les Bélep, le récif de Cook et le nord de la Grande Terre. Si l'on se reporte à la surface occupée, ces fonds "atypiques" sont paradoxalement les plus représentatifs du lagon. Les trois populations identifiées ne regroupent en effet que 20% (population I), 14% (population II) et 8% (population III) des échantillons, soit seulement 42% du total des prélèvements.

Nous noterons la présence de deux échantillons particuliers (n°14 et 91)<sup>2</sup> que l'on retrouve à la fois dans les populations I et III; cela s'explique par leur composition très hétérogène (forte teneur en vase et en graviers); ce sont des sédiments du type sablo-vaseux graveleux ou vaseux graveleux rencontrés dans la baie Banaré et dans le prolongement de l'embouchure du Diahot.

L'ACP telle que nous l'avons utilisée ici ne permet pas d'aborder l'étude avec autant de détails que la cartographie utilisée auparavant. Elle nous a cependant permis de cerner très rapidement les grands traits de l'organisation texturale du lagon et de sa variabilité et d'ordonner non moins rapidement nos échantillons en quatre groupes basés sur des caractères texturaux majeurs.

---

2. Signalés en hachures sur les figures 23b<sub>1</sub> & b<sub>2</sub>.

## 2.- INDICES GRANULOMETRIQUES ET DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE

Dans un premier temps les valeurs des indices granulométriques obtenues ont été cartographiées afin d'examiner les grands traits de leur répartition dans le lagon; nous les avons ensuite confrontées deux à deux dans le but de caractériser les différents milieux et les conditions de sédimentation. L'utilisation de la méthode cartographique a été préférée ici aux méthodes d'analyses multivariées car elle permet une interprétation plus détaillée de la distribution des sédiments en faisant appel à des notions difficilement quantifiables et donc délicates à prendre en compte dans une analyse d'inertie (situation géographique, morphologie, topographie, analyse détaillée de la bathymétrie, etc...).

### 2.1.- Granulométrie des sédiments

#### 2.1.1.- Répartition des sédiments d'après les valeurs de la taille moyenne (Mz)

La fréquence des valeurs de la taille moyenne (Mz) montre que celle-ci est comprise, pour la majorité des échantillons, entre 1 et 4  $\phi$  (sables fins et très fins) et varie entre -3,2  $\phi$  pour les sédiments les plus grossiers et 4,5  $\phi$  pour les plus fins (fig. 25a). Les sédiments dont la taille moyenne est inférieure à 0  $\phi$ , c'est à dire les graviers, les sables moyens et les sables grossiers, sont peu fréquents.

Le codage de la taille moyenne en fonction de la classification de WEYDERT (1971, 1976) montre (fig. 25b) que les sables fins et très fins représentent plus de 80% des sédiments du lagon, tandis que les vases et les graviers sont les moins abondants avec respectivement 3% et 2% des prélèvements. Dans l'ensemble, ces résultats s'accordent bien avec ceux exposés précédemment mais nous remarquerons que le principe de calcul de la taille moyenne - qui englobe 68% de la distribution en faisant appel aux fractiles 16% et 84% - diminue l'importance donnée à la fraction fine par rapport à l'emploi de la fraction dominante ou du type sédimentaire.

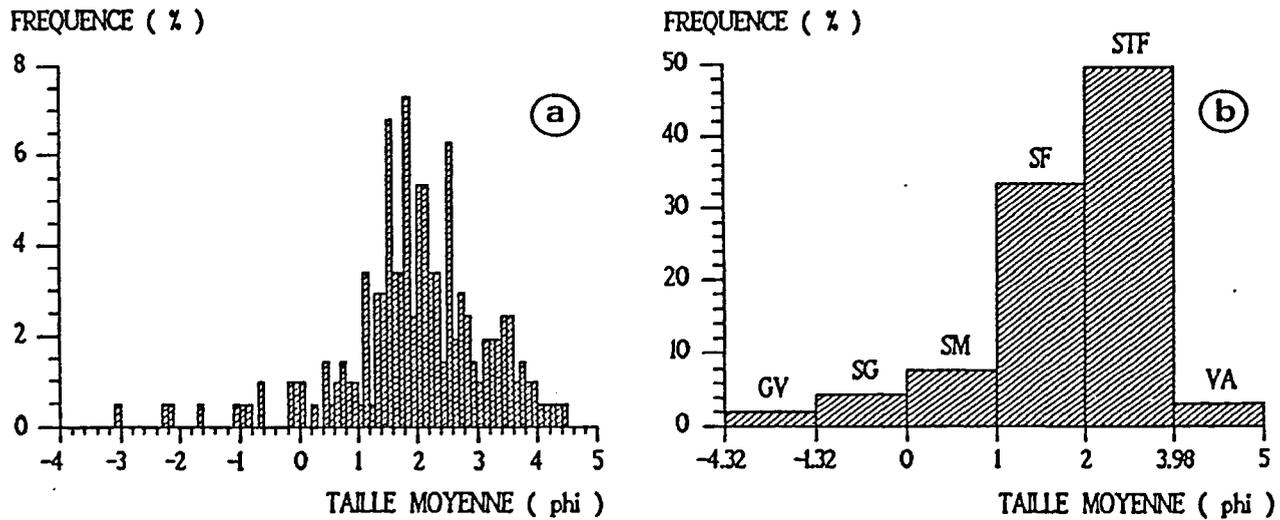


Figure 25.- Fréquence des valeurs de la taille moyenne (Mz); (a) : par intervalles de 0,1  $\phi$ ; (b) : selon les fractions théoriques de WEYDERT (1971, 1976) : GV, graviers; SG, sables grossiers; SM, sables moyens; SF, sables fins; STF, sables très fins; VA, vase.

La répartition des sédiments en fonction de leur taille moyenne est présentée à la figure 26. Les sédiments à tendance grossière, c'est à dire dont la taille moyenne se situe dans les graviers ou les sables grossiers, se rencontrent exclusivement au niveau des passes et les plus grossiers d'entre eux sont surtout localisés dans le diverticule nord-est. Ce diverticule présente d'ailleurs une structure complexe puisqu'on y trouve des sables fins le long de la barrière occidentale, des sables moyens et des graviers le long de la barrière orientale et des sables très fins dans la partie centrale. Les fonds durs y sont importants, témoins d'un hydrodynamisme intense qu'il faut attribuer au grand nombre de passes existantes dans cette partie relativement étroite du lagon (moins de 3 milles au niveau du resserrement).

En dehors du diverticule nord-est, les autres passes présentent une organisation caractéristique avec des sables grossiers dans l'axe de la passe auxquels succèdent, vers l'intérieur du lagon, une frange de sables moyens. Cette structure peut s'expliquer par une baisse de l'intensité des actions hydrodynamiques au fur et à mesure que l'on s'éloigne du milieu de la passe. Nous remarquerons l'extension particulière de cette disposition à hauteur de la passe de Yandé où les sables grossiers et moyens s'étendent loin vers l'intérieur, jusqu'à la pointe nord de l'île Paaba. Ce fait témoigne ici aussi de d'échanges de masses d'eaux importants, donc d'un hydrodynamisme actif dans cette région du lagon.

Hormis ces zones particulières, le lagon est occupé par des sables fins ou très fins. Les sables très fins tendent à se situer préférentiellement dans les parties les plus centrales de la plaine tandis que les sables fins se placent à leur périphérie et le long de la pente interne.

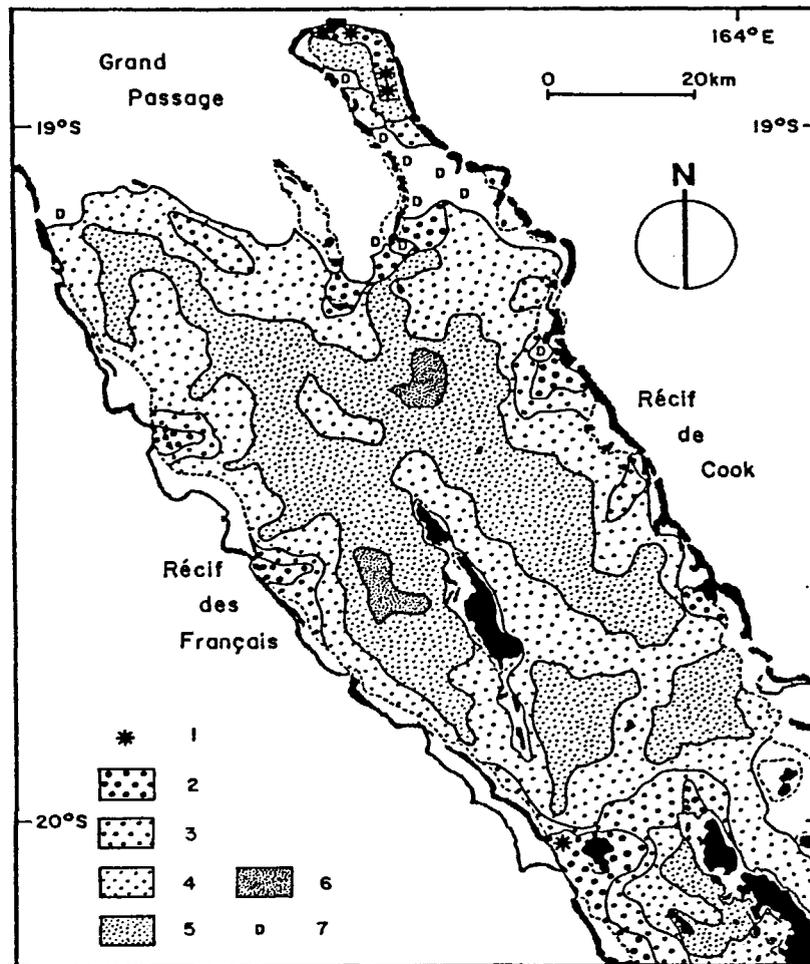


Figure 26.- Carte de répartition des valeurs ( $\phi$ ) de la taille moyenne : 1,  $Mz < -1,32$  (graviers); 2, de  $-1,32$  à 0 (sables grossiers); 3, de 0 à 1 (sables moyens); 4, de 1 à 2 (sables fins); 5, de 2 à 3,98 (sables très fins); 6,  $Mz > 3,98$  (vases); 7, fonds durs.

A l'abord des hauts-fonds, la production locale des particules plus grossières et/ou l'accélération des courants provoquant un lessivage des particules les plus fines, entraînent une augmentation de la granulométrie par rapport au sédiment environnant : les sables fins se substituent alors aux sables très fins (hauts-fonds de la plaine nord) ou les sables moyens aux sables fins (seuil corallien à la frontière avec le Grand Passage). Le même phénomène est observé à hauteur de l'archipel des Bélep qui est bordé par des sables fins, alors que le sédiment environnant est surtout représenté par des sables très fins.

Nous remarquerons enfin la présence de deux petites tâches de sédiments dont la taille moyenne est inférieure à 0,063 mm (vases) : la première est située dans la zone la plus centrale de la moitié nord du lagon et la seconde sur la portion de plaine comprise entre les Bélep et la barrière occidentale (récif des Français).

Cette répartition spatiale de la granulométrie des sédiments dans le Grand Lagon Nord est très comparable à celle décrite pour les sédiments du lagon de Mopélie (GUILCHER *et al.*, 1969) et du lagon de Takapoto (ADJAS, 1988); elle est aussi probablement la même dans le lagon de Mururoa (VILLIERS *et al.*, 1987) si l'on se fie aux valeurs de taille moyenne des sédiments annoncées par les auteurs.<sup>1</sup> Par ailleurs l'augmentation de la granulométrie des sédiments que nous observons à l'approche des régions périphériques et des structures récifales est classique : elle a déjà été souvent décrite en Nouvelle-Calédonie dans le lagon sud-ouest (DEBENAY, 1985a) ou dans le lagon de la côte est (GUILCHER, 1965; CHEVILLON, en préparation [a]), mais aussi sur la Grande Barrière australienne (MAXWELL *et al.*, 1964; FLOOD *et al.*, 1978; ORME *et al.*, 1978), sur le récif barrière de Belize (JAMES & GINSBURG, 1979; MACINTYRE *et al.*, 1987), à Mayotte (GUILCHER *et al.*, 1965), à Bora-Bora (GUILCHER *et al.*, 1969) ou encore sur le Grand Récif de Tuléar (WEYDERT, 1971).

La taille moyenne des sédiments dans le Grand Lagon Nord n'apparaît pas directement liée à la bathymétrie (fig. 27) : le coefficient de corrélation est faible ( $r = 0,3$ ), bien que significatif pour le grand nombre d'échantillons ( $n = 206$ ), mais le calcul du coefficient de détermination montre que la variable profondeur n'explique que 9% de la dispersion des points. Cette dispersion est d'ailleurs trop importante pour qu'une tendance précise soit dégagée.

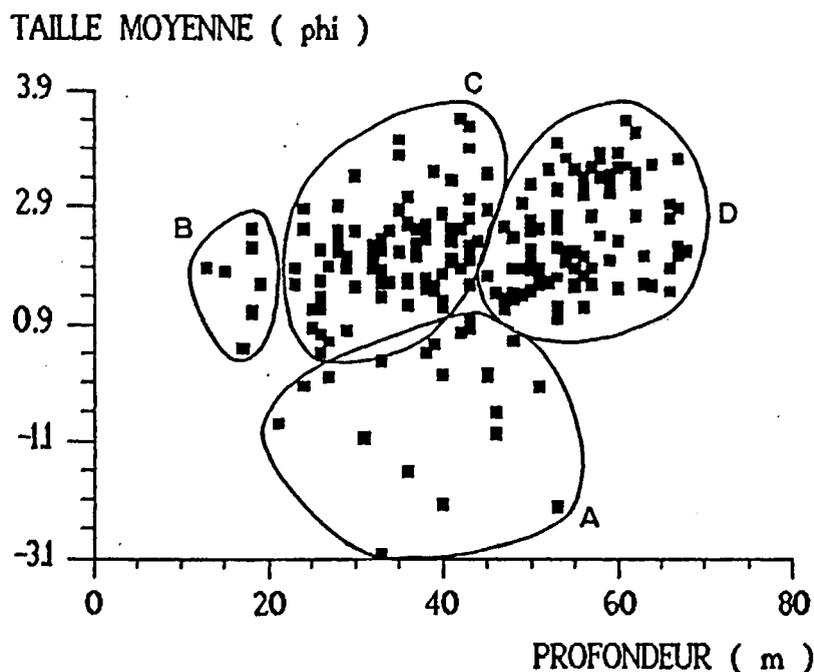


Figure 27.- Relation entre la granulométrie des sédiments et la profondeur de prélèvement ( $r = 0,3$ ) (A : passes et hauts-fonds; B : zone côtière; C : plaine sud; D : plaine nord).

1. Il semble qu'il se soit glissé dans ce travail une erreur dans la façon de se référer aux fractions théoriques et donc à la terminologie de la taille moyenne, ce qui laissait entrevoir au premier abord une structure différente.

Une analyse détaillée de ce diagramme de dispersion permet cependant d'individualiser quatre ensembles de sédiments : le premier (A), compris entre 20 et 55 m rassemble les sédiments situés au niveau des passes, des seuils et des hauts-fonds et dont la taille moyenne varie des graviers aux sables moyens; le deuxième (B), compris entre 10 et 20 m rassemble les sédiments plus fins (sables moyens à très fins) de la zone située autour de l'extrémité nord de la Grande Terre et de l'île Paaba (zone côtière); le troisième (C), compris entre 20 et 45 m, rassemble des sédiments dont la taille moyenne varie depuis les sables moyens jusqu'aux vases; ils correspondent à la moitié sud de la plaine lagonaire; le quatrième et dernier groupe (D) présente à peu près les mêmes caractéristiques granulométriques que le précédent mais se situe dans une tranche bathymétrique plus importante qui va de 45 à 70 m.

En conséquence nous pouvons dire que les plaines des moitiés nord et sud du lagon présentent les mêmes caractères transposés à des profondeurs différentes. Les limites de ces groupes sont en fait à peine perceptibles et nous retiendrons que la bathymétrie n'est pas un facteur prépondérant dans la granulométrie du sédiment comme cela a déjà été signalé pour les caractéristiques texturales d'ensemble des sédiments.

La distribution de la taille moyenne des sédiments est par contre fortement contrôlée par l'envasement ( $r = 0,81$ ) comme en témoigne la figure 28. Nous pouvons cependant individualiser sur ce graphique quatre groupes de sédiments qui sortent de ce cadre : le premier (A) est constitué par les graviers et les sables grossiers localisés dans les passes; le second (B) correspond aux sables moyens des abords de passes et des hauts-fonds et le troisième (C) aux sables fins du diverticule nord-est; les sédiments de ces trois groupes ont, pour les raisons hydrodynamiques déjà évoquées, une teneur en vase réduite (moins de 10%); le quatrième et dernier groupe (D) n'est constitué que par deux échantillons mais qui se détachent très nettement du reste des prélèvements; ce sont des sédiments plus envasés (40 à 60%) dont la taille moyenne est située dans les sables fins et dont les caractéristiques sont assez singulières : du type sablo-vaseux (ou vaso-sableux) graveleux, ils se localisent dans la prolongation de l'embouchure du Diahot et dans la baie Banaré.

En dehors de ces quatre groupes particuliers, les sédiments du lagon présentent une homogénéité importante et ne se différencient que par leur teneur en fraction fine, les sédiments les moins envasés se situant à la périphérie du lagon et les plus envasés dans les zones les plus centrales de la plaine. Nous reviendrons sur ce gradient d'envasement lors de l'étude détaillée dévolue à la fraction fine des sédiments.

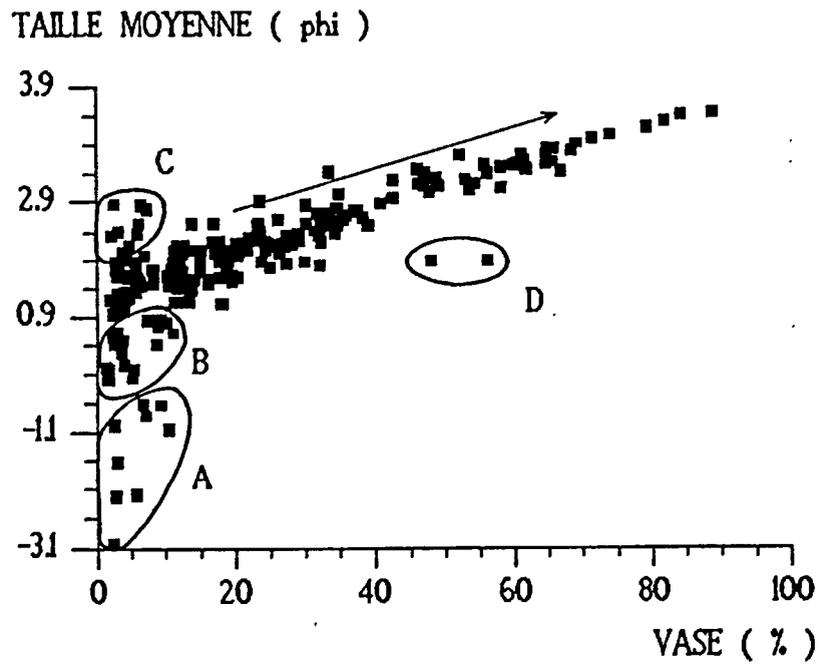


Figure 28.- Relation entre la taille moyenne ( $M_z$ ) et la teneur en vase des sédiments ( $r = 0,81$ ) (A : passes; B : abords de passes et hauts-fonds; C : diverticule nord-est; D : baies côtières).

### 2.1.2.- Répartition des sédiments d'après les valeurs de la médiane ( $Md\phi$ )

Les résultats obtenus par l'utilisation de la médiane ( $Md\phi$ ) diffèrent peu de ceux apportés par la taille moyenne. La médiane donne en fait plus de poids aux sables moyens et aux vases et atténue l'importance des sables très fins par rapport aux sables fins ou aux autres fractions théoriques (fig. 29). Elle fait surtout ressortir la présence d'une fraction fine abondante sur les

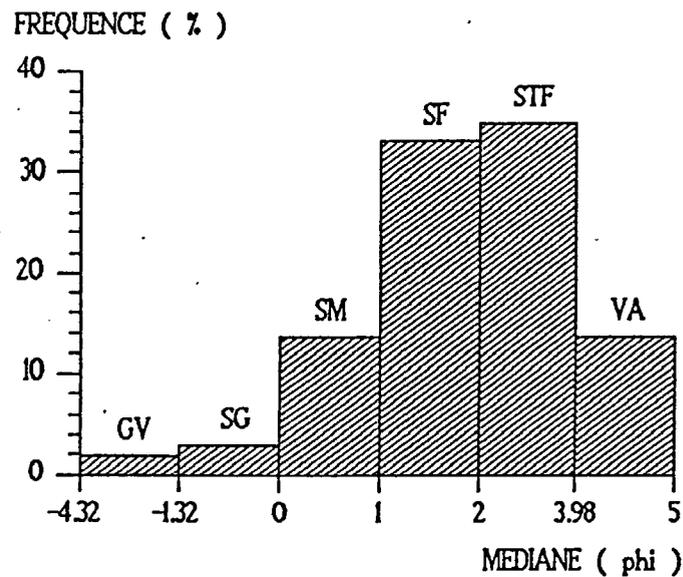


Figure 29.- Fréquence des valeurs de la médiane ( $Md_\phi$ ) selon les fractions théoriques (les abréviations utilisées sont les mêmes qu'à la figure 25).

aires internes du lagon (fig. 30) : on y observe en effet, surtout dans la moitié nord du lagon, un ensemble de sédiments dont la médiane est comprise entre 4,04 et 4,43  $\phi$ , ce qui indique que 50% de la distribution des particules est située dans cette gamme de tailles. La cartographie des valeurs de la médiane confirme ainsi la présence de zones de dépôt importantes dans les parties centrales du lagon.

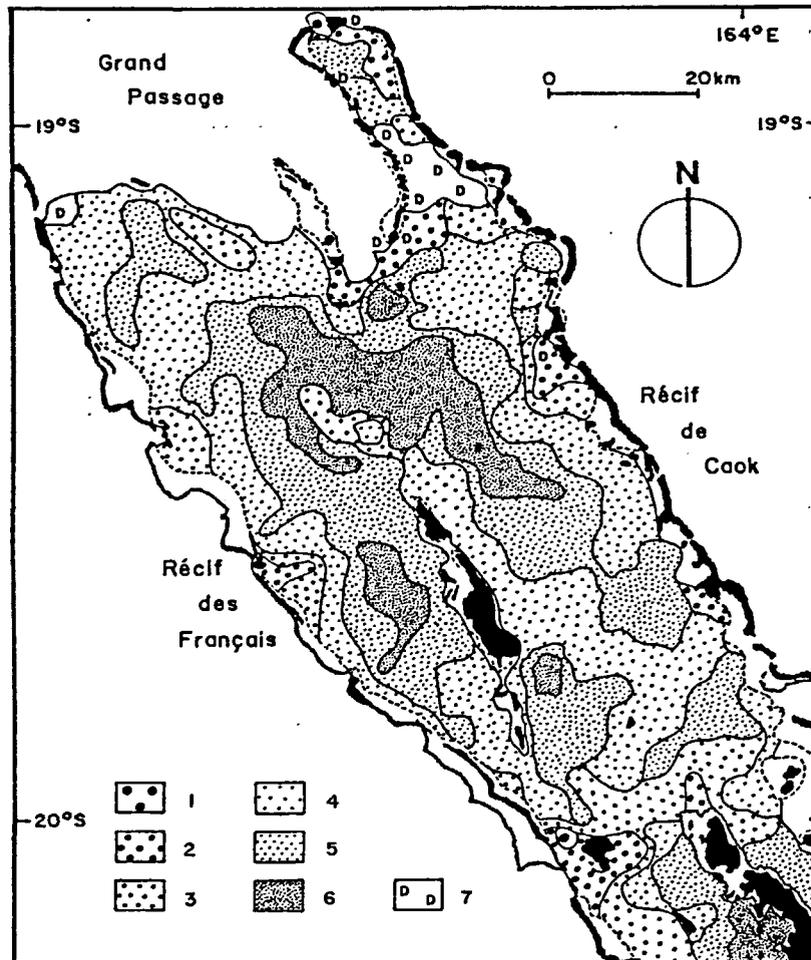


Figure 30.- Carte de répartition des valeurs ( $\phi$ ) de la médiane : 1,  $Md_{\phi} < -1,32$  (graviers); 2, de  $-1,32$  à 0 (sables grossiers); 3, de 0 à 1 (sables moyens); 4, de 1 à 2 (sables fins); 5, de 2 à 3,98 (sables très fins); 6,  $Md_{\phi} > 3,98$  (vases); 7, fonds durs.

*Remarque : la médiane du sédiment n'est significative que si la distribution de taille des échantillons est unimodale ou amodale. Dans les autres cas les valeurs obtenues sont critiquables car elles correspondent justement à un déficit de particules dans la dimension exprimée par ce paramètre (fig. 31). La médiane n'est alors significative que si elle correspond réellement à un mode (WEYDERT, 1976). L'observation des histogrammes de fractions (annexe 2) montre que dans la plupart des cas de distributions bimodales, les valeurs de la médiane correspondent effectivement à l'un des modes. Ceci explique, d'une part le peu de différences obtenues par rapport à la taille moyenne, d'autre part la relative concordance des résultats avec l'utilisation de la fraction dominante.*

La figure 32, en dehors du fait de confirmer la forte corrélation entre médiane et taille moyenne ( $r = 0,97$ ), montre que les sédiments du lagon constituent un véritable *continuum gra-*

*nulométrique*. En dehors des graviers ou des sables grossiers de passes (A) et des sédiments particuliers de la zone côtière (B), nous observons une évolution parfaitement continue depuis les sables moyens des abords de passes jusqu'aux vases du centre du lagon. Il n'existe donc pas, du point de vue de la granulométrie, de milieux ou d'ensembles sédimentaires aux limites bien marquées.

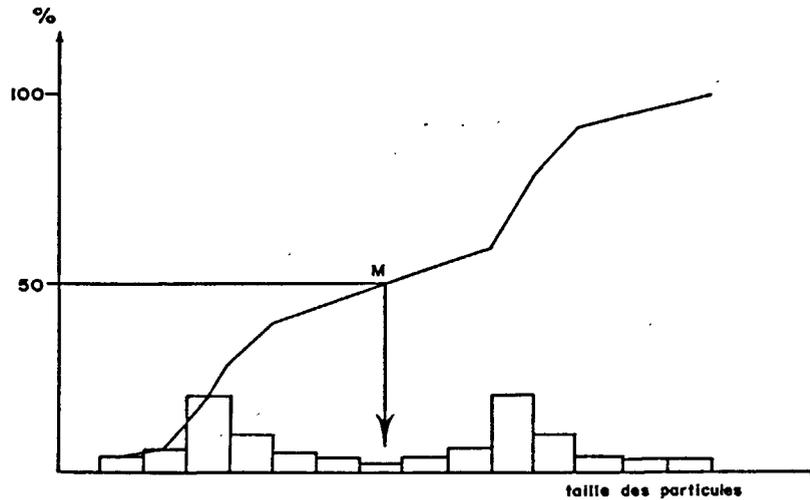


Figure 31.- Signification de la médiane dans le cas de certaines distributions bimodales (d'après WEYDERT, 1976).

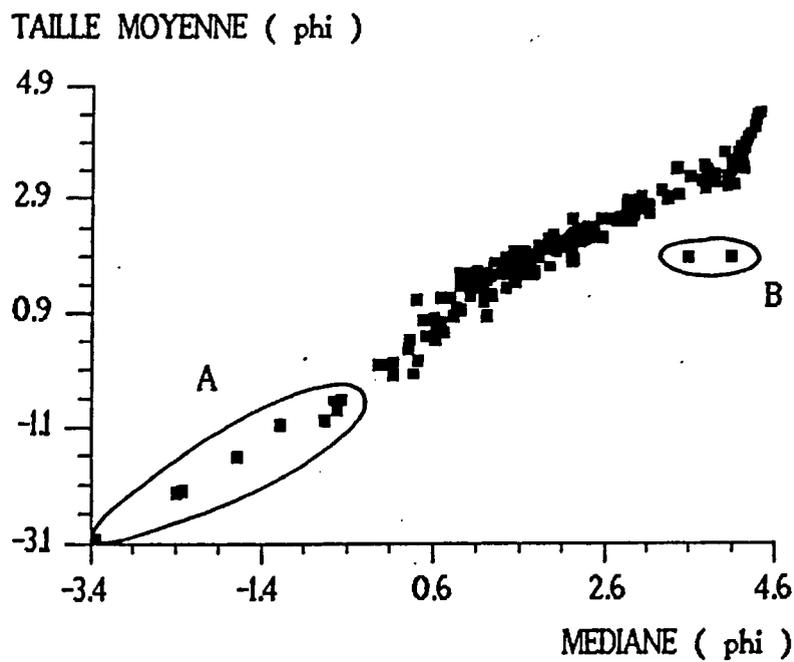


Figure 32.- Relation entre la médiane ( $Md_{\phi}$ ) et la taille moyenne ( $Mz$ ) des sédiments ( $r = 0,97$ ) (A : passes; B : baies côtières).

## 2.2.- Appréciation des zones d'énergie par les valeurs de l'asymétrie (Ski)

L'examen de la distribution des valeurs de l'asymétrie (Ski) ou "skewness" (fig. 33), montre que sur l'ensemble du lagon les valeurs négatives prédominent sur les valeurs positives (57,8% contre 42,2%). Si nous excluons les valeurs proches de zéro (de -0,1 à 0,1) qui correspondent à une distribution symétrique (25,2%), il apparaît que 46,7% des distributions présentent une asymétrie négative ou très négative tandis que seulement 28,1% sont à asymétrie positive ou très positive; la tendance générale à une sédimentation fine nettement prépondérante sur la sédimentation grossière ainsi que la faible énergie du milieu sont donc bien confirmées.

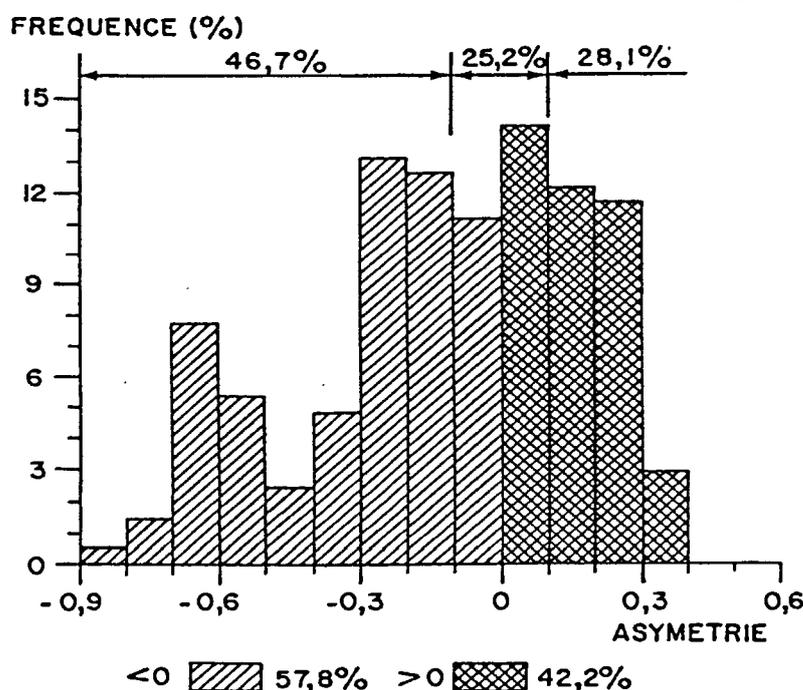


Figure 33.- Fréquence des valeurs de l'asymétrie (Ski).

La répartition des sédiments en fonction des valeurs de l'asymétrie est présentée à la figure 34. Nous y observons la présence de trois zones assez développées où l'asymétrie est fortement négative ( $Ski < -0,3$ ); elles sont situées au centre de la moitié nord du lagon, entre l'archipel des Bélep et autour de l'extrémité nord de la Grande Terre. Au sein de la plus vaste (plaine centrale nord), nous remarquons une anomalie positive liée à la présence d'un "haut-fond" à 50 m : à ce niveau, les valeurs différentes de l'asymétrie vis à vis des sédiments environnants s'expliquent, soit par une accélération des courants qui provoquent alors un lessivage des grains les plus fins, soit par la présence d'organismes susceptibles de fournir une fraction grossière bioclastique au sédiment, soit encore par l'action combinée de ces deux phénomènes. La présence, çà et là, de

petites tâches très localisées de sédiments dont l'asymétrie est négative témoigne probablement de conditions hydrodynamiques et/ou biologiques particulières (courants circulaires, piégeage des fines par des structures biologiques ou topographiques, bioturbation, etc...).

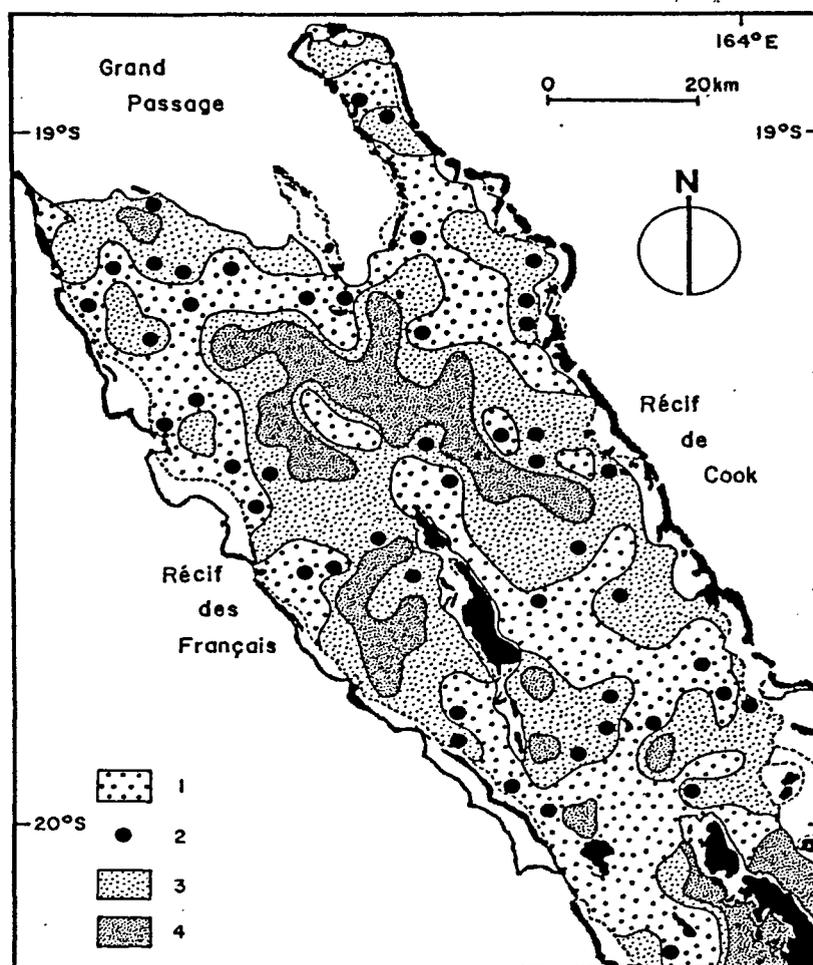


Figure 34.- Carte de répartition des valeurs de l'asymétrie (1 :  $Ski > 0$ ; 2 : de  $-0,1$  à  $0,1$ ; 3 : de  $0$  à  $-0,3$ ; 4 :  $Ski < -0,3$ ).

Les sédiments dont l'asymétrie est positive ont une distribution plus complexe que les précédents. On les trouve aux abords des principales passes, à la pointe nord et le long de la côte au vent des Bélep et sur une bonne partie de la plaine sud. Nous remarquerons l'étendue importante de sédiments présentant une asymétrie positive à partir de la passe de Yandé vers l'intérieur du lagon (jusqu'à l'archipel des Bélep et aux passes du récif de Cook), ainsi qu'entre le creux du coude formé par le diverticule nord-est, les passes du récif des Français et les passes nord de la barrière orientale. Les phénomènes de lessivage ou d'addition *in situ* de matériel à la phase grossière, desquels résultent ces valeurs positives de l'asymétrie, s'appliquent aussi bien aux zones périphériques qu'aux zones centrales : dans le premier cas, les valeurs positives de l'asymétrie indiquent une alimentation du milieu en débris grossiers issus de la production des orga-

nismes associés à l'édifice récifal ou du démantèlement par les actions hydrodynamiques de l'édifice, ces mêmes actions hydrodynamiques provoquant aussi l'exportation des particules fines si elles sont produites à ce niveau; dans le second cas, la production bioclastique d'origine benthique, en général Mollusques, articles d'*Halimeda*, grands Foraminifères ou le lessivage entraîné par les courants de fond sont aussi responsables des valeurs positives de l'asymétrie. L'interprétation des résultats ne peut donc se faire à partir de ce seul indice et nous devons prendre en compte les informations apportées par la suite. Si les valeurs de l'asymétrie étaient uniquement le reflet des actions hydrodynamiques, les valeurs positives indiqueraient alors le cheminement des courants à travers le lagon, ce qui constitue une hypothèse attrayante au vu des résultats cartographiés.

Les sédiments situés le long de la barrière présentent des valeurs de l'asymétrie tantôt positives, tantôt négatives et ce indépendamment d'une relation de proximité. Le niveau d'énergie des fonds d'arrière-récif s'avère donc inconstant. Par ailleurs, il apparaît ainsi que l'édifice récifal constitue aussi bien une source de production de particules fines que de particules grossières, la nature dimensionnelle de cette production étant probablement contrôlée par les variations locales et les interactions entre la topographie, l'hydrodynamisme ou la composition des peuplements producteurs. L'existence de calcarénites fines (mode = 0,125 mm) dans la composition des sédiments des zones pérorécifales a déjà été signalée dans le lagon sud-ouest (DEBENAY, 1985a, 1987a). La présence de vases carbonatées pures (calcilutites) existe aussi à la périphérie des complexes récifaux de l'Ile des Pins (lagon sud de la Nouvelle-Calédonie)(CHEVILLON, en préparation [d]). PURSER (1980 *in* DEBENAY, 1987a) signale l'importance de certains organismes (poissons et Echinodermes en particulier) dans la destruction des coraux et leur réduction en particules fines.

Nous avons portés sur la carte les valeurs signalant une distribution symétrique des particules ( $-0,1 < S_{ki} < 0,1$ ) et qui, selon certains auteurs, traduisent un dépôt au hasard des particules, comme par exemple le résultat d'une sédimentation rapide dans un milieu aux conditions hydrodynamiques homogènes (WEYDERT, 1976). Dans notre cas la dispersion des points dans le lagon rend toute interprétation difficile.

La figure 35 et le coefficient de corrélation de -0,24 montrent que les valeurs de l'asymétrie sont indépendantes de la bathymétrie. Elle permet cependant de constater que les trois principales régions du lagon où les sédiments présentent une asymétrie très négative (A, B et C) et que nous retiendrons comme des aires de basse énergie, se situent dans des tranches de profondeurs bien différenciées; par ailleurs seules ces trois zones s'individualisent un tant soit peu du reste des échantillons; le groupe A correspond à la zone de basse énergie située dans le domaine

côtier (10 à 25 m), le groupe B à l'aire de basse énergie située entre l'archipel des Bélep et le récif des Français (30 à 45 m) et le groupe C à l'aire de basse énergie de la plaine centrale nord (50 à 70 m).

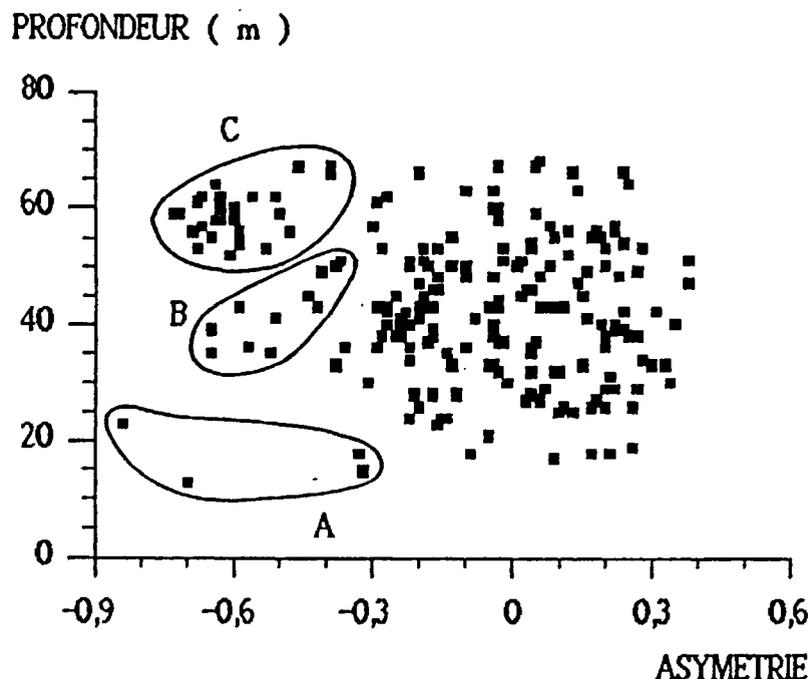


Figure 35.- Relation entre l'asymétrie (Ski) et la profondeur de prélèvement ( $r = -0,24$ ) (A : zone de basse énergie du domaine côtier; B : zone de basse énergie située entre les Bélep et le récif des Français; C : zone de basse énergie située au centre de la plaine nord).

En dehors de ces zones de basse énergie, les fonds du lagon offrent une variabilité marquée des valeurs de l'asymétrie traduisant probablement les interactions complexes, aux variations très localisées, entre actions hydrodynamiques et production bioclastique. Cette variabilité marquée peut aussi être le reflet des phénomènes de bioturbation générés par les organismes benthiques et qui affectent vraisemblablement l'ensemble des fonds meubles de la plaine lagunaire (DE VAUGELAS & SAINT LAURENT, 1984; DE VAUGELAS, 1985).

### 2.3.- Appréciation de l'hétérogénéité des sédiments par les indices de dispersion

#### 2.3.1.- Étalement dimensionnel des sédiments (Gt)

Les résultats obtenus par le calcul de l'étalement dimensionnel (Gt) n'apportent pas de grands enseignements. Deux échantillons présentent un étalement dimensionnel très grand ( $Gt = 1,9$ ); ce sont ceux des stations n°186 (35 m) et n°187 (24 m) localisées pour la première sur la

penne interne de la barrière orientale et pour la seconde à proximité d'un récif de cette même barrière; ce sont des sables très fins unimodaux caractérisés par l'absence de particules de taille supérieure à 2,5 mm. Dans tous les autres cas les valeurs de Gt montrent que l'étalement dimensionnel est extrêmement grand ( $GT \geq 2,8$ ). Au sein de cet ensemble nous avons pu distinguer une série d'échantillons (n°14, 15, 16, 78, 91, 106, 145, 170, 181, 182, 188, 189, 199 et 211) pour lesquels l'étalement dimensionnel est le plus important ( $Gt = 3,9$ ). Ces 14 stations, caractérisées par la présence de grains supérieurs à 20 mm (1 à 35%) ne sont homogènes en aucune façon du point de vue de leur granulométrie (que ce soit par la taille moyenne, qui va des graviers jusqu'aux vases, par le type sédimentaire, par la fraction dominante ou encore par la forme de leurs distributions). Elles sont cependant toutes localisées dans les zones périphériques du lagon, d'une part autour de l'extrémité de la Grande Terre (n°14, 15, 16, 91, 181 et 182) et d'autre part sur la pente interne dans des zones supposées soumises à un hydrodynamisme intense : passes et leurs abords, proximité de récifs et d'îles, diverticule nord-est (n°78, 106, 145, 170, 188, 189, 199 et 211).

L'indice d'étalement dimensionnel, comme nous l'avons déjà signalé (CHEVILLON, 1985), apparaît peu adapté aux sédiments biogènes des milieux lagunaires en raison de la grande dispersion des grains dont la distribution s'étale le plus souvent depuis les particules les plus fines (< 0,063 mm) jusqu'aux plus grossières (> 20 mm).

### 2.3.2.- Répartition des sédiments selon les valeurs du classement ( $D\phi$ )

La distribution de fréquence des valeurs du classement ( $D\phi$ ) mesurées dans le lagon (fig. 36) montre que 95% de ces valeurs sont comprises entre 0,5 et 2  $\phi$  ce qui correspond à des sédiments faiblement à bien classés, 74,3% des sédiments ayant un classement médiocre à nul (> 1  $\phi$ ). Les fréquences les plus fortes s'observent entre 1 et 1,5  $\phi$  et correspondent à des sédiments au classement médiocre (46% des échantillons), tandis que les valeurs inférieures à 0,5  $\phi$  (sédiments très bien classés) et supérieures à 2  $\phi$  (sédiments non classés) sont exceptionnelles (respectivement 3 et 2% des prélèvements). Ajouté au fait qu'aucun des échantillons ne présente un classement extrêmement bon, ces valeurs montrent que dans l'ensemble les agents hydrodynamiques ont une action peu marquée sur les sédiments.

Il faut signaler qu'en raison des difficultés de navigation en milieu récifal et de la déclivité très importante de la pente interne dans le Grand Lagon Nord, nous n'avons que rarement échantillonné dans les fonds de moins de 20 m situés près de la barrière; ceci a pu nous empêcher de déceler la marque d'un hydrodynamisme plus intense tel que l'action des vagues sur les

fonds plus faibles. Néanmoins au regard du nombre de prélèvements et de la superficie couverte par le plan d'échantillonnage, ces phénomènes qui auraient pu nous échapper restent du domaine de variations très localisées et peu représentatives.

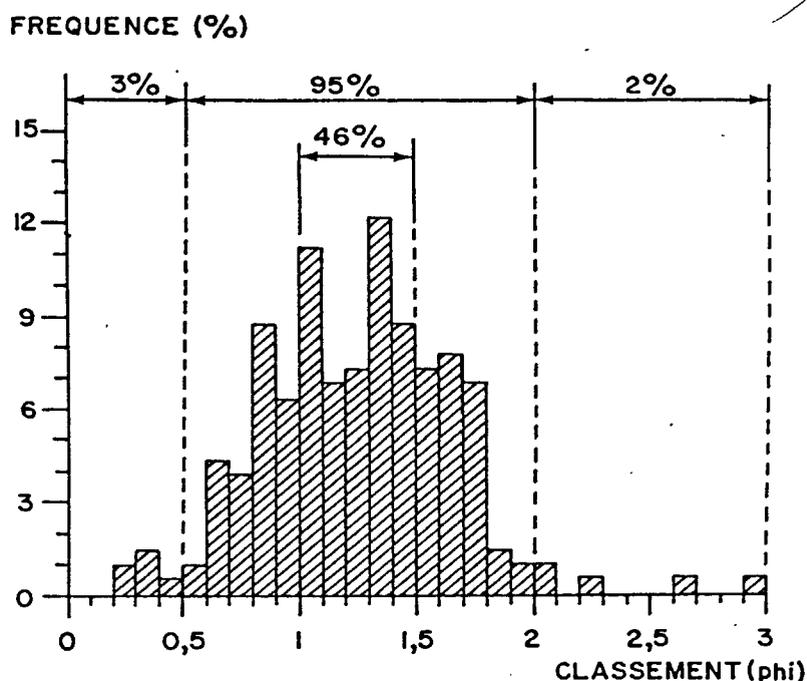


Figure 36.- Fréquence des valeurs du classement ( $D_\phi$ ) par intervalles de 0,1  $\phi$ .

La répartition des sédiments en fonction de leur classement (fig. 37) montre que les sédiments les mieux classés se localisent dans deux milieux très distincts, à savoir les parties centrales du lagon (plaine centrale nord et zone située entre les Bélep et le récif des Français) et sa périphérie. Dans le premier cas il s'agit de sédiments fins du type vaso-sableux et sablo-vaseux (voir fig. 27 & 28). Dans le second cas, ce sont des sédiments à tendance plus grossière dont la localisation à proximité de la barrière, de passes ou de hauts-fonds, laisse supposer qu'ils sont soumis à des actions hydrodynamiques plus puissantes (vagues et courants). Entre la passe de Yandé et l'extrémité nord de l'île Paaba, la même situation (sédiments à tendance grossière bien classés) signale une zone de courants importants probablement dus aux marées et à la morphologie particulière de cette partie du lagon (avancée de l'extrémité de la Grande Terre et de l'île Paaba, relative proximité de l'île de Yandé et de la passe du même nom).

Les sédiments les moins bien classés sont localisés dans la zone côtière, plus précisément dans la baie Banaré et dans la prolongation de l'embouchure du Diahot.

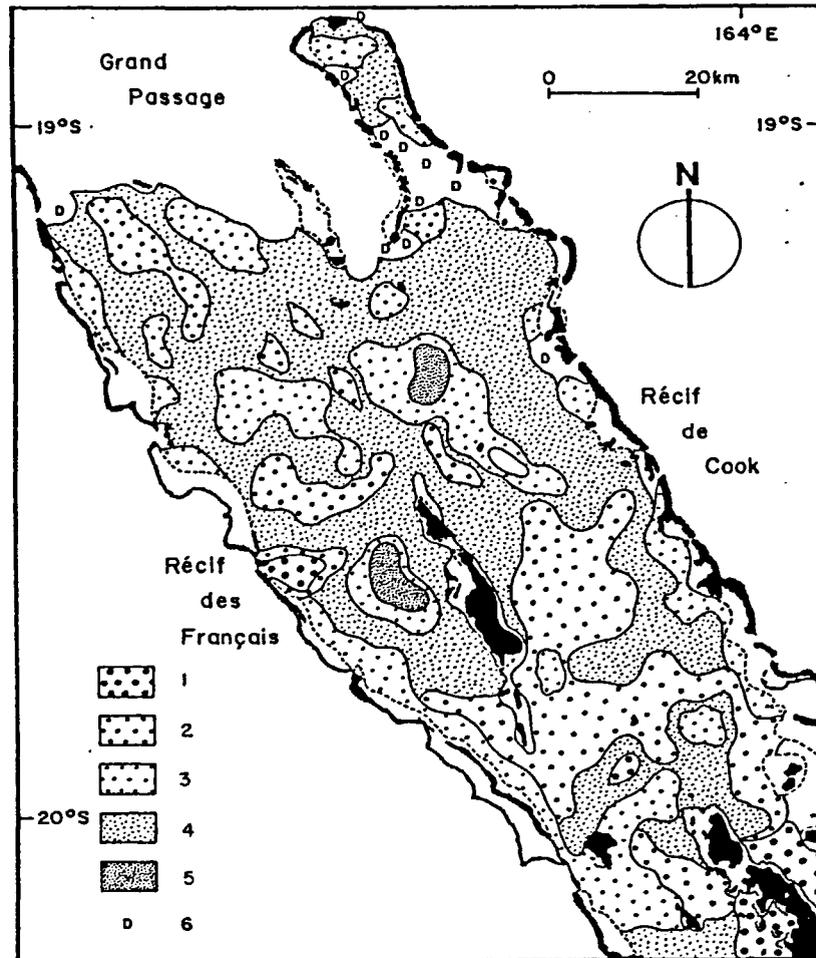


Figure 37.- Carte de répartition des sédiments selon les valeurs ( $\phi$ ) du classement : 1,  $D_\phi > 2 \phi$  (non classés); 2, de 1,5 à 2 (faiblement classés); 3, de 1 à 1,5 (moyennement classés); 4, de 0,5 à 1 (bien classés); 5, de 0,25 à 0,5 (très bien classés); 6, fonds durs.

Le reste du lagon est occupé par des sédiments moyennement à faiblement classés, donc relativement hétérogènes, qui représentent le stade intermédiaire entre les sédiments à tendance grossière et bien classés des régions périphériques et les sédiments fins bien classés des régions centrales. Leur répartition offre cette particularité que les sédiments faiblement classés se rencontrent surtout dans la moitié sud du lagon, entre l'archipel des Bélep et le récif de Cook et au sud de l'archipel. Etant donné que ces deux dernières zones ne diffèrent peu ou pas du reste de la plaine dans la composition granulométrique des sédiments, le faible classement est attribué à une plus faible compétence des courants vis à vis de particules de même taille. C'est une région plus fermée que la moitié nord dans laquelle les échanges importants de masses d'eaux n'ont probablement lieu que long de la barrière orientale; la moitié nord, bien que plus profonde, présente de nombreuses passes ouvertes à l'est, à l'ouest ou au nord; elle doit donc être le siège de courants relativement plus intenses qui expliqueraient en partie le meilleur classement des sédiments.

L'examen de la figure 38 montre que le classement est indépendant de la profondeur ( $r = -0,13$ ). Ce diagramme ne permet d'individualiser que trois groupes d'échantillons par rapport aux reste des points :

- le premier groupe (A) représente la zone de plus basse énergie (sédiments à l'asymétrie fortement négative, voir fig. 35) localisée dans le domaine côtier; cet ensemble regroupe plus précisément des échantillons mal ou non classés situés dans la baie Banaré et dans la prolongation de l'embouchure du Diahot) entre 10 et 25 m; ces sédiments, déjà remarqués à plusieurs reprises, du type sablo-vaseux (ou vaso-sableux) graveleux, ne sont pratiquement constitués que d'une fraction coquillière grossière ( $> 2,5$  mm) très fortement envasée (40 à 60%), ce qui explique leur hétérogénéité et leur très mauvais classement, d'autant plus que les autres fractions granulométriques n'y sont représentées qu'à moins de 5 ou 10% chacune;
- les deux autres groupes (B et C) correspondent aux limites les plus strictes des deux zones de basse énergie situées pour l'une (B), entre l'archipel des Bélep et le récif des Français à une profondeur comprise entre 35 et 45 m (stations n°69, 99 et 100) et pour l'autre (C), dans la plaine centrale nord à des profondeurs plus importantes allant de 50 à 65 m (stations n°166, 167 et 174); toutes deux rassemblent des sédiments très bien classés.

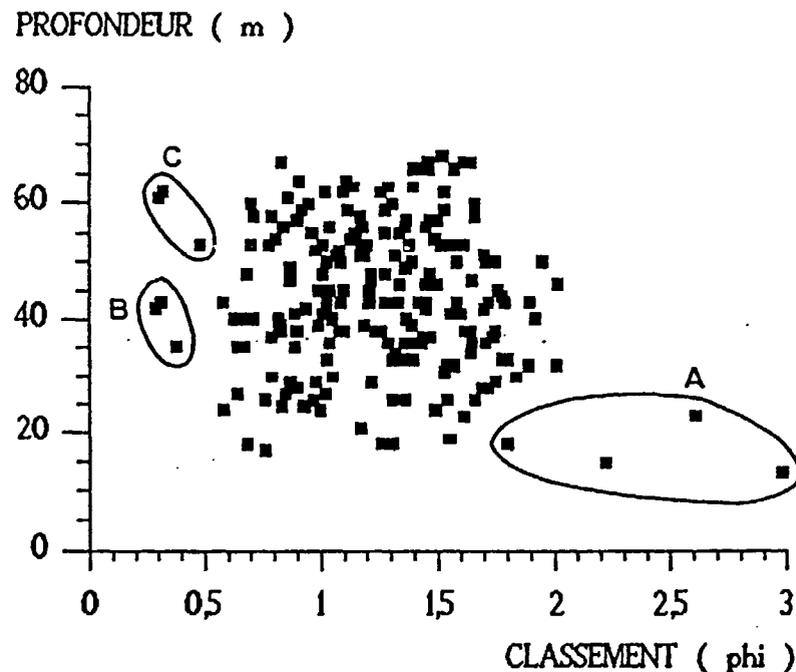


Figure 38.- Diagramme de dispersion profondeur-classement ( $r = -0,13$ ) (A : zone de basse énergie côtière; B : zone de basse énergie située entre les Bélep et le récif des Français; C : zone de basse énergie de la plaine centrale nord).

Le nuage de points central représente la majeure partie de nos échantillons qui s'avèrent difficiles à différencier : le classement est faible à bon dans toutes les tranches de profondeurs (de 15 à 70 m).

Schématiquement, nous résumerons nos observations de la façon suivante : à la périphérie du lagon (arrière-récif et passes) le bon classement résulterait d'actions hydrodynamiques fortes (houles, vagues et marées) sur des sédiments grossiers tandis qu'au centre il traduirait l'action de courants de fonds faibles (ou nuls en fin de parcours) sur des sédiments très fins. Les valeurs du classement laissent par ailleurs entrevoir une différence dans les modalités de dépôt des zones à forte sédimentation : celles des parties centrales de la plaine sont constituées de sédiments très homogènes tandis que celles du domaine côtier sont occupées par des sédiments fortement hétérométriques.

### 2.3.3.- Répartition des sédiments d'après les valeurs du triage ( $\sigma_i$ )

La répartition des sédiments en fonction des valeurs du triage ( $\sigma_i$ ), présentée à la figure 39, fait apparaître quelques éléments nouveaux qui tendent à montrer que les actions hydrodynamiques ne seraient pas aussi actives que le laissait entrevoir l'indice de classement :

- aux abords des passes les sédiments ne sont jamais bien triés; ils sont au contraire mal à très mal triés;
- en général les sédiments du lagon sont beaucoup plus mal triés que le laissait paraître l'indice de classement puisque 74,7% des échantillons présentent des valeurs du triage supérieure à  $1,5 \phi$ , ce qui correspond à des sédiments mal ou très mal triés (fig. 40).

Bien que les deux indices soient fortement corrélés ( $r = 0,87$ ), les résultats obtenus diffèrent notablement. Plusieurs raisons peuvent être avancées pour l'expliquer :

- les échelles de références diffèrent sensiblement; une dispersion de  $1,5 \phi$  par exemple exprime un classement moyen ou faible mais un triage bon ou mauvais; nous signalerons en passant que l'échelle proposée par WEYDERT (1971) à l'inconvénient de ne pas offrir de classe intermédiaire entre bon et mauvais triage;
- le classement ne prend en compte que la partie de la courbe cumulative comprise entre 25 et 75% tandis que le triage intéresse la partie de la distribution qui est comprise entre 5 et

95%; ce dernier est donc plus à même de détecter les variations qui se produisent aux extrémités de la courbe; or, l'examen des histogrammes de fractions montre que nos échantillons les plus hétérogènes présentent le plus souvent un mode dans le grossier et/ou une fraction fine importante; ceci explique en grande partie les différences obtenues entre les deux indices; les écarts les plus importants se situent d'ailleurs vers les valeurs élevées des deux indices, c'est à dire pour des sédiments mal classés ou mal triés.

L'inconvénient majeur du triage par rapport au classement est que les limites extrêmes de la courbe sont extrapolées graphiquement, ce qui dans le cas de pourcentages importants de grains fins ou grossiers fausse considérablement la signification du triage et rend l'interprétation délicate, voir hasardeuse (FOLK, 1966). C'est pourquoi, si nous avons jugé utile de présenter les résultats obtenus dans les deux cas, nous avons préféré par la suite l'utilisation du classement.

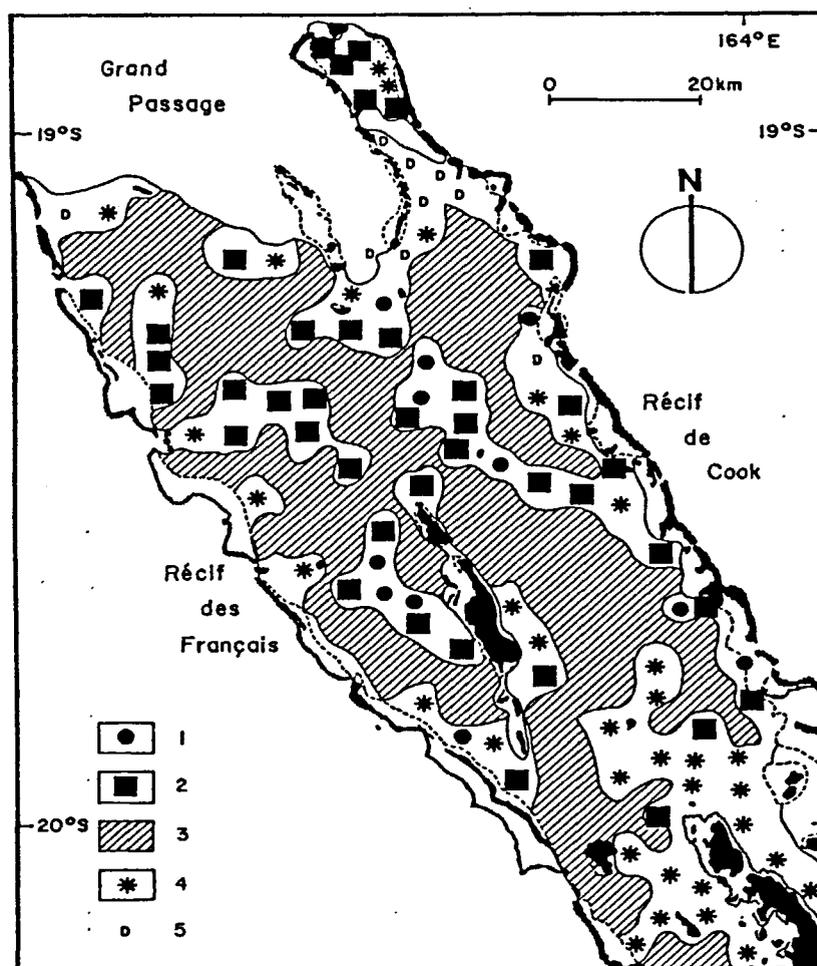


Figure 39.- Carte de répartition des valeurs ( $\phi$ ) du triage ( $\sigma_1$ ): 1, de 0,5 à 1,1 (très bon); 2, de 1,1 à 1,5 (bon); 3, de 1,5 à 2 (mauvais); 4,  $\sigma_1 > 2$  (très mauvais); 5, fonds durs.

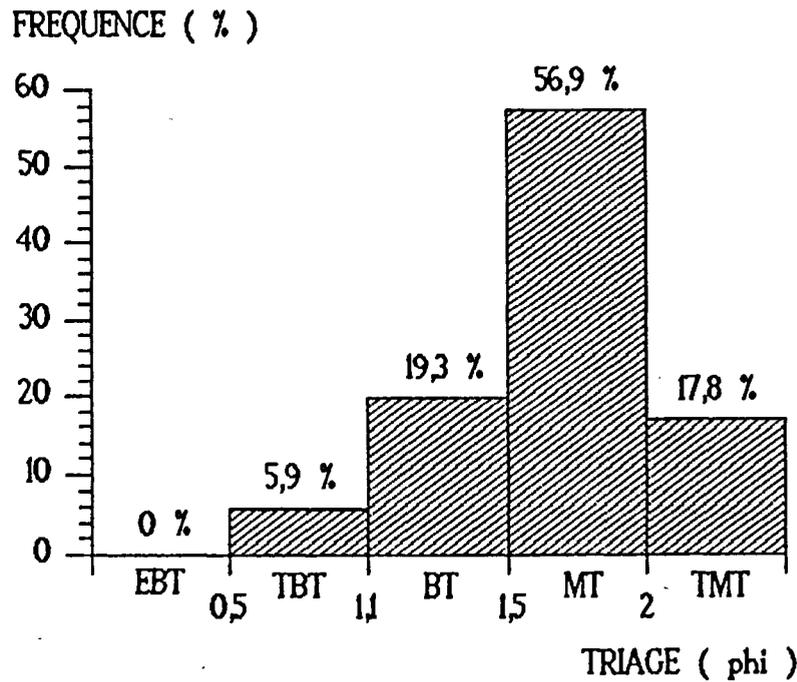


Figure 40.- Fréquence des valeurs du triage ( $\sigma$ ) (EBT : extrêmement bon; TBT : très bon; BT : bon; MT : mauvais; TMT : très mauvais).

A l'image du classement, le triage est faiblement corrélé avec la profondeur ( $r = -0,24$ ). Le diagramme de dispersion opposant le triage à la profondeur permet cependant de mettre en évidence plusieurs groupes intéressants (fig. 41) :

- nous retrouvons dans les groupes A, B et C les trois zones de basse énergie, chacune étant située dans une tranche bathymétrique différente (10 à 25 m pour le groupe A, 35 à 45 m pour le B et 50 à 65 m pour le groupe C); les échantillons du groupe A sont très mal triés alors que ceux des groupes B et C ont en commun d'être bien à très bien triés, ce qui traduit ici aussi des modalités de dépôt différentes;
- les groupes D et E représentent les fonds d'arrière-récif au sens large; ces deux groupes se distinguent par leur profondeur (de 15 à 30 m et de 40 à 50 m) et aussi par les valeurs du triage; seuls les sédiments prélevés à moins de 30 m (groupe E) affichent un bon ou très bon triage; il est par ailleurs intéressant de constater que ces différences sont indépendantes de la proximité au récif; une différence de comportement qui est fonction de la morphologie de la pente interne (déclivité) est donc ici mise en évidence.

L'aspect général du nuage de points tend à montrer que le triage se détériore (valeurs élevées en phi) lorsque la profondeur diminue ce qui, à priori, paraît peu compatible avec la marque des agents hydrodynamiques sur les fonds de faible profondeur. Cela s'explique en partie, car les prélèvements les moins profonds se situent dans le domaine côtier où les actions hydrodynamiques sont moins importantes que sur la barrière. Un échantillonnage des sédiments péri-récifaux sur fonds de moins de 10 m aurait sans doute provoqué une inversion de cette tendance.

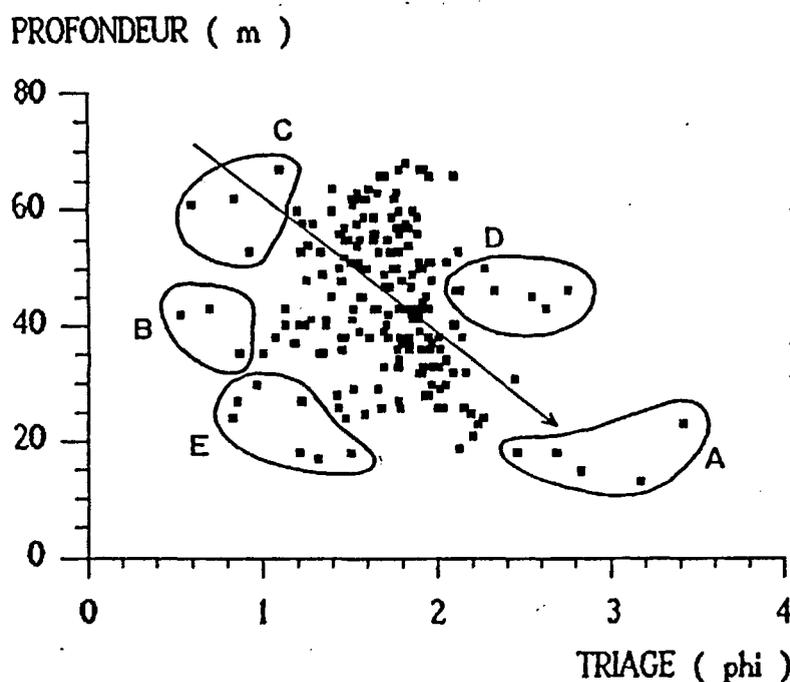


Figure 41.- Relation entre le triage et la profondeur de prélèvement ( $r = -0,24$ ) (A : aire de basse énergie côtière; B : aire de basse énergie située entre les Bélép et le récif des Français; C : aire de basse énergie de la plaine centrale nord; D : fonds d'arrière-récif supérieurs à 40 m; E : fonds d'arrière-récif inférieurs à 30 m).

Afin de compléter les informations recueillies jusqu'ici, nous avons fait appel à l'indice de normalité qui permet de juger de l'importance des actions hydrodynamiques sur le sédiment.

#### 2.4.- Appréciation des effets hydrodynamiques sur le fond par les valeurs de la normalité ( $K_g$ )

L'indice de normalité ou "kurtosis" ( $K_g$ ) permet d'apprécier la forme du polygone de fréquence ou de la courbe cumulative : les valeurs élevées de  $K_g$  traduisent une courbe cumulative très redressée et un polygone de fréquence pointu tandis que les valeurs faibles indiquent une courbe cumulative à pente faible et un polygone de fréquence aplati. Du point de vue de la dynamique sédimentaire, les différents auteurs s'accordent pour considérer que les valeurs de  $K_g$

inférieures à 0,67 (normalité peu accusée) signalent les zones d'élaboration de sédiments ou en tout cas de faible énergie, que les valeurs comprises entre 0,9 et 1,11 (normalité moyennement accusée) indiquent la présence de sédiments en cours de transport et que les valeurs supérieures à 1,5 (normalité très accusée) traduisent un hydrodynamisme actif.

L'observation de la figure 42 met en évidence une nette prépondérance des sédiments dont la normalité est peu accusée (42,1%); les sédiments à normalité peu ou très peu accusée (< 0,9) représentent 51,5% des échantillons contre seulement 22,2% pour les sédiments dont la normalité est au contraire accusée ou très accusée. L'absence de valeurs supérieures à 3 (normalité extrêmement accusée) et les chiffres présentés ci-dessus indiquent que sur l'ensemble du lagon il n'existe qu'un faible transport de sédiments.

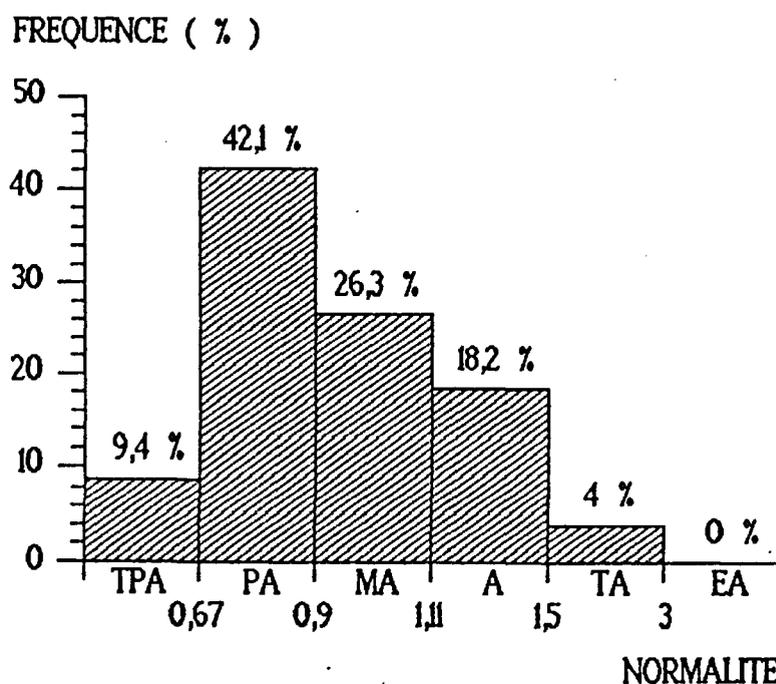


Figure 42.- Fréquence des valeurs de la normalité (Kg) (TPA : très peu accusée; PA : peu accusée; MA : modérément accusée; A : accusée; TA : très accusée; EA : extrêmement accusée).

La répartition dans le lagon des valeurs mesurées de la normalité est présentée à la figure 43. Les sédiments des zones périphériques ont dans la plupart des cas une normalité moyennement accusée ou accusée ( $Kg > 0,9$ ). A partir de la périphérie se développent vers le centre du lagon des bandes de sédiments aux caractéristiques similaires qui semblent mettre en communication les principales passes avec les parties centrales du lagon; elles aboutissent à des sédiments dont la normalité est très accusée ( $Kg > 1,5$ ). Ce phénomène est particulièrement net dans

la moitié nord du lagon mais on le retrouve aussi dans la zone centrale située entre le récif des Français et l'archipel des Bélep. Entre la passe de Yandé et l'île Paaba s'observe une zone importante de sédiments à normalité accusée. Le diverticule nord-est est quant à lui exclusivement occupé par des sédiments dont la normalité est moyenne à très accusée. En dehors des régions décrites plus haut et de quelques points très localisés, le reste des sédiments de la plaine présente une normalité peu ou très peu accusée ( $K_g < 0,9$ ), de même que les sédiments situés autour de l'extrémité nord de la Grande Terre.

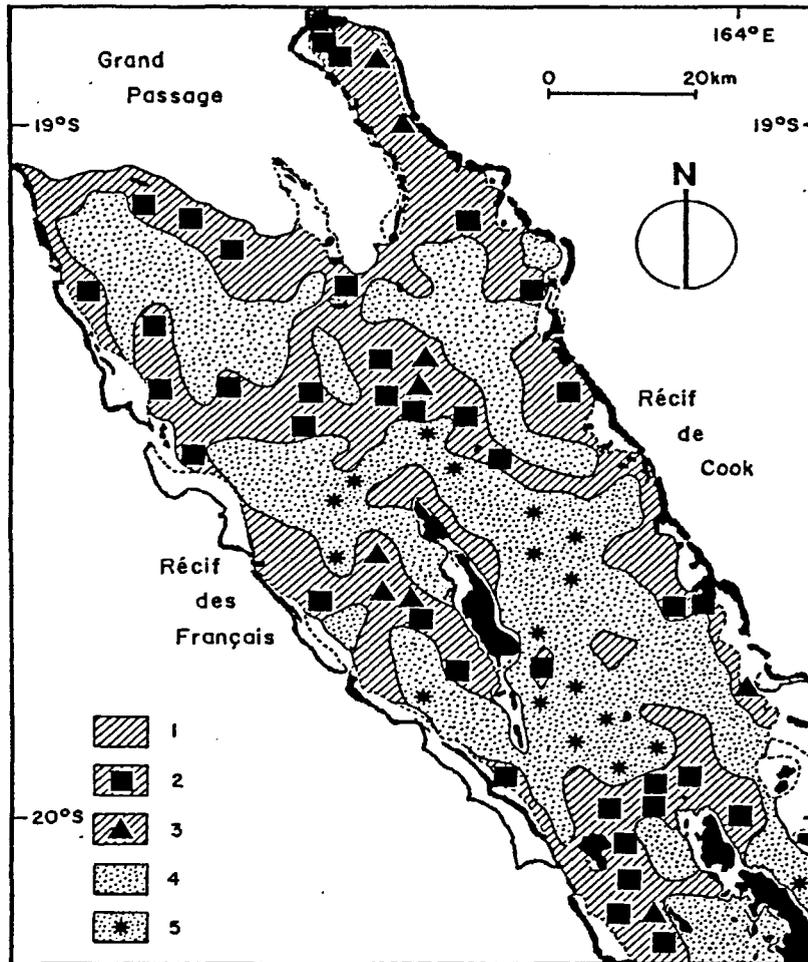


Figure 43.- Carte de répartition des valeurs de la normalité ( $K_g$ ) : 1, de 0,9 à 1,11 (modérément accusée); 2, de 1,11 à 1,5 (accusée); 3, de 1,5 à 3 (très accusée); 4, de 0,67 à 0,9 (peu accusée); 5,  $K_g < 0,67$  (très peu accusée).

Si l'on considère que les actions hydrodynamiques se font ressentir à partir des valeurs de la normalité supérieures à 0,9 (normalité moyennement à très accusée), il apparaît que ces actions hydrodynamiques ne s'exercent que sur les sédiments proches de la barrière et suivant des trajectoires particulières qui mettent en communication les principales passes avec certaines parties centrales du lagon. Il est tentant de supposer que ce phénomène, qui avait déjà été signa-

lé à propos des valeurs de l'asymétrie, puisse refléter la circulation des courants de fonds dans le lagon.

De même que la plupart des indices calculés pour les sédiments du Grand Lagon Nord, la normalité est faiblement corrélée avec la profondeur ( $r = -0,11$ ) et l'allure globale du nuage de point ne permet pas de dégager une tendance générale (fig. 44).

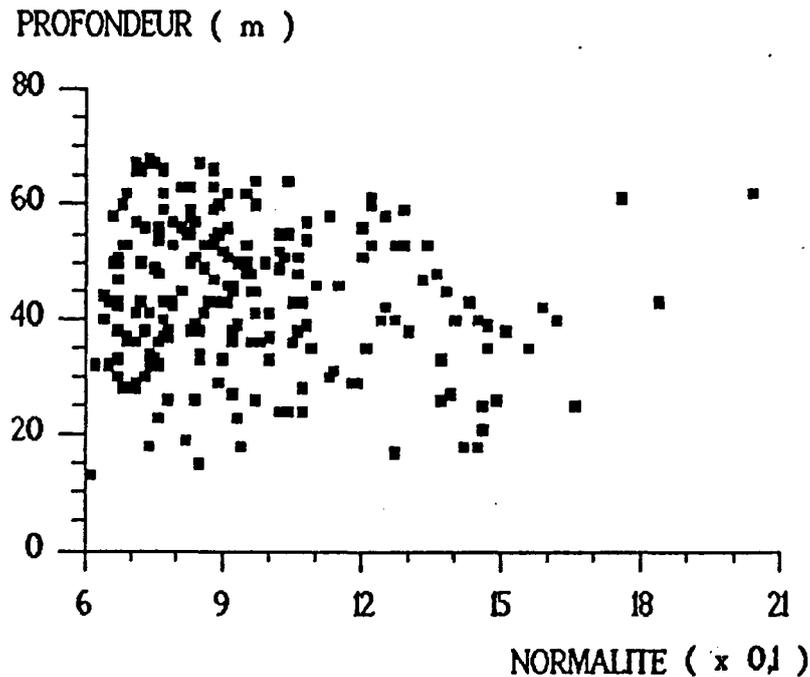


Figure 44.- Diagramme de dispersion profondeur-normalité ( $r = -0,11$ ).

### 2.5.- Confrontation des indices granulométriques

Les résultats apportés par les divers indices ne peuvent être correctement analysés sans tenir compte de l'ensemble de ceux-ci (WEYDERT, 1971). A titre d'exemple simple, des valeurs identiques du classement obtenues pour des sédiments de la taille moyenne des graviers ou des vases ne traduisent évidemment pas les mêmes conditions de dépôt ou d'élaboration des sédiments. D'autre part, la mise en opposition d'indices appartenant à des familles distinctes - indices centraux, de forme ou de dispersion - permet souvent de caractériser des milieux et/ou des conditions de sédimentation différents (FRIEDMAN, 1961). Nous avons ainsi retenu plusieurs diagrammes qui sont présentés par les figures 45 à 49.

La confrontation des indices de forme ou de dispersion à la taille moyenne des sédiments (fig. 45 à 47) permet de scinder nos échantillons en cinq groupes dont la composition est, à peu

de chose près, identique d'un diagramme à l'autre. Ces groupes matérialisent ainsi relativement bien les différents environnements sédimentaires rencontrés dans ce lagon.

Le premier groupe (A) rassemble les sédiments les plus grossiers (graviers et sables grossiers) localisés pour la plupart à hauteur des passes et de leurs abords. Le classement faible ou moyen (fig. 45) et la normalité essentiellement peu ou moyennement accusée (fig. 46) tendent à montrer qu'à ce niveau, les courants ou autres agents hydrodynamiques n'ont qu'une action limitée sur les sédiments; par ailleurs les valeurs fortement positives de l'asymétrie (fig. 47) d'une partie de ces échantillons indiquent soit une lévigation partielle - les courants étant toutefois suffisamment intenses pour provoquer le lessivage des particules les plus fines à partir d'une population normalement distribuée - soit une addition de matériel autochtone à la phase grossière qui expliquerait du même coup l'hétérogénéité de ces sédiments.

Plusieurs mécanismes sont donc susceptibles d'intervenir sur la faible efficacité des courants de passes sur les sédiments :

- les éléments de la taille des graviers, galets ou blocs, arrachés au niveau du seuil des passes, sont rapidement redéposés en raison de leur taille et de la diminution rapide des courants une fois le seuil de la passe franchi; l'abandon de ces éléments grossiers sur le sédiment en place à la périphérie des passes entraîne l'apparition de sédiments hétérogènes à l'asymétrie positive;
- par ailleurs, les courants de passes, essentiellement régis par les changements de marée, ont un caractère alternatif, une force variable et s'annulent périodiquement (flot et jusant); les particules mises en mouvement à ce niveau ne sont donc pas transportées très loin mais subissent un va et vient permanent; selon DEBENAY (1985a, 1985b, 1987a, 1987b), qui constate la même situation dans le lagon sud-ouest, il en résulte une augmentation de la taille moyenne du sédiment, le triage restant toutefois médiocre;
- c'est au niveau des sédiments grossiers de passes que les écarts entre les valeurs du triage et du classement sont les plus forts (voir § 2.3.); selon WEYDERT (1971, 1976), ces écarts indiquent soit un enrichissement en débris biogènes autochtones, soit l'abandon de matériaux par excès de charge; dans les deux cas il en résulte des sédiments grossiers, hétérogènes et positivement asymétriques;
- enfin, selon MONTAGGIONI et MAHE (1980), la présence en milieu périrécifal de sables grossiers ou graveleux à normalité peu ou moyennement accusée est caractéristique d'un

environnement soumis à de puissants courants capables de briser les colonies coralliennes branchues et d'alimenter le milieu en bioclastes autochtones.

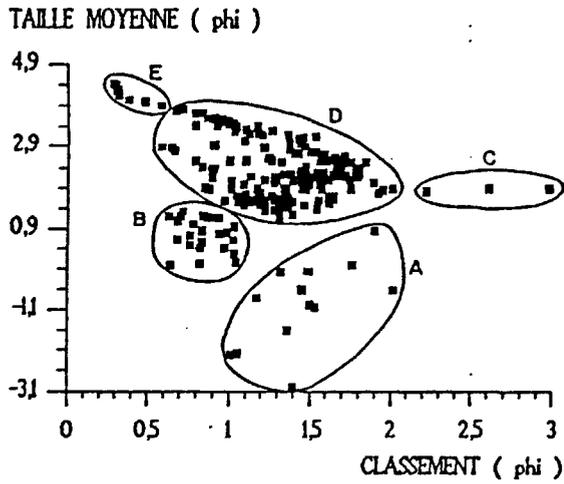


Figure 45 ( $r = -0,17$ )

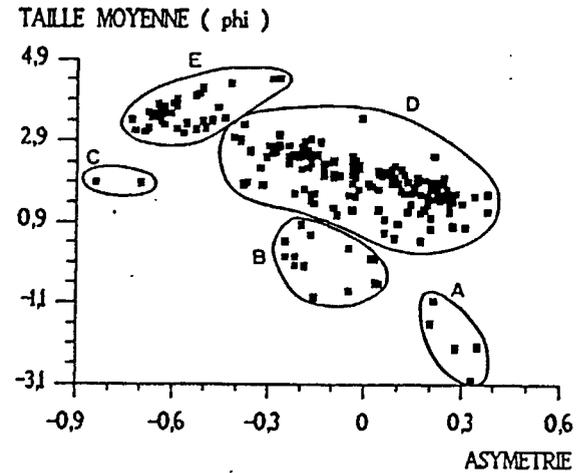


Figure 46 ( $r = -0,63$ )

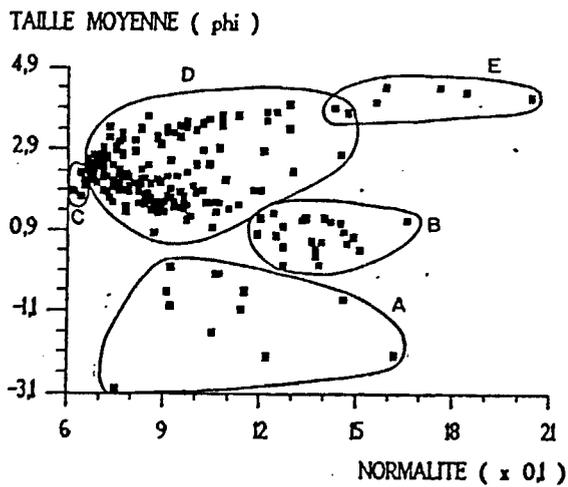


Figure 47 ( $r = -0,11$ )

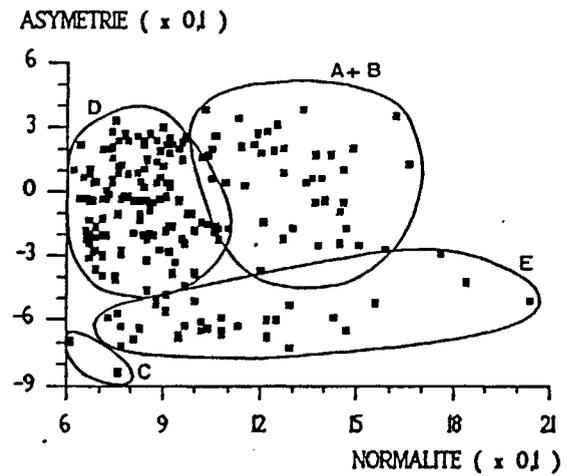


Figure 48 ( $r = -0,06$ )

Figures 45 à 48.- Confrontation des indices granulométriques taille moyenne, classement, asymétrie et normalité (A : passes et abords de passes; B : plaine bordière; C : baies côtières; D : plaine lagunaire s.s.; E : aires de décantation centrales).

Ces différents processus interviennent probablement de façon simultanée et à des degrés divers selon la topographie et la morphologie des passes; en atteste la présence à ce niveau, d'une part, de sédiments bimodaux à mode dans les graviers correspondant à l'addition de matériaux grossiers au sédiment en place (mélange de deux populations) et d'autre part, de sédiments amodaux traduisant le caractère alternatif des agents de transport.

Le second groupe (B) est surtout formé par des sables moyens bien classés, à l'asymétrie légèrement positive ou proche de zéro et à la normalité accusée. Placés pour la plupart à la périphérie du lagon mais un peu en retrait de la barrière (pente interne), ils se rencontrent aussi entre la passe de Yandé et l'île Paaba et à proximité de hauts-fonds ou de seuils coralliens (limite avec le Grand Passage). Ces échantillons des zones périphériques sont plus fins et mieux classés que les précédents (A), ce qui ne signifie pas que l'hydrodynamisme soit plus fort qu'au niveau des passes mais indique par contre une meilleure compétence des agents de transport vis à vis de ces sédiments. Ils signalent ainsi la limite granulométrique à partir de laquelle se font sentir les actions hydrodynamiques sur les sédiments de la plaine et représentent en quelque sorte les sédiments de la plaine soumis à l'influence des zones périphériques (plaine bordière). Nous verrons ici une certaine similitude avec l'auréole d'extension des fonds blancs d'arrière-récif décrite par DEBENAY (*op. cit.*) dans lagon Sud-Ouest.

Le troisième groupe (C) correspond à des échantillons de la zone côtière, plus précisément situés dans la baie Banaré et dans la prolongation de l'embouchure du Diahot. Ces échantillons un peu particuliers, du type sablo-vaseux (ou vaso-sableux) graveleux, ont déjà été remarqués à plusieurs occasions. Ils ne sont pratiquement constitués que de bioclastes de grande taille produits sur place dans un sédiment fortement colmaté par une fraction fine importante (40 à 60%), d'où un très fort indice de dispersion. Ils présentent ainsi le plus mauvais classement rencontré (fig. 45) pour une taille moyenne peu significative (sables fins) en raison de leur importante hétérogénéité et de leur très forte bimodalité (un mode dans les graviers et l'autre dans les vases). Leur asymétrie est très fortement négative. Selon MASON et FOLK (1958) ou FRIEDMAN (1961), ce milieu correspond à un délestage des particules fines en excès, conséquence d'une diminution progressive du pouvoir de charge de courants unidirectionnels. Il en résulte un fort envasement des fractions grossières autochtones. La fraction coquillière est constituée de valves d'huîtres dont la présence indique une légère dessalure des eaux et l'influence d'apports terrigènes (DEBENAY, 1985a); cette région est en effet (voir § 3) le siège d'apports fins (< 0,063 mm) d'origine continentale véhiculés par le Diahot et par le ruissellement des eaux de pluies le long des versants de l'extrémité nord de la Grande Terre; les caractères granulométriques particuliers de ces échantillons permettent de les assimiler aux fonds des baies côtières du lagon Sud-Ouest (DEBENAY, *op. cit.*; CHARDY *et al.*, 1988). Du point de vue de leur normalité

(fig. 47), qui est peu ou très peu accusée, ces échantillons ne se distinguent pas des sédiments de la plaine lagonaire (D). Les indices d'hétérogénéité, d'asymétrie et de normalité caractérisent donc ici des sédiments typiquement peu évolués et un milieu de très basse énergie à forte sédimentation.

Le quatrième groupe (D) représente la plaine lagonaire au sens strict (plaine *s.s.*), c'est à dire dont sont exclues les régions sous influence de la barrière (plaine bordière, groupe B) et les aires de décantation centrales (groupe suivant, E). C'est un ensemble relativement bien individualisé, surtout vis à vis des trois précédents; c'est aussi le plus dispersé; il affiche donc une variabilité marquée quant aux valeurs des indices granulométriques. La normalité peu ou moyennement accusée (fig. 47) traduit un hydrodynamisme très faible ou inexistant au regard de la taille des particules (sables fins ou très fins). Les importantes variations du classement, faible à bon (fig. 45), et de l'asymétrie, très négative à très positive (fig 46), reflètent donc plutôt les fluctuations dans la composition spécifique des biophases et les perturbations apportées au sédiment par les organismes responsables de bioturbation, que les effets des courants sur le sédiments.

Si l'on se réfère aux travaux de DE VAUGELAS et SAINT LAURENT (1984) ou de DE VAUGELAS (1985), l'action des Crustacés décapodes Callianassidae sur le sédiment, organismes responsables d'une activité bioturbatrice intense en milieu lagonaire corallien, se traduit par le rejet à l'extérieur des fractions les plus fines du sédiment et l'enfouissement des fractions grossières; il devrait donc s'en suivre pour le sédiment superficiel rencontré à hauteur des terriers, une diminution de la taille moyenne, une amélioration du classement, du triage et de la normalité (qui devient plus accusée) ainsi qu'un déplacement des valeurs de l'asymétrie vers les valeurs négatives ou fortement négatives. L'activité de ces organismes ne peut être négligée : la densité des terriers, qui mesurent dans certains cas jusqu'à 40 cm de haut pour un diamètre supérieur à 1 m à la base, peut aller jusqu'à 16/m<sup>2</sup> et la quantité de sédiment remanié atteindre 17 kg par semaine et par terrier. C'est donc là un problème important qui peut conduire comme l'a fait remarquer SHIN (1968), à une interprétation erronée, en termes de conditions physiques du milieu, de la granulométrie du sédiment. Il est cependant actuellement difficile de savoir quelle ampleur peuvent avoir ces phénomènes dans les erreurs d'interprétation.

Au sein de ce groupe se distingue une tendance à l'amélioration du classement et de la normalité, l'asymétrie devenant de plus en plus négative, au fur et à mesure que la taille des particules diminue. Le terme final de cette tendance caractérise les sédiments très évolués du dernier groupe (E) : sables très fins (ou vases) et très bien classés, la distribution des grains tend vers une répartition gaussienne.

Ce dernier groupe (E) réunit donc des sédiments très fins (sables très fins ou vases) du type vaso-sableux et unimodaux. Comme dans le cas des baies côtières (C), l'asymétrie est fortement négative mais la normalité accusée ou très accusée et le bon ou très bon classement traduisent ici des conditions de dépôt très différentes du premier cas et caractérisant des sédiments typiquement très évolués. Si l'on se réfère à la taille moyenne des sédiments, il apparaît que les valeurs les plus fortes de la normalité et les plus faibles du classement (en phi) s'adressent aux sédiments les plus fins. Il ne peut donc s'agir d'un milieu de haute énergie mais au contraire d'un milieu parcouru par des courants de faible intensité qui possèdent cependant une compétence poussée vis à vis de ces sédiments en raison de leur finesse. La cartographie a montré que ces sédiments occupaient les zones internes du lagon, plus exactement la plaine centrale nord et une portion de plaine comprise entre l'archipel des Bélep et le récif des Français (barrière occidentale). L'analyse combinée des indices confirme ainsi, comme le laissait entrevoir leur cartographie, la présence sur les aires centrales de la plaine lagonaire, de deux zones de décantation sous l'influence de courants de faible intensité; le fonctionnement de ces deux aires centrales diffère de celui des aires de décantation côtières (C).

Il est habituel, lorsque l'on veut distinguer les différentes conditions de dépôt de réaliser un diagramme opposant l'asymétrie à la normalité. FOLK et WARD (1957) conseillent de remplacer l'indice de Normalité,  $Kg$  par  $Kg' = Kg/(Kg+1)$ . Nous n'avons pas retenu cette méthode qui réduit encore l'éclatement du nuage de points. La relation entre normalité et asymétrie (fig. 48) module considérablement la différenciation des milieux sédimentaires exposée : sur la base de ces deux indices les frontières entre les différents ensembles apparaissent plus ténues et mettent en évidence la notion de continuum granulométrique déjà évoquée auparavant (voir § 2).

Globalement nous obtenons une opposition entre les aires de décantation (E et C) à l'asymétrie fortement négative et les autres parties du lagon (A + B et D) pour lesquelles l'asymétrie devient progressivement positive; les compartiments périphériques (A + B), se distinguent de la plaine lagonaire *s.s.* (D) par une normalité plus accusée; de la même façon, les aires de décantation centrales et leurs abords (E) se différencient des aires de décantation côtières (C) par des valeurs plus élevées de la normalité. Ce diagramme (fig. 48) matérialise bien l'absence de discontinuité et le passage graduel d'un environnement à l'autre.

Nous terminerons la confrontation des indices par un dernier diagramme de dispersion qui met en opposition l'asymétrie avec le classement des sédiments (fig. 49). Ce diagramme bivarié est intéressant car il montre que seules les aires de décantation (1 et 2) se distinguent nettement du reste des sédiments du lagon, d'une part par leur asymétrie à tendance fortement négative et d'autre part par leur classement bon à très bon pour les aires de décantation centrales de la plai-

ne, très mauvais pour les aires de décantation côtières. Le reste des échantillons se présente comme un groupe assez homogène (3) sans qu'il soit possible d'individualiser les sédiments des régions périphériques. Ce dernier point met en évidence l'influence réduite du domaine récifale (barrière et passes) sur la structure sédimentaire de la plaine lagonaire.

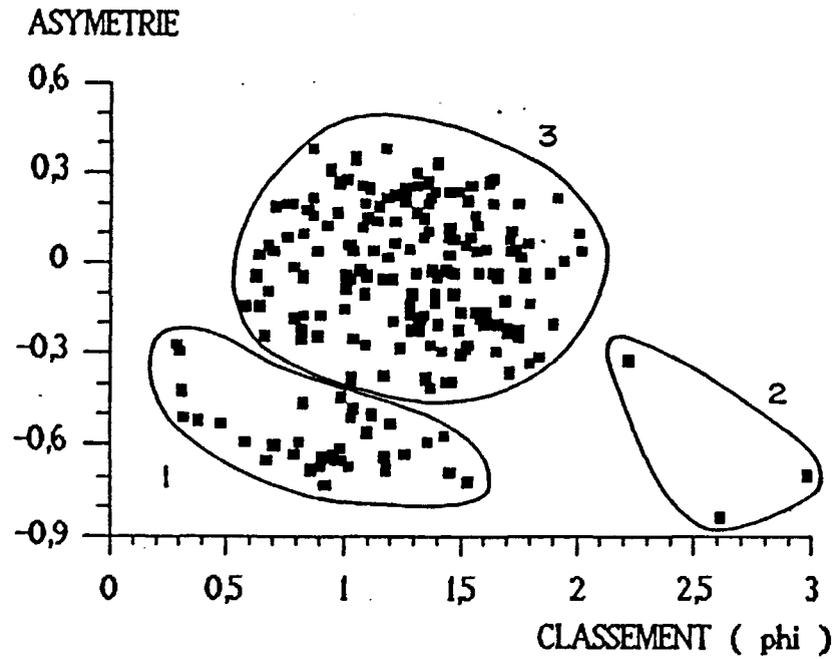


Figure 49.- Diagramme de dispersion asymétrie-classement ( $r = 0,09$ ) (1 : aires de décantation de la plaine centrale; 2 : baies côtières; 3 : autres prélèvements).

### 3.- ENVASEMENT ET SEDIMENTATION TERRIGENE

#### 3.1.- Répartition des sédiments selon leur teneur en vase

La teneur en vase des sédiments est en sédimentologie un indicateur précieux de l'hydrodynamisme. C'est aussi un paramètre important, voire fondamental, dans la composition et la distribution des peuplements benthiques (CHARDY *et al.*, 1988; CHEVILLON & RICHER de FORGES, 1988; SALEN-PICARD *et al.*, à paraître). Il était donc tout à fait justifié - notamment à l'attention des écologistes amenés à travailler sur le Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie - que ce paramètre fasse ici l'objet d'une étude particulière.

Dans le but de caractériser les faciès d'envasement, nous avons procédé à un découpage du pourcentage de vase en 6 classes : de 0 à 10% (faciès faiblement envasé), de 10 à 20% (faciès modérément envasé), de 20 à 40% (faciès fortement envasé), de 40 à 60% (faciès très fortement envasé), de 60 à 80% (faciès des vases dominantes) et de 80 à 100% (faciès des vases pures). Ce découpage est largement inspiré des travaux anglo-saxons sur la Grande Barrière d'Australie (MAXWELL, 1968; FLOOD *et al.*, 1978); il n'en diffère en fait que par le regroupement des deux premières classes (0 à 1 et 1 à 10%) utilisées par les auteurs précités, la première s'étant révélée trop peu fréquente dans notre cas. Ce découpage est un peu plus détaillé que celui utilisé dans les précédents travaux sur le lagon de Nouvelle-Calédonie (DUGAS, 1974; DUGAS & DEBENAY 1978b, 1980, 1981, 1982; DEBENAY 1985a, 1985b, 1987b). Les limites adoptées correspondent par ailleurs sensiblement à la distinction plus classique en sables propres ou "grainstones" (vase < 10%), sables vaseux ou "packstones" (10 à 50%), vases sableuses ou "wackstones" (50 à 80%) et vases ou "mudstones" (> 80%)(DUNHAM, 1962).

La teneur en vase des sédiments du Grand Lagon Nord est relativement importante puisque sur 206 échantillons la teneur moyenne est de 24%; la valeur la plus faible rencontrée est de 1,3% et la plus forte de 88,8%. Les sédiments faiblement envasés (FAE) prédominent dans le

lagon mais les sédiments fortement et modérément envasés (FOE et MOE) sont aussi très importants (fréquences respectives 33%, 25% et 20%). Les trois faciès de plus fort envasement - très fortement envasé (TFE), vase dominante (VAD) et vase pure (VAP) - ne sont représentés qu'à moins de 10% (Fig. 50).

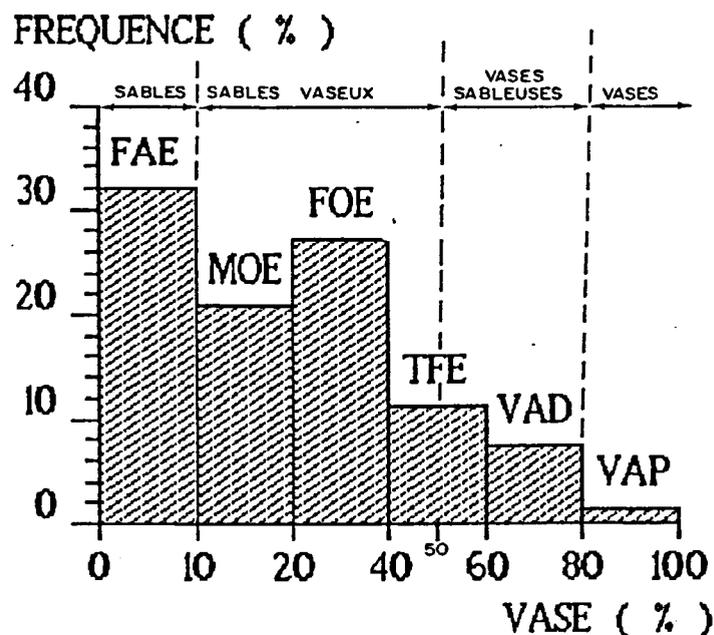


Figure 50.- Distribution de fréquence des différents faciès d'envasement : FAE, faiblement envasé (<10%); MOE, modérément envasé (10 à 20%); FOE, fortement envasé (20 à 40%); TFE, très fortement envasé (40 à 60%); VAD, vase dominante (60 à 80%); VAP, vase pure (>80%).

D'une façon générale, les différents faciès d'envasement se distribuent de façon concentrique (fig. 51). Cette structure est particulièrement nette dans la moitié nord du lagon où nous observons la succession de tous les faciès depuis la barrière récifale externe (faible envasement) jusqu'au centre du lagon (vase dominante et localement vase pure). Dans la moitié sud du lagon la structure concentrique est à l'évidence sous-jacente mais perturbée par la présence de l'archipel des Bélep et de l'extrémité nord de la Grande Terre. Entre les Bélep et le récif des Français nous retrouvons l'organisation décrite dans la moitié nord du lagon. Par contre, entre l'archipel des Bélep et le récif de Cook, nous observons la disparition - excepté dans une aire très restreinte, à l'est d'une zone comprise entre les Daos et le sud de l'île Art - des trois faciès les plus envasés (très fortement envasé, vase dominante et vase pure). Autour de la Grande Terre et de l'île Paaba nous rencontrons près de la côte le faciès très fortement envasé, puis la teneur en vase décroît vers la barrière occidentale jusqu'au faciès faiblement envasé. Cette répartition est certainement symétrique vers la barrière orientale mais nous n'avons pu disposer d'échantillons qui auraient mis en évidence cette succession dans la partie

au vent de la Grande Terre et de l'île Paaba (il s'agit d'une zone impropre à la navigation). L'ensemble du dispositif est légèrement décalé vers l'ouest et le nord-ouest, ce que nous attribuons à l'influence des vents dominants de secteur sud-est sur la sédimentation fine du lagon, mais aussi à la différence de déclivité entre la pente interne du récif barrière occidental très accentuée et la pente interne orientale plus douce.

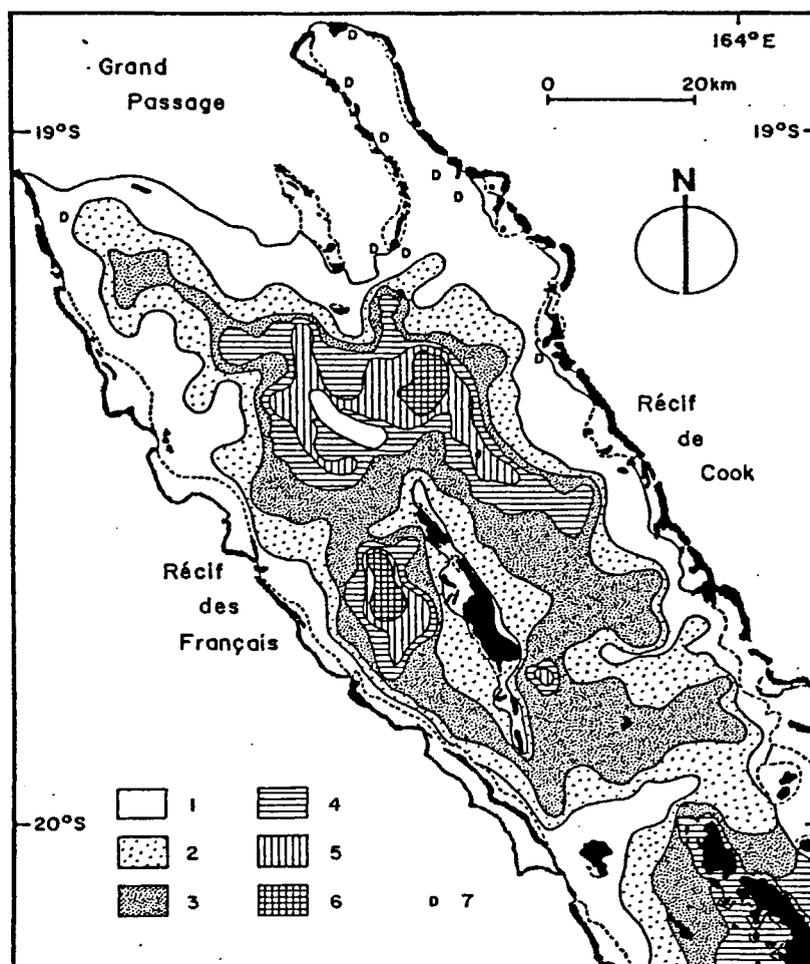


Figure 51.- Carte de répartition de la teneur en vase des sédiments (1 : moins de 10%; 2 : de 10 à 20%; 3 : de 20 à 40%; 4 : de 40 à 60%; 5 : de 60 à 80%; 6 : >80%; 7 : fonds durs).

La distribution des lutites dans le lagon est donc en parfait accord avec les résultats obtenus par l'étude des indices sédimentologiques : au niveau des zones périphériques, où l'hydrodynamisme est le plus important (houle du large brisant sur le récif, essentiel des échanges lagon-océan et donc courants importants au niveau des passes, surtout aux changements de marée), les sédiments subissent un lessivage de la fraction péltique qui ne peut se redéposer; dans les parties les plus centrales du lagon, qui sont aussi relativement plus profondes et les plus éloignées de tout accident topographique - tel que barrière récifale, passe,

seuil, haut-fond ou récif isolé - qui pourrait provoquer une accélération des courants, les conditions hydrodynamiques régnantes permettent aux particules fines lessivées au niveau de la périphérie ou produites *in situ*, de se déposer ou de demeurer en place. Bien que nous ayons exposé que l'hydrodynamisme dans le lagon était faible, il reste toutefois suffisant pour avoir une action marquée sur la fraction fine des sédiments.

Les sédiments des compartiments périphériques, qu'il était difficile de distinguer du reste des sédiments de la plaine, si ce n'est par leur taille moyenne plus grossière, apparaissent désormais comme clairement caractérisés par une teneur en vase inférieure à 10% (faciès faiblement envasé). En effet, ce faciès (FAE) est intimement lié à la zone d'arrière récif, à la pente interne et aux zones de passes; on le retrouve localement mais de façon restreinte dans la partie centrale du lagon au niveau des hauts-fonds et autour de l'archipel des Bélep, en raison du lessivage provoqué par l'accélération des courants; il s'étend plus largement vers le centre du lagon le long de la barrière au vent (récif de Cook) et dans la partie nord du lagon où il occupe de manière exclusive le diverticule nord-est; il trouve aussi un développement important dans l'axe de la passe de Yandé, jusqu'à la pointe nord de l'île Paaba; en d'autres termes, le faciès des sédiments faiblement envasés correspond étroitement à ce que les indices granulométriques nous ont permis de qualifier de "zone périphérique".

De la même façon, les deux aires dites de décantation sous l'influence de courants faibles sont associées au faciès des sédiments très fortement envasés, des vases dominantes et des vases pures, autrement dit une teneur en vase supérieure à 40%, tandis que les zones de décantation côtières coïncide, elles, avec le faciès très fortement envasé (40 à 60%).

Aux sédiments de la plaine *s.s.* correspondent les faciès modérément ou fortement envasés (MOE et FOE), c'est à dire une teneur en vase comprise entre 10 et 40%.

L'examen de la distribution des vases et en particulier des appendices formés par le faciès fortement envasé (FOE), pourrait laisser supposer qu'une partie de la fraction fine des sédiments serait éliminée à l'extérieur du lagon par les principales passes. La bathymétrie et l'analyse de nos données n'ont pourtant pas permis de révéler, comme dans le lagon sud-ouest (DEBENAY, 1985a, 1985b, 1987b), l'existence de vallées sous-marines ou de chenaux d'accumulation qui mettent les embouchures des rivières en communication avec les passes et par lesquelles une partie des apports fins du lagon est évacuée vers le large. Dans le nord, aucune rivière ne se déverse directement dans le lagon, ce qui explique l'absence de ces morphologies sous-marines.

La dispersion des points dans la relation entre l'envasement et la profondeur (fig. 52) montre qu'il est difficile d'établir un lien direct ( $r = 0,28$ ) entre la teneur en vase des sédiments et leur profondeur de prélèvement. Cette dispersion traduit le rôle important joué par la topographie : les aires les plus profondes ( $> 50$  ou  $60$  m) se rencontrent soit à l'extrémité nord-ouest du lagon - zone ouverte sur l'extérieur (Grand Passage) qui n'autorise pas le dépôt ou la persistance d'une fraction fine importante - soit au centre de la moitié nord du lagon où les fonds sont très envasés; réciproquement les aires de faible profondeur sont tour à tour très envasées lorsqu'elles se situent près de la Grande Terre (ruissellement) ou dépourvues de fraction fine lorsqu'elles se situent à proximité du récif barrière (lessivage). Les échantillons de la zone côtière se distinguent bien sur ce diagramme car ils sont les seuls en dessous de  $20$  m à contenir plus de  $20\%$  de vase ( $20$  à  $50\%$ ), vase dont l'origine est en partie terrigène (en hachures sur le graphique).

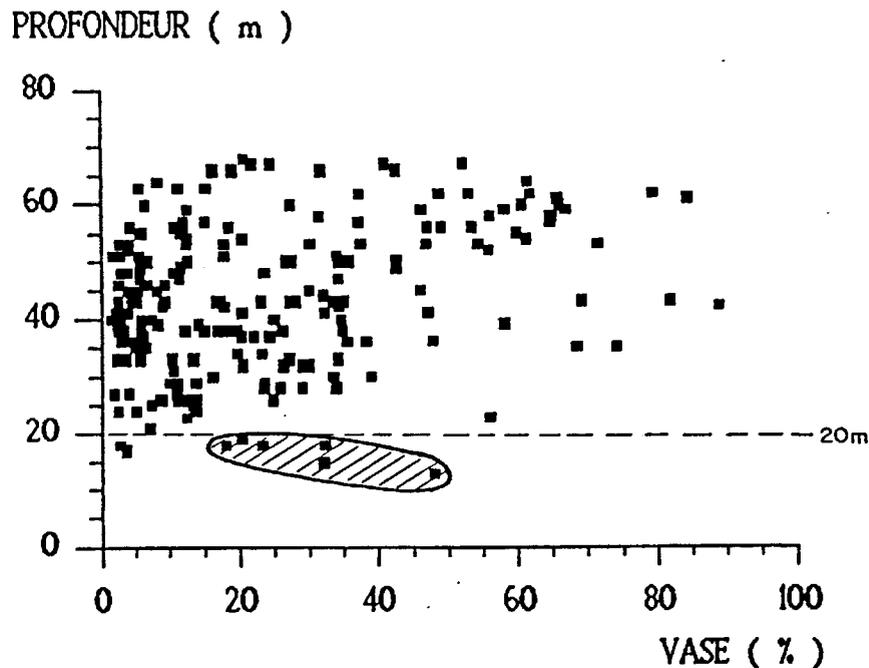


Figure 52.- Relation entre l'envasement et la profondeur ( $r = 0,28$ ); le nuage hachuré signale les échantillons du domaine côtier.

Des résultats identiques (absence de relation directe avec l'envasement) sont obtenus dans l'utilisation des indices de dispersion granulométrique qui traduisent les effets de l'hydrodynamisme au niveau du fond : le triage ( $r = -0,21$ ), le classement ( $r = -0,07$ ) ou la normalité ( $r = 0,04$ ); dans les deux dernier cas d'ailleurs, la corrélation obtenue n'est pas significativement différente de zéro. La relation entre normalité et teneur en vase des sédiments (fig. 53) reste cependant intéressante : dans un premier temps la tendance est à une augmentation

de l'envasement quand les valeurs de la normalité diminuent (A) puis, alors que l'envasement continue de s'accroître, les valeurs de la normalité augmentent à nouveau (B); l'inversion de la tendance se produit aux alentours d'un seuil de 40% à 50% de fraction fine qui sépare les sables des vases et correspond aussi à la limite entre les zones de décantation et le reste des sédiments du lagon. Aux pôles de cette double tendance nous trouvons, d'une part les sédiments faiblement envasés et à normalité très accusée ( $> 1,5$ ) du lagon périphérique (lévigation) et d'autre part les sédiments dont la teneur en vase dépasse 80% pour une normalité ici aussi très accusée et qui occupent les aires centrales de décantation. Dans le second cas l'augmentation des valeurs de la normalité ne doit pas être attribuée à une augmentation de l'hydrodynamisme mais à une adéquation de la compétence des courants vis à vis de la taille de ces sédiments très fins. Dans l'ensemble cette relation traduit bien les gradients hydrodynamique et granulométrique négatifs s'exerçant de la périphérie vers le centre du lagon.

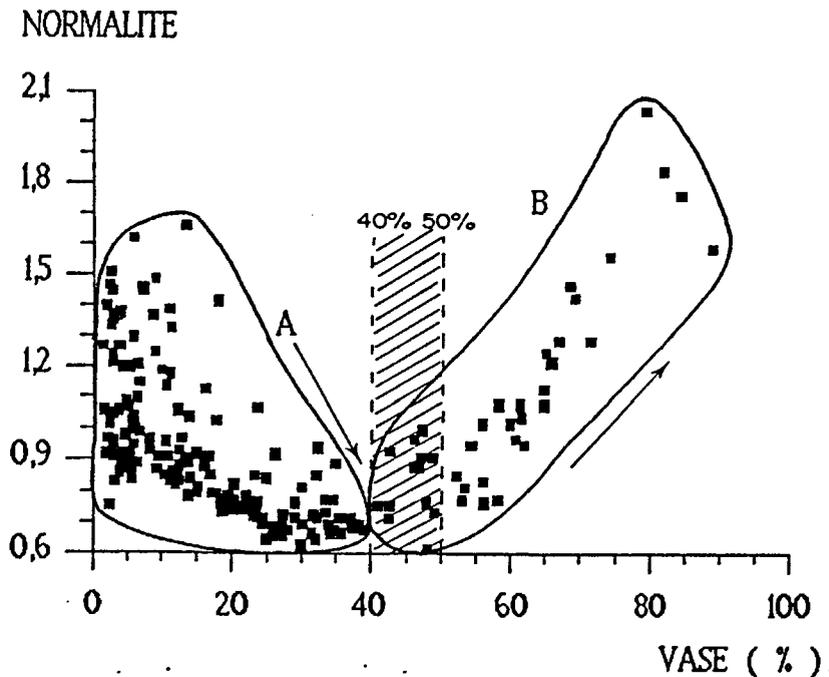


Figure 53.- Relation entre l'envasement et l'indice de normalité ( $K_g$ ) ( $r = 0,04$ ) (A : sédiments de la plaine et des compartiments périphériques; B : sédiments des aires de décantation et de leurs abords).

Nous rappellerons (voir § 2.1 et 2.2) que la teneur en vase a une influence marquée sur la médiane ( $r = 0,81$ ) ou la taille moyenne ( $r = 0,77$ ) des sédiments, ainsi que sur leur asymétrie ( $r = -0,74$ ).

La mauvaise adéquation entre l'importance de la teneur en vase dans le sédiment et les indices traduisant les effets hydrodynamiques tendrait à montrer que la distribution de

l'envasement ne serait pas uniquement régie par les agents hydrodynamiques. Ceci nous amène à penser, comme nous l'avions déjà supposé lors de l'étude des populations granulométriques (voir § 1.1.2), qu'il existe deux origines à la fraction fine contenue dans le sédiment :

- une origine autochtone : la fraction fine produite *in situ* reste en place en raison d'un faible hydrodynamisme général; elle est en continuité granulométrique avec les classes de taille supérieures;
- une origine allochtone : la fraction fine originaire de zones à plus grande énergie est transportée et vient recouvrir les sédiments en place dans les zones calmes du lagon; une partie de cette dernière est d'origine terrigène, l'autre partie qui proviendrait de la périphérie du lagon étant produite par les organismes associés aux édifices coralliens (brouteurs, foreurs) ou résultant de l'abrasion de cet édifice par les vagues et des courants (voir § 2.2)

Cette double origine est mise en évidence à la figure 54 qui oppose les pourcentages respectifs de sables très fins et de vase contenues dans le sédiment. Les points se regroupent suivant les trois ensembles suivants :

- les sédiments pauvres en fraction fine ( $< 10\%$ ) et plus ou moins riches en sables très fins (A); leur appartenance aux zones périphériques indique que ce déficit est le résultat du lessivage par les actions hydrodynamiques;
- les sédiments pour lesquelles la teneur en vase est sensiblement proportionnelle à la teneur en sable très fins (B); ils appartiennent à la plaine proprement dite; il y a ici une relation de continuité dans la fragmentation des particules; la fraction fine y est donc vraisemblablement autochtone;
- les sédiments riches en fraction fine ( $> 40$  ou  $50\%$ ) sans qu'il y ait de relation proportionnelle affirmée avec la teneur en sables très fins (C); ces sédiments correspondent aux zones de décantation et la fraction fine est donc probablement originaire des régions périphériques du lagon c'est à dire des sédiments du premier groupe.

Nous retrouvons par ailleurs sur ce graphique, les limites d'envasement de 10% et 40-50% qui ont permis de distinguer les sédiments des régions périphériques, de la plaine et des zones de décantation. La tendance globale, qui est à une augmentation de la teneur en vase quand le pourcentage de sables très fins diminue, reste dans l'ensemble favorable à une autochtonie de la

fraction fine des sédiments.

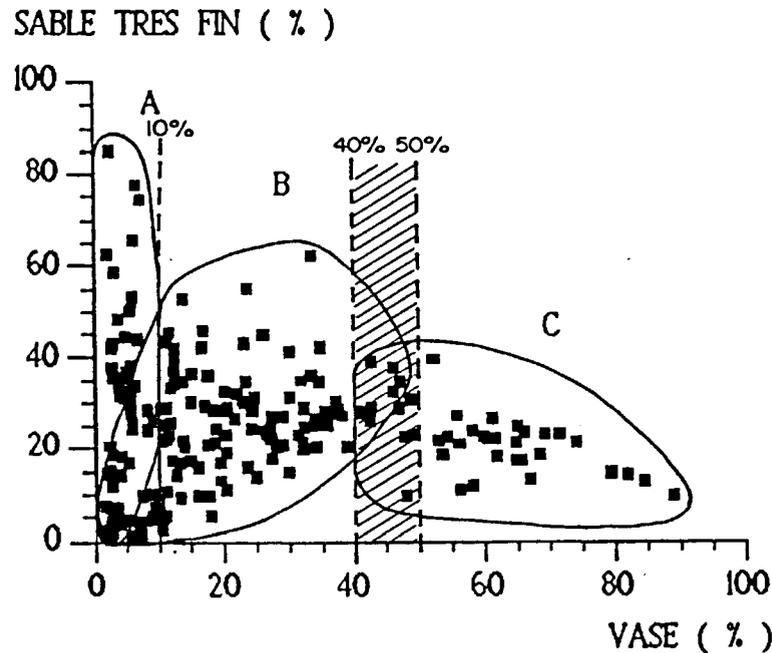


Figure 54.- Relation entre la teneur en vase et la teneur en sable très fin ( $r = -0,8$ ) (A : zones périphériques; B : plaine lagunaire; C : aires de décantation).

En résumé, nous retiendrons l'existence de trois principaux types de fonds relatifs à la teneur en lutites des sédiments : les fonds périphériques où la teneur ne dépasse pas 10% (faciès faiblement envasé), les fonds de la plaine dont la teneur en vase se situe entre 10 et 40% (faciès modérément ou fortement envasé) et les aires de décantation caractérisées par une teneur en fraction fine supérieure à 40% et pouvant dépasser 80% (faciès très fortement envasé, vases dominantes et vases pures). Cette trilogie n'est pas sans rappeler les trois types de fonds définis dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie par DEBENAY (1985a, 1985b, 1986) puis par CHARDY *et al.* (1988). A ces trois types de fonds, il faut ajouter le cas particulier des sédiments de passes qui n'apparaissent ni sur la cartographie, ni sur les diagrammes : leur teneur en vase ne dépasse jamais 5% et se situe le plus souvent aux alentours de 2 à 3%. La structure quasi-concentrique signale dans l'ensemble une exportation des sédiments des zones externes qui aboutit à une accumulation de sédiments fins dans les aires internes, modèle relativement classique dans les lagons en milieux coralliens (THOMASSIN & MASSE, 1985). De forts indices d'une production fine autochtone sont toutefois mis en évidence; il y aurait ainsi au niveau des aires d'accumulation un mélange de lutites d'origines diverses. Sur les fonds de la plaine *s.s.*, la fraction fine semble essentiellement autochtone. La présence de fraction fine produite *in situ* et non déplacée a été récemment observée dans les atolls de Takapoto et

Mataïva (ADJAS *et al.*, 1989)

Au sein des lagons néo-calédoniens, le Grand Lagon Nord se présente ainsi comme une étape intermédiaire entre un lagon de type côtier tel que le lagon sud-ouest (DEBENAY, 1985a, 1985b, 1986, 1987b; CHARDY *et al.*, 1988) ou le lagon de la côte est (GUILCHER, 1965; CHEVILLON, en préparation [a]) et un lagon de type océanique tel que celui des Chesterfield (CHEVILLON, en préparation [b]) ou les lagons d'atolls tels que Huon et Surprise (CHEVILLON, en préparation [c]) : dans les premiers, la répartition des vases se fait selon une zonation radiale par rapport à la côte (particulièrement nette dans le lagon de la côte est) et les faciès les plus envasés sont bien représentés; dans les seconds, il n'existe pas de zonation bien définie et les teneurs en vase sont beaucoup plus réduites (l'envasement ne dépasse qu'exceptionnellement 10% à Huon et Surprise et 40% aux Chesterfield).

### 3.2.- Teneur en carbonate de la fraction fine et relation avec les apports terrigènes

A l'image des auteurs anglo-saxons travaillant sur les sédiments de la Grande Barrière Australienne (MAXWELL, 1968; FLOOD *et al.*, 1978; ORME *et al.*, 1978; FLOOD & ORME, 1988) nous avons utilisé la teneur en carbonate des sédiments pour la différenciation des faciès sédimentaires. Quatre faciès sont ainsi distingués : le faciès des sédiments terrigènes ("Terrigenous Facies") de 0 à 40% de  $Co_3Ca$ , le faciès des sédiments mixtes ("Transitional Facies") de 40 à 60%, le faciès des sédiments carbonatés impurs ("Impure Carbonate Facies") de 60 à 80% et le faciès des sédiments carbonatés purs ("High Carbonate Facies") quand la teneur dépasse 80%. Le pourcentage de vase contenue dans les sédiments est ensuite utilisé par les auteurs précités pour définir des sous-faciès ("subfacies") selon les limites employées précédemment dans la cartographie des vases.

Dans le Grand Lagon Nord, seuls les deux faciès les plus fortement carbonatés ont été reconnus, c'est à dire les faciès des sédiments carbonatés purs et impurs. Cette partition des sédiments en deux groupes est mise en évidence à la figure 55 qui oppose le pourcentage de carbonate à la profondeur de prélèvement. Nous remarquerons que la limite naturelle entre ces deux groupes ne correspond pas exactement à celle choisie arbitrairement pour la séparation entre les deux faciès reconnus, mais qu'elle en est très proche (83% au lieu de 80%). Cette figure montre aussi que pratiquement tous les échantillons ont des teneurs en carbonate très élevées (en général > 85%). En effet, sur 206 échantillons analysés seuls 9 d'entre eux titrent moins de 80% de  $Co_3Ca$ . La teneur la plus faible rencontrée est de 73,3% (n°115) et la plus forte de 98,6% (n°19), la teneur moyenne sur l'ensemble du lagon étant de 89,7%. Au vu de ces

résultats et pour affiner l'étude de la répartition des carbonates dans le lagon, nous avons procédé à un nouveau découpage dans les fortes teneurs en carbonate : de 80 à 85%, de 85 à 90% et plus de 90%. La distribution des sédiments en fonction de ces limites est présentée à la figure 56.

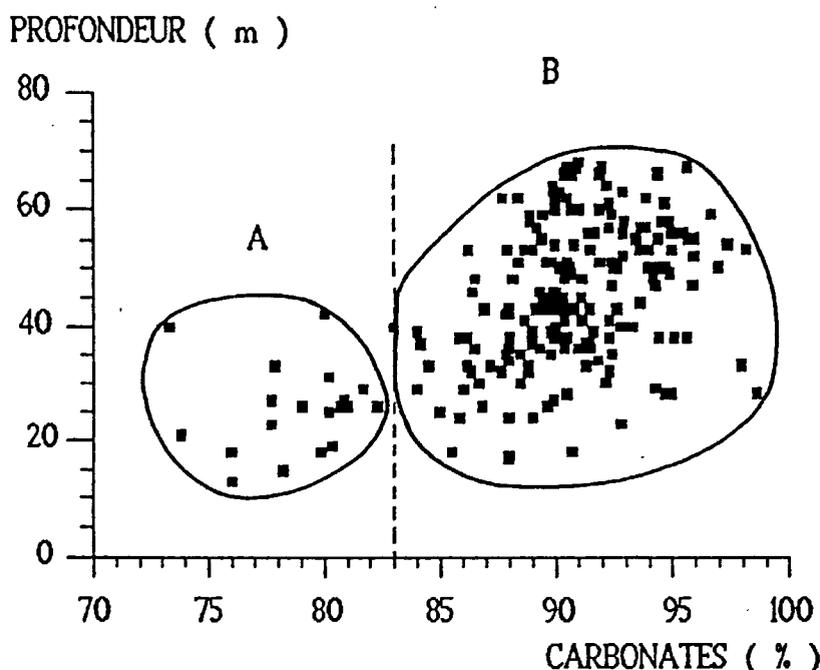


Figure 55.- Relation entre la teneur en carbonate et la profondeur de prélèvement ( $r = 0,53$ ) (A : faciès des carbonates impurs; B : faciès fortement carbonaté).

Si nous excluons la station n°115, située près d'un haut-fond, les sédiments les moins carbonatés (70 à 80%) sont situés autour de l'extrémité de la Grande Terre et près de l'île Yandé. Des teneurs de 80 à 85% sont rencontrées entre la Grande Terre et la passe de Yandé, près de l'archipel des Bélep et à hauteur de certaines passes. Une importante tache de sédiments dont les teneurs en carbonate sont comprises entre 85 et 90% occupe en partie la moitié ouest du lagon jusqu'au nord de l'archipel des Bélep où elle se rétrécit. Cette tache se retrouve au niveau du seuil vers le Grand Passage et semble être en continuité avec les principales passes du lagon, particulièrement le long du récif des Français. Le reste du lagon est occupé par des sédiments dont la teneur en carbonate dépasse 90%; la répartition des sédiments titrant plus de 95% n'apporte pas d'enseignement particulier.

L'examen au microscope du résidu de la décarbonatation révèle que la partie insoluble n'est pas uniquement constituée de matériel détritique d'origine continentale (représenté par des grains noirâtres aux contours anguleux qui sont probablement des silicates primaires) mais

qu'elle contient aussi une proportion variable d'éléments siliceux biogènes (frustules de diatomées, spicules de spongiaires, radiolaires) et organiques (cyanophycées, surtout *Trichodesmium*, dinoflagellés et exuvies de crustacés amphipodes). Il est difficile de quantifier les parts respectives de matériaux terrigènes et biogènes, mais nos observations sur divers échantillons montrent indéniablement que la part dévolue au grains siliceux biogènes augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la Grande Terre et de l'archipel des Bélep. Nous considérons ainsi que le déficit en carbonate (moins de 85% de  $Co_3Ca$ ) mesuré dans la moitié nord du lagon au niveau de certaines passes et d'un haut-fond (stations n°115, 126, 152 et 171) est surtout dû à la présence d'éléments siliceux d'origine biologique. Le sédiment serait alors exclusivement d'origine biologique.

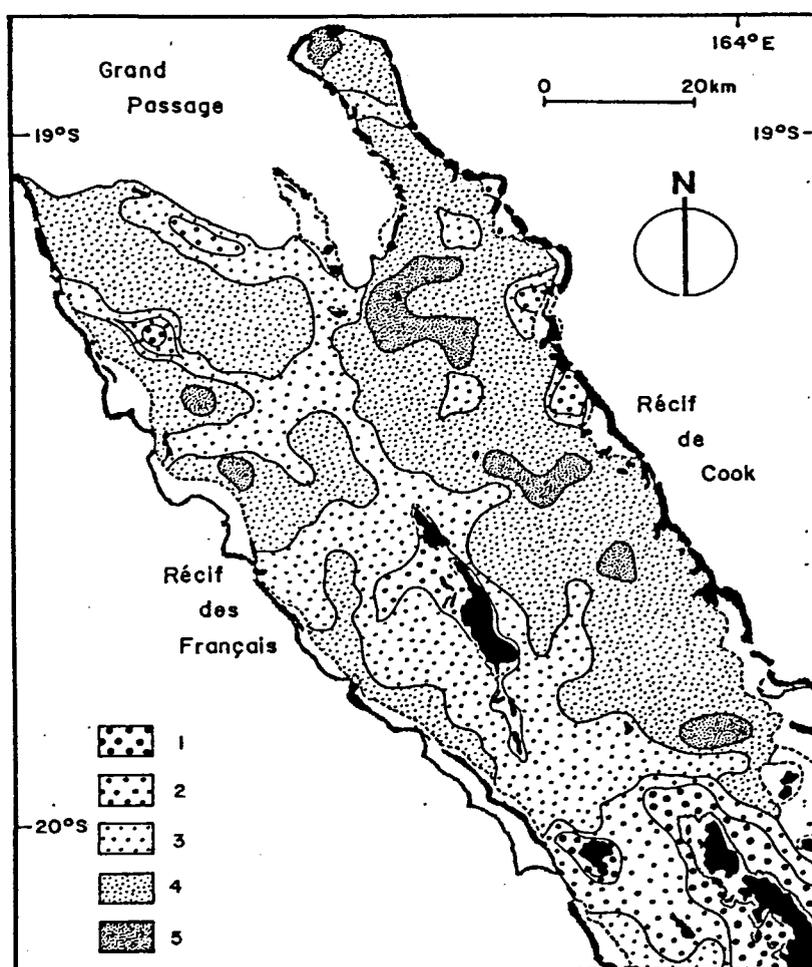


Figure 56.- Carte de répartition de la teneur en carbonate des sédiments (fraction < 63 μm) : 1, de 70 à 80%; 2, de 80 à 85%; 3, de 85 à 90%; 4, de 90 à 95%; 5, >95%.

Nous avons réalisé sur quelques échantillons une analyse plus poussée par une attaque nitro-perchlorique qui ne laisse intact que les silicates et le quartz. Dans le cas de sédiments

présentant un déficit de plus de 10% en carbonate, cette attaque laisse un insoluble blanc laiteux inexistant dans les autres cas. L'observation au microscope du résidu de l'attaque nitro-perchlorique montre qu'il est constitué des mêmes éléments que le résidu de la décarbonatation par simple attaque à l'acide chlorhydrique. Par ailleurs, nos travaux sur les sédiments du lagon des Chesterfield (CHEVILLON, en préparation [b]) et des atolls de Huon et Surprise (CHEVILLON, en préparation [c]), lagons dénués de toute influence terrigène, montrent que la part de matériel siliceux biologique insoluble se situe aux environs de 10% (de 4 à 12%). Nous considérons donc qu'un déficit de plus de 10% en carbonate dénote bien la présence de particules d'origine terrigène.

La comparaison avec les teneurs en carbonate mesurées dans les parties médianes et externes des lagons de Mayotte (GUICHER *et al.*, 1965), de Mopélie et de Bora-Bora (GUILCHER *et al.*, 1969) soulève cependant quelques interrogations : les teneurs en carbonate y sont pratiquement toujours supérieures à 98 ou 99%, chiffres que nous n'avons jamais rencontrés en Nouvelle-Calédonie, même dans le lagon franchement océanique des Chesterfield. Ces différences ne semblent pouvoir s'expliquer que par une différence dans la méthodologie de dosage des carbonates, probablement mesurés par les auteurs précités sur la seule fraction sableuse des sédiments.

Tout en tenant compte des réserves ci-dessus, nous considérons que l'étude de la teneur en carbonate des sédiments reste une approche valide de l'influence terrigène. La carte de répartition de cette teneur (fig. 56) montre donc que les apports terrigènes dans le Grand Lagon Nord sont faibles et limités pour l'essentiel à la zone côtière, une partie importante de ces apports étant probablement éliminée vers l'extérieur par la passe de Yandé, malgré l'absence de vallée sous-marine déjà évoquée. Nous retrouvons la marque d'une influence terrigène à hauteur de l'archipel des Bélep (côté sous le vent) ainsi que dans une bonne partie de la moitié occidentale du lagon, mais de façon plus restreinte. Dans ce dernier cas, la cartographie tend à montrer que ces apports terrigènes sont en partie éliminés par les principales passes ouvertes sur l'ouest et le nord.

Au sein du faciès des sédiments carbonatés purs, qui occupe la totalité du lagon en dehors de la zone côtière, tous les sous-faciès déterminés par la teneur en vase des sédiments peuvent être reconnus : envasement faible, modéré, fort, très fort, vase dominante et vase pure (fig. 57). Nous n'avons donc pas jugé utile de présenter la répartition de ces faciès et sous-faciès sur l'ensemble du lagon qui, en dehors de la zone côtière, offrent tout simplement la même répartition que les vases. Pour ce qui est du faciès des carbonates impurs, seul le sous-faciès des vases dominantes n'est pas représenté. La figure 57 montre aussi que l'essentiel des sédiments

du lagon a une teneur en carbonate supérieure à 85% pour moins de 40% de vase. Par ailleurs, les sédiments les plus envasés (vase dominante ou pure) affichent un fort taux de carbonate (jusqu'à 95%); la sédimentation ultra-fine est donc ultra-carbonatée (nous pouvons parler de "calcilutites"). La zonation de la région côtière suivant les faciès et sous-faciès déterminés par la teneur en vase et en carbonate des sédiments est présentée schématiquement à la figure 58.

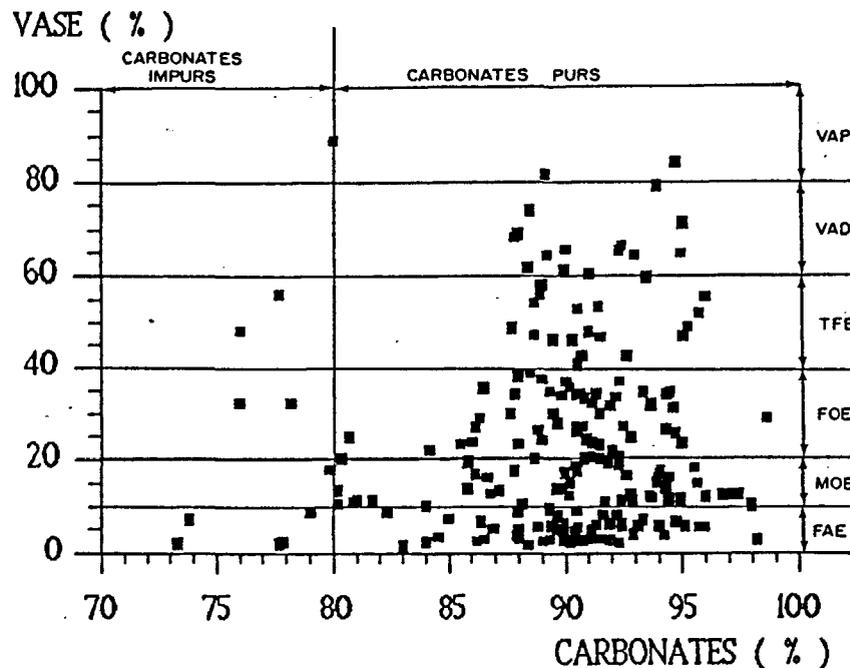


Figure 57.- Relation entre la teneur en vase et en carbonate des sédiments ( $r = 0,06$ ); les abréviations utilisées sont les mêmes qu'à la figure 50.

La sédimentation dans le Grand Lagon Nord se révèle donc essentiellement carbonatée. Seuls les sédiments de la zone côtière présentent un déficit notable en carbonate que l'on peut attribuer à la présence d'éléments détritiques issus du ruissellement le long des bassins versants de l'extrémité de la Grande Terre, de l'île Paaba et de l'île Yandé, ou véhiculés jusqu'au lagon par le fleuve Diahot (fig. 59). Les apports terrigènes associés à la présence de l'archipel des Bélep sont très faibles puisqu'aucun échantillon titrant moins de 80% de  $Co_3Ca$  n'a pu être recueilli à proximité.

Cette pauvreté des apports terrigènes et leur faible dispersion dans le lagon ont été maintes fois signalés dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie (GUILCHER, 1965; BALTZER & TRESQUES, 1971a; LAUNAY, 1972; DUGAS, 1973, 1974; COUDRAY, 1976; DEBENAY, 1985a, 1985b, 1986, 1987a, 1987b, 1988b). La comparaison avec ce lagon reste cependant difficile, les auteurs n'ayant utilisé pour la réalisation des cartes sédimentologiques qu'une

seule limite à 50% de carbonate (DUGAS & DEBENAY, 1978b, 1980, 1981, 1982). Pauvreté et faible dispersion des apports terrigènes avaient aussi été remarquées pour d'autres lagons en milieu récifal, tels que celui de Mayotte (GUILCHER *et al.*, 1965) ou de Bora-Bora (GUILCHER *et al.*, 1969). A la suite de leur travaux à Mayotte, en Nouvelle-Calédonie, à Bora-Bora et à Tahiti, GUILCHER *et al.* (1969) arrivent à la conclusion que la teneur en éléments terrigènes et organogènes dans les lagons de récifs barrières est fonction du rapport de la superficie des îles centrales non coralliennes à celle des lagons. Cette règle peut s'appliquer au Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie dans lequel la superficie des terres émergées à caractère continental est bien faible au regard de l'étendue de cet immense lagon, véritable mer intérieure (dans les limites de la zone étudiée, les terres émergées représentent environ 6% de la superficie). DEBENAY (1987a), pense pour sa part que la pauvreté des apports terrigènes pourrait être en relation avec le haut niveau marin persistant depuis la transgression holocène, qui a réduit le pouvoir d'érosion des cours d'eau en élevant leur niveau de base. Nous ajouterons à ces éléments le fait qu'aucune rivière importante - en dehors du Diahot dont l'embouchure est cependant très éloignée de la zone étudiée et séparée du lagon par un groupe de récifs (fig. 59) - ne se déverse dans ce lagon vaste, profond et dont la barrière est partout entrecoupée de passes de dimensions variables. Nous avons vu que si l'hydrodynamisme était faible, il avait cependant une action marquée sur les fractions les plus fines du sédiment et donc à fortiori, sur les particules ultra-fines d'origine terrigène qui seules parviennent jusqu'au lagon (voir § 2.3., chapitre 1).

La situation est donc différente de celle observée sur la Grande Barrière australienne (MAXWELL, 1968; FLOOD *et al.*, 1978, FLOOD & ORME, 1988) ou dans le lagon de la côte Est de Nouvelle-Calédonie (GUILCHER, 1965; CHEVILLON, en préparation [a]), pour lesquels on observe un gradient radial négatif des apports terrigènes et la succession de tous les faciès, depuis le faciès terrigène à la côte jusqu'au faciès des sédiments carbonatés purs au pied de la barrière récifale.

Du fait de son rattachement à l'extrémité nord de la Nouvelle-Calédonie et de l'influence, surtout dans le sud, d'îles hautes à caractère continental, le Grand Lagon Nord représente en fait un type intermédiaire entre les lagons côtiers à sédimentation mixte terrigène-carbonatée bien développée (Grande Barrière d'Australie, côte est de Nouvelle-Calédonie) et les lagons isolés d'atolls (Mopélie, Takapoto, Mataïva, Huon, Surprise) ou de type océanique (Chesterfield), à sédimentation exclusivement carbonatée; la distribution des apports terrigènes y est par contre sensiblement la même que dans les lagons de Mayotte, Bora-Bora ou de la côte ouest de Nouvelle-Calédonie (dispersion limitée aux zones internes, fonds de baies ou à une étroite bande côtière).

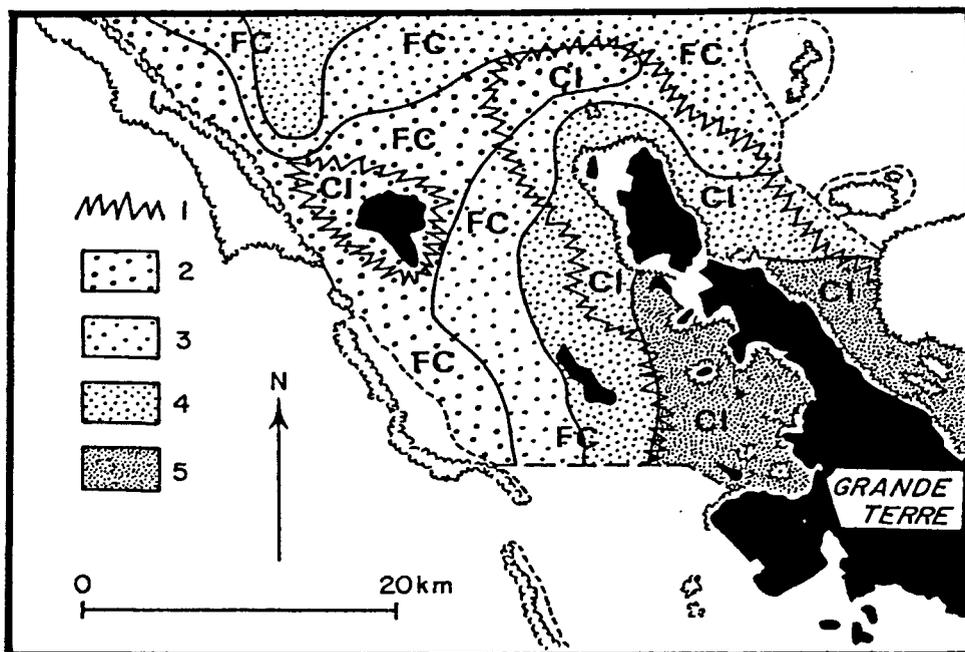


Figure 58.- Région côtière. Zonation des faciès et sous-faciès déterminés par la teneur en vase et en carbonate des sédiments (1 : limite extérieure du faciès des carbonates impurs; CI : faciès des carbonates impurs; FC : faciès fortement carbonaté; 2-5 : sous-faciès (envasement); 2 : faible; 3 : modéré; 4 : fort; 5 : très fort).

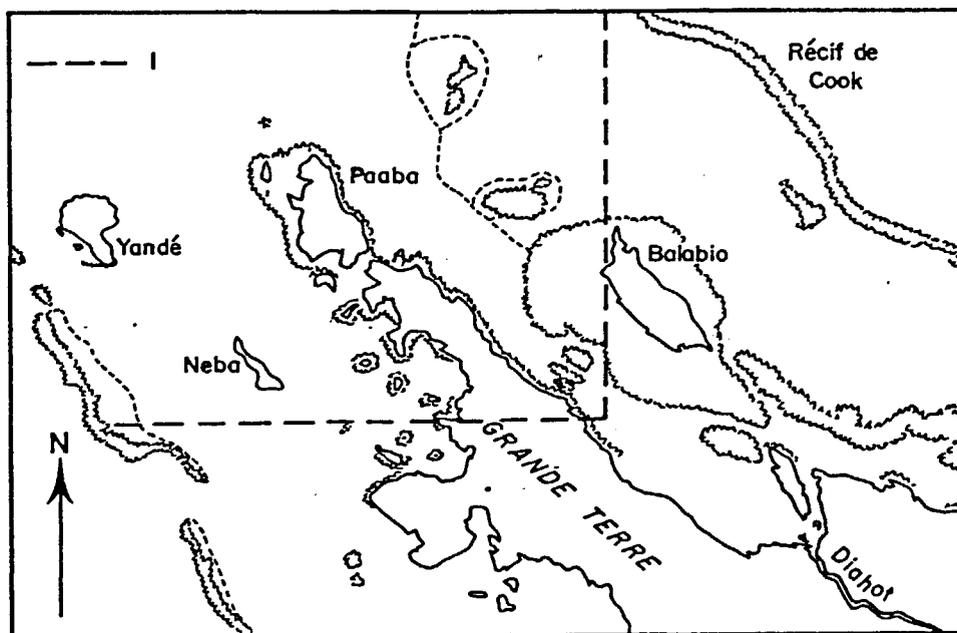


Figure 59.- Localisation de l'embouchure du Diahot vis à vis de la zone étudiée (--- : limites sud et est de la zone d'étude).

#### 4.- COULEUR DES SEDIMENTS ET RELATION AVEC LES APPORTS TERRIGENES

##### 4.1.- Distribution de la couleur des sédiments

Comme cela a déjà été signalé par SALVAT (1964), DEBENAY (1985a, 1985b, 1987b, 1988b) et par CHARDY *et al.* (1988), la couleur des sédiments peut se révéler un descripteur intéressant dans la différenciation de faciès sédimentaires. C'est pourquoi nous nous sommes attachés à une étude détaillée de ce paramètre, trop rarement pris en compte de façon systématique dans les études sédimentologiques.

Après une détermination précise de la teinte de chaque échantillon en référence à la table des couleurs de MUNSELL, nous avons opéré un regroupement en six catégories : blanc, jaune clair, jaune-orange, gris clair, gris foncé et vert-olive (fig. 60). Les couleurs rencontrées se situent essentiellement dans la palette HUE 5Y, "Value" 5 à 8 et "Chroma" 1 à 4 de la table de MUNSELL, ce qui équivaut, dans la nomenclature utilisée, aux teintes "white", "pale yellow", "yellow", "light gray", "gray" ou "dark gray" et "olive". Seuls quelques échantillons de couleur grise se situent dans la palette HUE 2.5Y (Value 5, Chroma 0, code HUE 2.5Y N5) ou GLEY (N5, 5Y 5/1) et quelques échantillons jaune-orange dans les palettes HUE 10YR (Value 7 à 8, Chroma 6 à 8), HUE 2.5Y (Value 8, Chroma 8) et HUE 7.5YR (Value 7, Chroma 8). Ces derniers correspondent dans la nomenclature de MUNSELL à des teintes "yellow", "reddish yellow" et "brownish yellow".

L'observation de la figure 60 montre que la couleur des sédiments est répartie suivant des "auréoles" quasi-concentriques, excepté dans le sud où cette organisation est perturbée par la présence de la Grande-Terre. A la périphérie du lagon, les sédiments de couleur blanche (codes HUE 5Y 8/1, 8/2, 8/3, soit "white" ou "pale yellow") sont exclusivement localisés le long de la pente interne du récif barrière. Ils forment ainsi une bande de fonds blancs qui épouse fidèlement le tracé sinueux de la barrière et ne se trouve généralement pas au delà de 30 m.

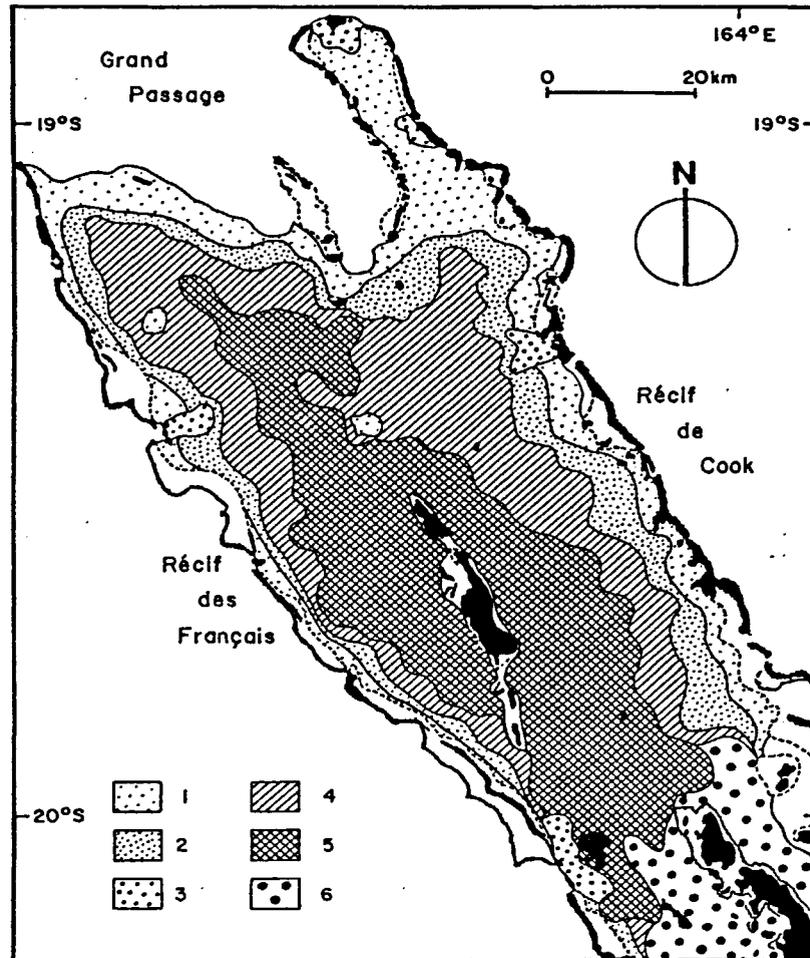


Figure 60.- Carte de répartition des sédiments selon leur couleur (1 : blanc; 2 : jaune clair; 3 : jaune-orange; 4 : gris clair; 5 : gris foncé; 6 : vert-olive).

Ces fonds blancs acquièrent un développement plus important dans le nord où ils occupent le seuil corallien qui marque la sortie du lagon vers le Grand Passage et la totalité de l'appendice formé par le repli nord-est du récif de Cook. Ils s'y rencontrent alors jusqu'à 40, voir 50 m de profondeur. Au centre du lagon, les sédiments gris foncés (codes HUE 5Y 4/1, 4/2, 5/1, 5/2, HUE 2.5Y N5, GLEY N5, GLEY 5Y 5/1, équivalents aux teintes "gray", "dark gray" ou "olive gray" selon MUNSELL) forment une tache étirée sud-est/nord-ouest et légèrement décallée vers l'ouest. Ces fonds occupent une plage bathymétrique très large puisqu'on les trouve à moins de 30 m dans le sud mais jusqu'à 70 m dans le nord du lagon. Entre ces deux pôles nous observons successivement, de la périphérie vers le centre, des sédiments de couleur jaune clair (HUE 5Y 7/2, 7/3 et 8/2 à 8/6, soit "pale yellow" ou "light gray") dans la tranche bathymétrique 30 à 50 m, puis des sédiments gris clairs (HUE 5Y 6/2, 7/1, 7/2, c'est à dire "light gray" ou "light olive gray"), particulièrement étendus dans la moitié nord du lagon. Les sédiments jaune-orange se rencontrent exclusivement dans les passes et leurs abords immédiats - de 30 à 50 m de

profondeur - et les sédiments de couleur vert-olive (HUE 5Y 5/2 à 5/4 et 6/3 à 6/6, soit "olive", "olive gray", "pale olive" et "olive yellow") sont uniquement localisés à la périphérie de l'extrémité nord de la Grande Terre et autour de l'île Paaba (fonds de 10 à 25 m). Du sud vers le nord du lagon, l'espace occupé par les sédiments gris foncés se réduit progressivement pour laisser la place aux sédiments gris clairs puis aux sables jaunes clairs et blancs dans l'extrême nord.

Le détail de la relation de la couleur avec la profondeur est présenté à la figure 61; cette relation est précisée vis à vis de la teneur en vase à la figure 62 (nous verrons aux paragraphes 4.2 et 4.3 que profondeur et envasement sont deux facteurs déterminants dans la coloration des sédiments). Les fonds de moins de 30 m apparaissent exclusivement occupés par des sédiments vert-olive; en fait, nous n'avons pu échantillonner les fonds d'arrière-récif dans cette tranche de profondeurs, mais les observations *in situ* permettent de certifier que la totalité de ces fonds est constituée, le long de la barrière, par des sables blancs. Ainsi les fonds blancs se rencontrent de 0 à 45 m lorsque la teneur en vase est inférieure à 10% et les sédiments vert-olive dans les fonds de moins de 30 m lorsque l'envasement est supérieur à 10%. Au fur et à mesure que la profondeur s'accroît, des sédiments jaunes clairs puis gris clairs se substituent progressivement aux fonds blancs, les fonds jaunes marquant la transition entre les fonds de couleur claire et les fonds à teinte dominante grise; ces fonds jaunes se trouvent de 25 à 55 m tant que la teneur en vase est inférieure à 40%. Au delà de 55 m et d'un envasement de 40%, les fonds de couleurs claires disparaissent et tous les sédiments sont à teinte dominante grise. La distinction entre les sédiments gris clairs et gris foncés ne semble pas être d'ordre bathymétrique : les sédiments gris clairs sont en effet les plus fréquents dans les parties profondes du lagon, alors que les sédiments gris foncés sont les mieux représentés dans les fonds de 20 à 45 m. Nous pouvons tout au plus remarquer qu'au delà de 50 m et de 40% de vase ce sont essentiellement des sédiments gris clairs qui sont rencontrés et que ces conditions correspondent surtout à la moitié nord du lagon. Les sédiments jaune-orange de par leur appartenance aux passes sont liés aux conditions suivantes : profondeur de 35 à 55 m et teneur en vase inférieure à 5%.

En référence à la table de MUNSELL, cette zonation se traduit par un gradient dans la *luminosité* ("value") de la teinte des sédiments qui passe de 8 (sables blancs proches de la barrière) à 5 ou 4 pour les sables gris foncés du centre du lagon. Le problème est un peu plus complexe pour l'*intensité* ("chroma"), mais abstraction faite des sédiments blancs (chroma=1), le même phénomène est observé avec une diminution de l'intensité de 8 (sédiments jaunes clairs de la périphérie) à 4 pour les sédiments gris foncés.

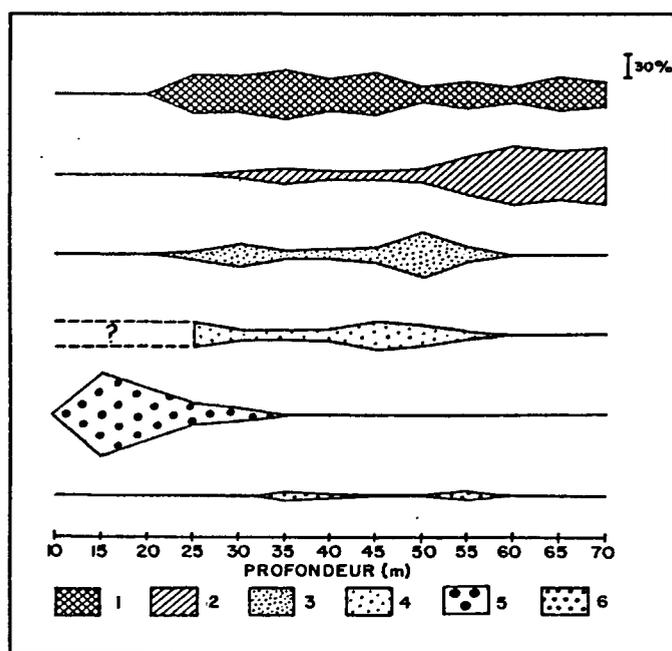


Figure 61.- Variations de la fréquence des couleurs observées en fonction de la bathymétrie (n = 206) (1 : gris foncé; 2 : gris clair; 3 : jaune clair; 4 : blanc; 5 : vert-olive; 6 : jaune-orange).

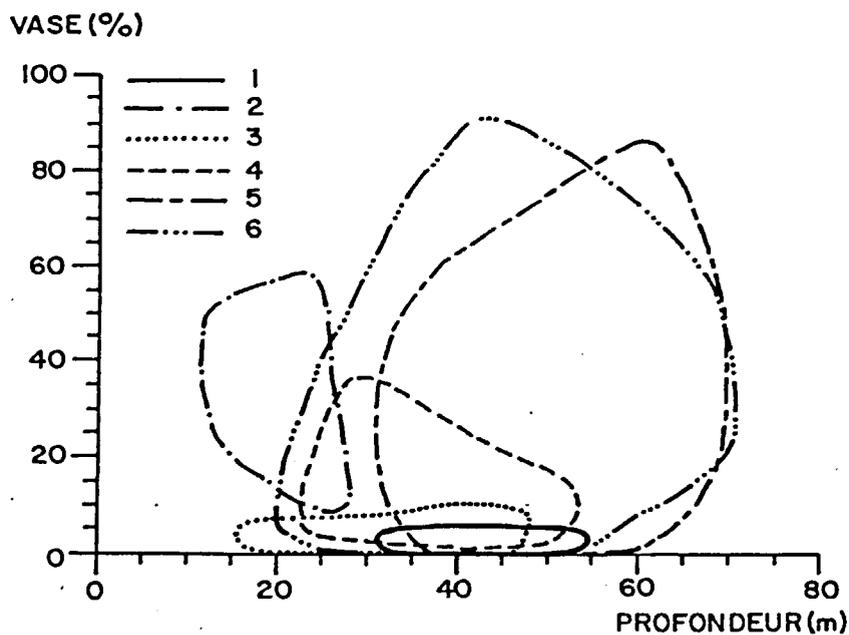


Figure 62.- Diagramme de dispersion montrant la relation entre la couleur des sédiments, l'envasement et la bathymétrie (1 : jaune-orange; 2 : vert-olive; 3 : blanc; 4 : jaune clair; 5 : gris foncé; 6 : gris clair).

La figure 63 présente les fréquences relatives observées dans le Grand Lagon Nord pour chacune des six couleurs définies. Les sédiments gris foncés y apparaissent comme largement prédominants (38% des échantillons) suivis de près par les sédiments gris clairs (28%). Viennent ensuite les sédiments blancs (15%) et jaunes clairs (12%). Les sédiments vert-olive ne

représentent que 5% des échantillons et les sédiments jaune-orange sont les moins fréquents avec 2%. Les sédiments à teinte dominante sombre (gris foncé, gris clair et vert-olive) constituent donc l'essentiel des fonds du lagon (71%) tandis que les fonds à teinte dominante claire (blanc, jaune clair, jaune-orange) ne représentent que 29% des échantillons recueillis.

La répartition de la couleur des sédiments dans le Grand Lagon Nord se fait de la façon suivante : de la périphérie vers le centre, les sédiments prennent des teintes de plus en plus foncées, du sud vers le nord, les sédiments à teinte dominante foncée laissent progressivement la place aux sédiments de couleurs claires. La couleur blanche des sédiments est indiscutablement liée à la présence d'édifices coralliens surtout représenté ici par la barrière récifale externe.

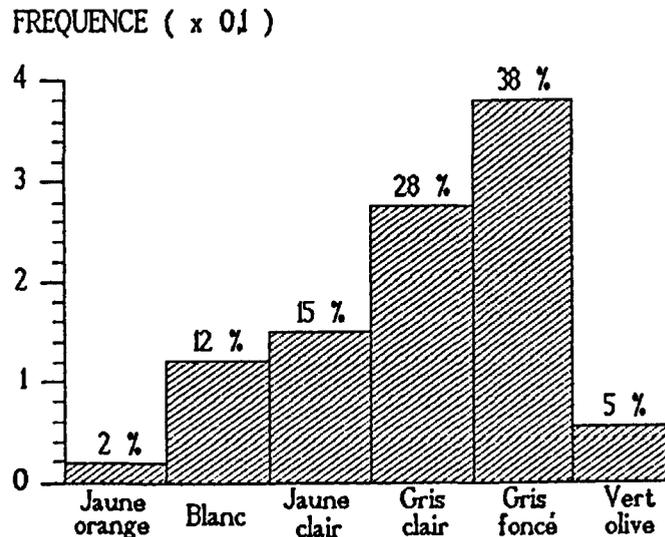


Figure 63.- Fréquences observées des différentes couleurs du sédiment (n = 206).

#### 4.2.- Relation de la couleur avec les autres paramètres

Ne pouvant réaliser une analyse géochimique du sédiment, nous avons voulu déterminer quelle pouvait être la relation de la couleur avec les autres paramètres dont nous disposions; dans ce but, nous avons utilisé le *Coefficient de Contingence* (SIEGEL, 1956; LEGENDRE & LEGENDRE, 1984b), coefficient de corrélation non paramétrique particulièrement utile dans l'analyse des relations entre des descripteurs qualitatifs et des variables (ordonnées ou non) divisées en classes (voir Chap. 2). Dans le cas présent, la couleur (variable de nature nominale ou "discrète"), est confrontée à une série de variables semi-qualitatives (indices sédimentologiques) ou continues (profondeur, envasement) préalablement rangées en classes.

Nous avons effectué deux séries de tests. Dans la première série, chaque variable opposée à la couleur a été divisée en classes selon les limites adoptées pour la terminologie (voir Chap. 2, § 4.3) ou la cartographie des variables (voir Chap. 3 & 4). Dans la deuxième série nous avons opéré ces regroupements de façon à obtenir 4 classes d'effectifs quasiment égaux dont les limites ont été déterminées graphiquement à partir des histogrammes de fréquences cumulées de la distribution de chaque variable. Dans les deux cas, il n'a pas été possible de conserver dans l'analyse les couleurs jaune-orange et vert-olive, trop peu fréquentes dans notre échantillonnage, pour rester dans les conditions de calcul du  $\chi^2$  (moins de 20% des fréquences calculées <5 et aucune <1)<sup>1</sup>. Pour la première série de tests, les regroupements nécessaires à l'application des conditions de calcul du  $\chi^2$  rendent parfois l'interprétation douteuse : c'est le cas, par exemple, de la taille moyenne où il a fallu regrouper les graviers avec les sables grossiers et les sables moyens. D'autre part les coefficients de contingence obtenus ne sont pas comparables entre eux puisque n'étant pas issus de tableaux de même dimension. C'est ce qui nous a conduit à réaliser la deuxième série de tests dont les résultats figurent au tableau 4. Dès lors nous pouvons déterminer l'ordre d'influence des variables sur la couleur, tous les coefficients de contingence étant calculés avec la même nombre de degrés de liberté. Les résultats du tableau 4 montrent que nous pouvons rejeter l'hypothèse nulle avec une sécurité de 99% dans le cas de la relation de la couleur avec l'envasement (C = 0,59), avec la profondeur (C = 0,56), avec la teneur en carbonate (C = 0,48) et avec une sécurité de 95% dans le cas du triage (C = 0,29) et du classement (C = 0,28). Nous pouvons conclure dans ce cas, qu'au sein de la population représentée par notre échantillonnage le degré d'association entre la couleur et les variables en question est significativement différent de zéro. La relation de la couleur avec les autres paramètres sédimentologiques n'apparaît pas significative.

Tableau 4.- Résultats des tests de corrélation non paramétriques entre la couleur et différentes variables. Pour dl = 9,  $\chi^2_{0,05} = 16,92$  et  $\chi^2_{0,01} = 21,67$ . \*\*: hautement significatif; \*: significatif ( $\chi_{calc.}$ : valeurs calculées du khi carré; Prof : profondeur; Carb : teneur en carbonate;  $\sigma_1$  : triage;  $D_\phi$  : classement; Mz : taille moyenne; Kg : normalité; Ski : asymétrie).

	Vase	Prof	Carb	$\sigma_1$	$D_\phi$	Mz	Kg	Ski
$\chi^2_{calc.}$	105,8**	87,12**	59,09**	18,21**	17,10**	14,82	14,64	5,91
C	0,59	0,56	0,48	0,29	0,28	0,26	0,26	0,17

1. (COCHRAN, 1954). Ces conditions sont toutefois discutées (LEGENDRE & LEGENDRE, 1984b) voire rejetées par certains auteurs (FIENBERG, 1980); nous n'en avons toutefois pas tenu compte ici.

#### 4.3.- Origine de la couleur des sédiments

MAIKLEM (1967) attribue la coloration noire des sédiments à la réduction du fer d'origine terrigène en sulfure de fer. Cette transformation s'opèrerait en milieu fortement réducteur sous l'action de bactéries sulforéductrices. Les grains ainsi noircis seraient ramenés à la surface du sédiment par bioturbation, un fort pourcentage de grains noircis dans le sédiment indiquant la proximité de la zone réductrice du sédiment et un constant remaniement par les organismes benthiques. Toujours selon MAIKLEM (1967), les grains noirs replacés en milieu oxydant prendraient alors une couleur plus claire par oxydation du fer. MAXWELL (1968) considère pour sa part que la couleur noir caractériserait des sédiments reliques tandis que CATALA (*in* SALVAT, 1964) et DUGAS (1974) associent la couleur grise au développement de cyanophycées épilithiques.

DEBENAY (1985a, 1986, 1987b, 1988b) explique la répartition de la couleur des sédiments dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie de la façon suivante : dans les fonds importants, les conditions réductrices permettent la formation de sulfures de fer qui teintent les bioclastes en gris alors que dans les fonds faibles, les grains gris des sédiments replacés dans un milieu oxydant prennent une teinte jaune; près de la barrière, le faible apport en fer et le milieu très oxydant (ROUGERIE, 1986) provoquerait une décoloration totale des bioclastes expliquant leur couleur blanche. Cet auteur montre par ailleurs que la couleur rouge ou ocre des sédiments situés au voisinage de la côte et des embouchures est étroitement liée à leur teneur en oxyde ferrique d'origine continentale. Nous n'avons pas observé, pour notre part, de sédiments rouges ou ocres dans le Grand Lagon Nord étant donnée l'absence de rivières se jettant directement dans ce lagon; ils sont par contre très abondants dans le lagon de la côte est qui est plus directement soumis aux apports terrigènes que le Grand Lagon Nord (CHEVILLON, en préparation [a]). A la place des sédiments rouges, nous avons observé près de la côte des sédiments vert-olive; ce sont probablement les mêmes qui ont été observés par DUGAS (1974) en baie de St Vincent sous le terme de sédiments "gris-vert".

Plus récemment, ODIN *et al.* (1987) ce sont intéressés à un composé minéral original de couleur verte contenu dans certains bioclastes : la "phyllite V", néoformée en milieu marin subrécifal et remarquablement riche en fer ferrique; ce minéral argileux a donné naissance à un nouveau faciès géologique, le faciès verdine, qui est bien caractérisé en Nouvelle-Calédonie. Au cours de leur travaux, ces auteurs ont caractérisé de façon plus poussée le pigment noir qui donne leur teinte sombre aux sédiments : "La diffraction des rayons X montre [...] la présence d'un mélange d'argiles probablement piégées dans les tests noircis; mais ces composés ne constituent pas l'essentiel du pigment noir. Avec un peu de quartz et des restes de carbonate,

nous avons noté [...] la présence conjointe de goethite et de pyrite. Ceci résulterait d'une cristallisation préalable de pyrite dans le test en milieu réducteur (présence de matière organique dans les tests) suivie d'une oxydation de cette pyrite après altération complète de la matière organique dans l'eau du lagon au caractère oxydant affirmé. Cette interprétation [...] donnerait, au moins pour les tests noircis du lagon néo-calédonien, l'explication de cette coloration souvent discutée ".

ODIN (1985) et ODIN *et al.* (1987) signalent aussi la présence de grains ocre à rouille qu'ils attribuent, à l'image de MAIKLEM (1967), à une oxydation de grains initialement gris ou verts. C'est ce qui explique probablement la présence, entre les fonds blancs d'arrière récif et les fonds gris de la plaine du lagon, d'une ceinture de sédiments à teinte dominante jaune ainsi que la présence caractéristique au niveau des passes des sédiments de couleur "jaune-orange".

Tous ces éléments sont en accord avec les résultats obtenus lors de l'étude des liens entre la couleur et les autres paramètres : ainsi la corrélation obtenue avec la profondeur et l'envasement s'explique par le fait qu'une forte teneur en vase des sédiments associée à une profondeur importante est favorable à l'apparition d'un milieu réducteur. Le coefficient de contingence obtenu avec les variables triage et classement s'explique aussi, puisque ces deux indices reflètent les effets des agents hydrodynamiques au niveau du fond et donc l'oxygénation et le brassage du milieu. La relation obtenue avec les carbonates est plus complexe : nous avons vu que la couleur grise est associée à la présence de fer d'origine continentale en milieu réducteur; or la figure 64, qui est une représentation graphique du tableau de contingence obtenu dans l'étude de la relation de la couleur avec la teneur en carbonate des sédiments, montre clairement que les couleurs les plus foncées ne sont pas associées aux plus faibles teneurs en carbonate. Nous pouvons alors penser que les apports terrigènes, mêmes en quantité infime, suffisent à colorer le sédiment. Etant donné que l'on mesure en réalité la teneur en carbonate et non pas la teneur en éléments terrigènes, ils serait alors impossible de déceler une relation directe entre la couleur et l'influence terrigène. La cartographie montre par contre une répartition des sédiments gris foncés très proche de celle des sédiments dont la teneur en carbonate est comprise entre 70 et 80%; il en va de même entre les sédiments vert-olive et ceux dont la teneur en carbonate est inférieure à 70%, ce qui tend à confirmer l'importance des apports terrigènes sur la couleur du sédiment.

Par ailleurs nos travaux aux îles Chesterfields (CHEVILLON, en préparation [b]) et dans les lagons des atolls de Huon et Surprise (CHEVILLON, en préparation [c]), montrent que dans ces lagons océaniques isolés dépourvus d'apports d'origine terrigène, la couleur des sédiments est exclusivement blanche, y compris à des profondeurs importantes (70 m) et en présence

d'une forte teneur en vase (40%). Nous en concluons que la couleur est un bon marqueur de l'influence continentale, même lorsque celle-ci est très restreinte et difficilement décelable par l'analyse de la teneur en carbonate des sédiments.

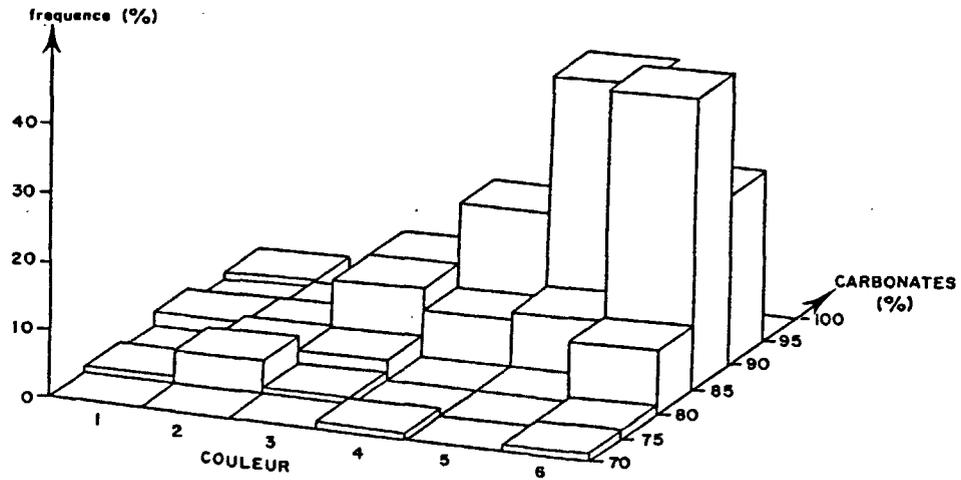


Figure 64.- Stéréogramme en bloc montrant la répartition des valeurs dans le tableau de contingence couleur-carbonate.

## 5.- SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS A L'ETUDE GRANULOMETRIQUE ET TEXTURALE

Les caractères granulométriques des sédiments ont été analysés par différentes méthodes : fraction dominante, modalité des distributions, types sédimentaires et indices granulométriques. Les principaux résultats obtenus sont récapitulés ci-après.

Les sédiments à tendance fine prédominent largement sur les sédiments à tendance grossière et il en va de même des sédiments à distribution bimodale par rapport au sédiments unimodaux. A l'exception des sédiments ayant un mode dans les vases, les populations unimodales correspondent en général aux sédiments le plus grossiers et se placent dans les zones périphériques du lagon (passes, zones d'arrière-récif) et près des reliefs (îles, hauts-fonds, récifs isolés) tandis que les populations bimodales occupent, avec la population unimodale des vases, les aires centrales de la plaine du lagon jusqu'au pied de la pente interne. Au sein des populations bimodales, les sédiments ayant en commun un mode dans les sables moyens et le deuxième mode dans les sables très fins ou les vases sont largement prépondérants; ils le sont donc aussi sur l'ensemble des sédiments du lagon et représentent, avec la population unimodale des vases, les sédiments les plus fins rencontrés.

L'utilisation des types sédimentaires (typologie texturo-granulométrique binaire) remplace de façon acceptable l'étude empirique des distributions granulométriques et de leur modes. La plaine lagonaire apparaît alors essentiellement occupée par des sédiments du type sablo-vaseux ou, dans les zones les plus internes (dépressions centrales), du type vaso-sableux; des sédiments du type sables fins vaseux ou sables grossiers vaseux marquent la transition vers les zones périphériques qui sont occupées par des sables fins ou grossiers; aux abords des passes se rencontrent des sables fins ou grossiers graveleux, puis des sables graveleux dans l'axe même des passes; enfin, au niveau des baies côtières se localisent des sédiments particuliers et peu représentés du type sablo-vaseux ou vaso-sableux graveleux.

Le traitement des données granulométriques par l'analyse en composantes principales à mis en évidence trois populations bien individualisées : la population I, des sédiments à mode inférieur à 63 microns et contenant plus de 40% de vase, qui se localise au niveau des aires centrales de la plaine; la population II, des sédiments dont le mode est compris entre 0,063 et 0,25 mm et contenant plus de 40% de sables très fins, qui se rencontre le long de la pente interne et à la périphérie des zones occupées par la population I; la population III, des sédiments à mode supérieur à 2,5 mm et contenant plus de 10% de graviers, qui se rencontre surtout au niveau des passes et de leurs abords. Les sédiments de la plaine présentent des caractères moins homogènes : n'appartenant à aucune de ces trois populations, ils consistent en un mélange de sables grossiers moyens et fins en proportions variables, sont déficitaires en graviers (<10%) et en sables très fins (<40%) et contiennent entre 10 et 40% de vase; au regard de la superficie occupée, ce sont les sédiments les plus représentatifs du lagon.

La granulométrie, vue sous l'aspect de la taille moyenne des sédiments, montre que la plaine lagonaire est essentiellement occupée par des sables très fins et des vases dans les aires plus internes; les sables fins se rencontrent surtout au niveau du lagon périphérique, tandis que les abords des passes sont occupés par des sables moyens auxquels succèdent des sables grossiers dans l'axe même des passes.

La granulométrie des sédiments est apparue fortement contrôlée par la teneur en fraction fine mais n'est pas directement liée à la bathymétrie. Dans l'ensemble, la profondeur n'apparaît d'ailleurs pas comme un facteur déterminant dans la zonation sédimentaire.

La cartographie et la confrontation des indices granulométriques entre eux révèlent que l'hydrodynamisme n'est important dans le Grand Lagon Nord qu'au niveau des régions périphériques (arrière récif et passes) mais qu'il reste relativement faible puisque n'ayant pas d'action marquée sur les sédiments les plus grossiers. Ses effets ne se font ressentir qu'un peu en retrait, vers l'intérieur du lagon, sur les sédiments plus fins situés à la limite entre les zones périphériques et la plaine proprement dite, ainsi qu'au niveau de la passe de Yandé jusque vers la pointe nord de l'île Paaba. L'action des agents hydrodynamiques sur les sédiments fins de la plaine permet néanmoins de mettre en évidence des courants de fond, indéniablement faibles, qui mettent en communication les principales passes avec les parties centrales du lagon. Les indices granulométriques permettent par ailleurs de préciser le sens général du transport qui se fait de la périphérie (tendance à la lévigation) vers les zones centrales (tendance très nette à la décantation).

La cartographie des indices granulométriques et leur confrontation ont aussi permis de mettre en évidence l'existence de cinq environnements sédimentaires relativement bien différenciés :

- **les passes**, au niveau desquelles se rencontrent les sédiments les plus grossiers (graviers, sables grossiers); ce sont des sédiments faiblement ou moyennement classés, à la normalité peu ou moyennement accusée et aux valeurs de l'asymétrie très positives; ce milieu correspond à l'environnement de plus haute énergie rencontré dans le lagon; les effets de l'hydrodynamiques sur les sédiments apparaissent cependant peu marqués en raison d'une part du caractère alternatif des agents hydrodynamiques, et d'autre part de l'alimentation du milieu en bioclastes grossiers autochtones;
- **les baies côtières ou aires de décantation côtières**, occupées par des sédiments fortement bimodaux (types sédimentaires sablo-vaseux ou vaso-sableux graveleux) et très hétérogènes car constitués presque exclusivement de particules de la taille des graviers et des vases; ces sédiments, typiquement peu évolués, sont très mal classés, ont une asymétrie très négative et une normalité peu ou très peu accusée; ce milieu de basse énergie correspond à un délestage de particules fines en excès, duquel résulte un envasement des fractions grossières autochtones;
- **le lagon périphérique ou plaine bordière**, qui représente les zones de la plaine soumises à l'influence des régions périphériques (pente récifale interne ou zones d'arrière-récif); les sédiments y sont en général des sables moyens bien classés, à l'asymétrie légèrement positive ou proche de zéro et à la normalité accusée; les valeurs du classement et de la normalité indiquent ici une bonne compétence des agents de transport vis à vis de ces sédiments, le niveau d'énergie n'étant pas pour autant très élevé; des sédiments aux caractéristiques similaires sont rencontrés au niveau de hauts-fonds ou de seuils coralliens, mais aussi sur certaines portions de la région côtière;
- **les aires de décantation centrales**, qui sont situées au centre de la plaine nord du lagon et sur une portion de la plaine comprise entre l'archipel des Bélep et le récif des Français; elles sont occupées par des sédiments ayant subi une évolution poussée; ce sont des sables très fins ou des vases, unimodaux et très bien classés, à l'asymétrie très fortement négative et dont la distribution des grains tend vers une répartition gaussienne (normalité accusée ou très accusée); ce milieu correspond à une sédimentation sous l'influence de courants faibles possédant toutefois une forte compétence vis à vis de ces sédiments en raison de leur finesse;

- la plaine lagonaire sensu stricto, c'est à dire la plaine en dehors du lagon périphérique et des aires de décantation centrales; si cet ensemble s'individualise relativement bien vis à vis des précédents, il affiche une variabilité interne importante et se montre le plus hétérogène; le classement est faible à bon, l'asymétrie négative à positive et la normalité modérément à très peu accusée; ce milieu correspond à un niveau d'énergie plutôt bas au regard de la tendance granulométrique fine des sédiments; les importantes variations des indices granulométriques reflètent probablement d'avantage les fluctuations dans la composition bioclastique des sédiments ou l'effet sur le sédiment de la bioturbation (qui reste difficile à appréhender), que l'action des courants sur le fond.

La zonation obtenue dans l'étude de l'envasement concorde bien avec les différents milieux définis par la granulométrie : les sédiments de passes ont une teneur en vase inférieure à 5% et située le plus fréquemment entre 2 et 3% (faciès faiblement envasé), l'envasement des fonds périphériques ne dépasse pas 10% (faciès faiblement envasé), les fonds de la plaine contiennent entre 10 et 40% de vase (faciès modérément à fortement envasés) et les aires de décantation sont caractérisées par des teneurs en fraction fine supérieures à 40% et pouvant dépasser 80% (faciès fortement envasé à vases pures). Au sein des faciès très envasés (>40%), il faut distinguer les faciès purement calcaires de la plaine (calclutites) de ceux du domaine côtier dont une partie de la vase est d'origine terrigène (pélites). De forts indices d'une production fine autochtone sont mis en évidence, particulièrement au niveau de la plaine. Sur les aires d'accumulation centrales, il y aurait un mélange de fractions fines autochtones et allochtones.

La sédimentation carbonatée prédomine très largement dans le Grand Lagon Nord, l'influence terrigène restant essentiellement limitée au domaine côtier. Cette influence terrigène, issue du ruissellement le long des bassins versants de l'extrémité de la Grande Terre ou des apports véhiculés jusqu'au lagon par le Diahot, est cantonnée à la fraction fine des sédiments où elle ne dépasse jamais 30%. Le déficit en carbonate observé au niveau de certaines passes ou de hauts-fonds est attribué à la présence de matériel siliceux biogène fin. Au niveau de la plaine lagonaire, la fraction fine terrigène ne dépasse pas 15%.

La distribution des sédiments en fonction de leur couleur se fait selon deux gradients : du centre vers la périphérie, les sédiments prennent des teintes de plus en plus foncées (successivement blanc, jaune clair, gris clair puis gris foncé); du sud vers le nord, les sédiments à teinte dominante sombre laissent progressivement la place aux sédiments de couleurs claires. La zonation des couleurs tend à être en phase avec celle des milieux sédimentaires : teinte jaune-orange pour les sédiments de passes, teinte dominante claire pour les sédiments périphériques (blanc ou jaune clair), teinte dominante grise pour les sédiments de la plaine lagonaire (gris clair ou fon-

cé) et teinte vert-olive pour les sédiments de la région côtière. La couleur des sédiments est fortement corrélée à l'envasement, à la profondeur et à leur teneur en carbonate; elle s'avère par ailleurs un bon marqueur de l'influence continentale.

Les différentes analyses réalisées mettent en évidence la notion de continuum textural et granulométrique, le passage d'un milieu sédimentaire à l'autre se faisant toujours de façon graduelle et progressive.

**CHAPITRE 4**

---

**BIOPHASES CARBONATEES**

TABLE DES MATIERES  
DU  
CHAPITRE 4

	Pages
<b>1.- COMPOSITION BIOGENE DES SEDIMENTS</b> .....	142
1.1.- Généralités .....	142
1.2.- Constituants identifiés .....	142
1.3.- Importance relative des différents constituants .....	144
. Constituants majeurs .....	145
. Constituants mineurs .....	147
<b>2.- VARIATIONS DANS LA COMPOSITION BIOCLASTIQUE SUIVANT DEUX TRANSECTS</b> .....	149
2.1.- Transect longitudinal sud-nord .....	149
2.1.1.- Description du transect .....	149
2.1.2.- Variations des constituants .....	149
2.1.3.- Variations des autres paramètres sédimentologiques .....	150
2.2.- Transect transversal ouest-est .....	153
2.2.1.- Description du transect .....	153
2.2.2.- Variations des constituants .....	153
2.2.3.- Variations des autres paramètres sédimentologiques .....	155
<b>3.- FACIES BIOGENES</b> .....	157
3.1.- Biofaciès MOLLusques-FORaminifères (MOLFOR) .....	157
3.2.- Biofaciès ALGues-MOLLusques (ALGMOL) .....	158
3.3.- Biofaciès MOLLusques-ALGues (MOLALG) .....	160
3.4.- Biofaciès FORaminifères-MOLLusques (FORAMOL) .....	160
3.5.- Biofaciès MOLLusques-CORaux (MOLCOR) .....	160
<b>4.- BIOPHASES CARACTERISTIQUES DES MILIEUX SEDIMENTAIRES</b> .....	164
4.1.- Les sédiments de passes .....	164
4.2.- Les sédiments du domaine côtier .....	165
4.3.- Les sédiments de la plaine lagonaire (plaine <i>s.l.</i> ) .....	166
. Lagon périphérique .....	166
. Aires de décantation .....	167
. Plaine lagonaire (plaine <i>s.s.</i> ) .....	168
4.4.- Synthèse comparative de la biophase des différentes unités .....	170
<b>5.- APPROCHE ANALYTIQUE MULTIVARIEE DE LA COMPOSITION BIOCLASTIQUE DES SEDIMENTS</b> ...	172
5.1.- Exploitation des constituants biogènes .....	172
5.1.1.- Caractéristiques majeures de la biophase .....	172
5.1.2.- Mise en évidence des associations d'éléments biogènes .....	177
5.2.- Exploitation combinée des bioclastes et des autres paramètres .....	182
5.2.1.- Analyse de la projection des variables .....	183
5.2.2.- Analyse de la projection des observations .....	186
5.3.- Caractérisation des faciès sédimentaires et conclusions .....	189
<b>6.- SYNTHESE ET CONCLUSIONS A L'ETUDE DES BIOPHASES</b> .....	194

## 1.- COMPOSITION BIOGENE DES SEDIMENTS

### 1.1.- Généralités

Lorsque la fragmentation des grains (mécanique ou biologique), leur usure (corrosion, polissage, dissolution) et leur altération (microperforations par les éponges *Cliona*, *Siphonodyscion*, les Cyanophycées ou les champignons) (ADJAS, 1988; EHN, 1987) étaient trop avancées, il n'a pas toujours été possible de compter les dernières fractions granulométriques sur l'ensemble des échantillons (tableau 5). Le choix s'imposait alors de prendre en compte soit la totalité des données, soit uniquement les comptages réalisés sur des fractions communes à tous les échantillons (en général 0,5 à 1 mm, 1 à 2,5 mm et 2,5 à 20 mm). Nous avons donc réalisé deux séries de calculs dont les résultats, dans l'ordre d'importance des constituants, diffèrent peu selon l'option choisie : sur 66 échantillons analysés, les faciès définis par les trois premiers constituants ne diffèrent que huit fois et ces variations n'affectent le constituant dominant que dans la moitié des cas; l'écart maximum observé pour le constituant concerné est alors de 17% et de 4% en moyenne, tandis que l'inversion entre deux constituants se joue au maximum à 30% et en moyenne à 4%. Les différences rencontrées affectent donc le plus souvent les cas déjà litigieux, c'est à dire les constituants présentant des pourcentages sensiblement équivalents, ce qui nous a poussé à conserver pour notre étude la totalité des fractions analysées.

La sédimentogénèse de la fraction fine n'a pas été abordée ici; nous citerons à titre indicatif les travaux d'ADJAS (1988) et de ADJAS *et al.*(1989).

### 1.2.- Constituants identifiés

Au fil de nos comptages, nous avons rencontré 24 catégories de constituants sédimentaires. Nous précisons que ces catégories sont basées sur l'observation de débris biogènes caractéristi-

ques, identifiés suivant les cas au niveau de l'ordre, de la famille et plus rarement du genre (ex : *Halimeda*).

Tableau 5.- Fractions granulométriques analysées par comptages pour chaque échantillon (un minimum de 100 grains est compté sur chaque fraction) (STA : n° d'échantillon; GT : >20 mm; GV : 2,5 à 20 mm; SG : 1 à 2,5 mm; SM : 0,5 à 1 mm; SF : 0,25 à 0,5 mm; STF : 0,063 à 0,25 mm).

STA	GT	GV	SG	SM	SF	STF	STA	GT	GV	SG	SM	SF	STF	STA	GT	GV	SG	SM	SF	STF
001		x	x	x	x	x	067		x	x	x	x		143		x	x	x	x	
002		x	x	x	x	x	075		x	x				151		x	x	x	x	
003		x	x	x	x	x	078	x	x	x				152		x	x	x		
004		x	x	x	x	x	081		x	x	x			157		x	x	x		
006		x	x	x	x	x	082		x	x	x			163		x	x	x		
010		x	x	x	x	x	088		x	x	x			166		x	x	x		
013		x	x	x	x	x	091	x	x	x	x			167		x	x	x	x	
014	x	x	x	x	x		099		x	x	x	x		168		x	x	x	x	
015	x	x	x	x	x		100		x	x	x	x		169		x	x	x	x	
016	x	x	x	x	x		105		x	x	x	x		170	x	x	x	x	x	x
017		x	x	x	x		106	x	x	x	x	x		171		x	x	x	x	
018		x	x	x	x		109		x	x	x	x		172		x	x	x	x	
019		x	x	x	x		110		x	x	x			181	x	x	x	x	x	x
023		x	x	x	x		111		x	x	x			182	x	x	x	x	x	
026		x	x	x	x		112		x	x	x	x		185		x	x			
034		x	x	x	x		113		x	x				187		x	x	x		
036		x	x	x	x		117		x	x	x	x		188	x	x	x			
044		x	x	x	x		126		x	x	x	x		189	x	x	x			
047		x	x	x	x		132		x	x	x	x		194		x	x	x		
048		x	x	x	x		135		x	x	x			196		x	x			
050		x	x	x	x		138		x	x	x	x		203		x	x	x	x	
059		x	x	x	x		139		x	x	x	x		216		x	x	x	x	

Tous les Foraminifères ayant déjà été abondamment étudiés dans le lagon sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie (DEBENAY, 1985a, 1985b, 1985c, 1988a, 1988b, 1988c), nous les avons simplement regroupés en une seule catégorie sans distinction de genre ou de leur origine benthique ou planctonique, les espèces classiquement rencontrées étant toutefois essentiellement benthiques (*Marginopora*, *Amphisorus*, *Amphistegina*, *Operculina*, *Textularia*, *Quinqueloculina*, etc...). Parmi les Mollusques, nous avons distingué trois classes différentes : les Gastéropodes, les Pélécytopodes et les Scaphopodes; les Ptéropodes ont par ailleurs été séparés des autres Gastéropodes et les Vermétidés regroupés avec les tests de Polychètes (Serpulidés ou autres polychètes sédentaires) et les Hexacoralliaires du genre *Tubipora* dans la catégorie "tubes calcaires". Il n'a pas été fait de distinction entre les bivalves à tests fins ou à tests épais. Il faut ajouter ici la catégorie des Mollusques indifférenciés, c'est à dire les débris de Mollusques pour lesquels la fragmentation ou l'usure ne permettent plus de distinguer un indice caractéristique de l'un des groupes (en général, apex, columelle, charnière ou galbe du test). Au sein des Algues Calcifiées nous avons différencié les Chlorophycées, du genre *Halimeda* (Udotéacées) sans distinction d'espèces, des Rhodophycées surtout représentées par des lames de Peyssonelliacées et des formes en "pralines" ou "rhodolithes". Les valves d'Ostracodes ont été séparées du reste des fragments de Crustacés.

Les autres catégories de constituants rencontrés ont été les Bryozoaires branchus ou encroûtants, les Scléractiniaires libres ou fixés (branches, loges de polype, septas), les spicules d'Alcyonaires, les plaques et piquants d'Echinodermes (Echinides surtout), les spicules de Spongiaires, les tubes calcaires indifférenciés, les agrégats divers, constitués par deux ou plusieurs grains carbonatés liés entre eux par une matrice cryptocristalline (MILLIMAN *in* MONTAGGIONI & MAHE, 1980), les pelotes fécales, les grains noirs (débris réduits indéterminés), les grains roux (débris oxydés), les otolithes de poissons, les Brachiopodes et les débris indéterminés.

### 1.3.- Importance relative des différents constituants

Les valeurs moyennes des pourcentages de chaque constituant, calculées sur l'ensemble de nos 66 échantillons analysés par comptage ont permis d'évaluer l'importance relative de chaque catégorie à l'élaboration de la biophasse (fig. 65).

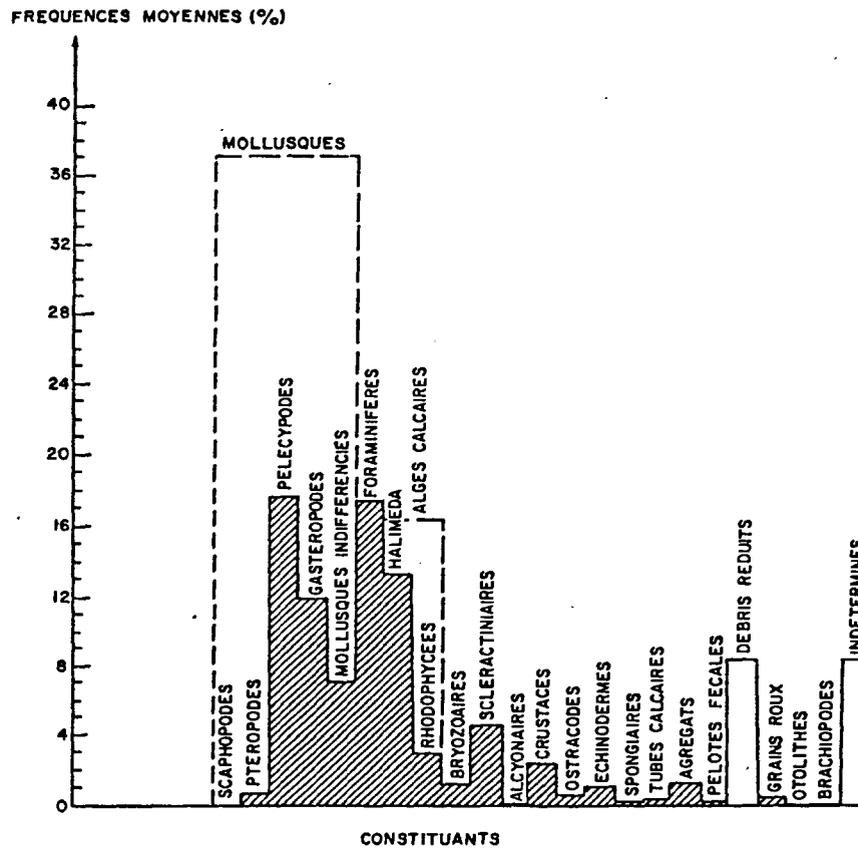


Figure 65.- Fréquences moyennes des constituants sur l'ensemble des échantillons analysés (n = 66).

. Constituants majeurs

ontils en accord avec les bioclastes en place

Mollusques (37,3%), Foraminifères (17,4%) et Algues Calcifiées (16,3%) apparaissent comme les principaux producteurs de la biophasse. Les Scléractiniaires, avec seulement 4,6%, n'occupent que la quatrième place (fig. 65). Parmi les Mollusques, qui sont fortement prépondérants, les groupes les mieux représentés sont les Pélécytopodes (17,7%) et les Gastéropodes (11,8%); la quantité de Mollusques indifférenciés est par ailleurs importante (7,1%), tandis que les Ptéropodes et les Scaphopodes sont les moins abondants (0,6 et 0,1%); les proportions des différents groupes de Mollusques sont présentées figure 66. Parmi les Algues Calcaires, les articles d'*Halimeda* (13,4%) dominent très largement sur les Rhodophycées qui ne représentent que 2,9% de la biophasse (fig. 67). Les proportions des principaux constituants, en relation avec la proportion de constituants mineurs, sont schématisés à la figure 68.

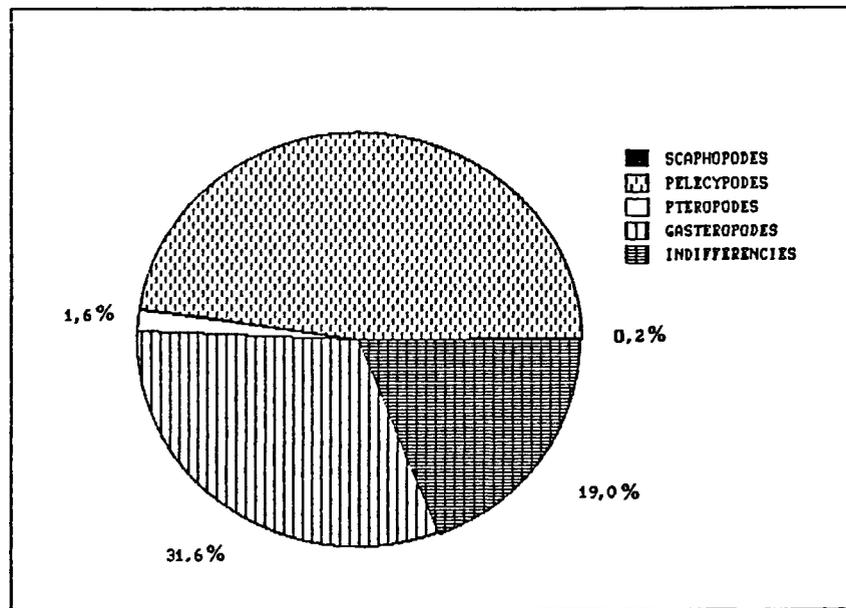


Figure 66.- Proportions des différents groupes de Mollusques (37,2 % des constituants) sur l'ensemble des échantillons analysés (n = 66).

La proportion de débris indéterminés (8,6%) dans nos comptages n'est pas négligeable. Ces valeurs élevées s'expliquent par l'importance pondérale dans nos échantillons des sables fins ou très fins sur lesquels l'identification des bioclastes est particulièrement difficile (petite taille, fragmentation, usure). Dans les fractions plus grossières, la présence de débris très fortement altérés, usés ou encroûtés par les Bryozoaires et les algues calcaires, contribue aussi à ces fortes valeurs d'indétermination.

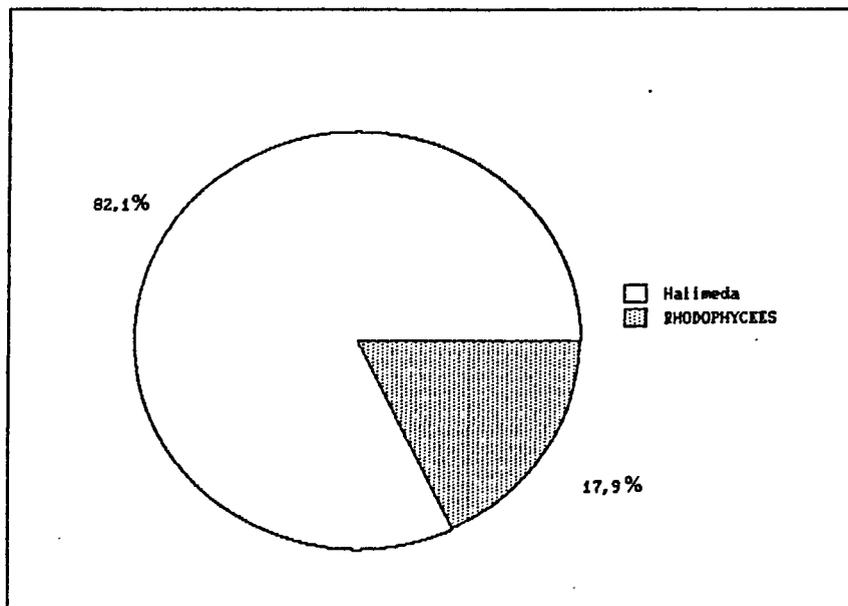


Figure 67.- Proportions de Rhodophycées et articles d'*Halimeda* (16,3% des constituants) sur l'ensemble des échantillons analysés (n = 66).

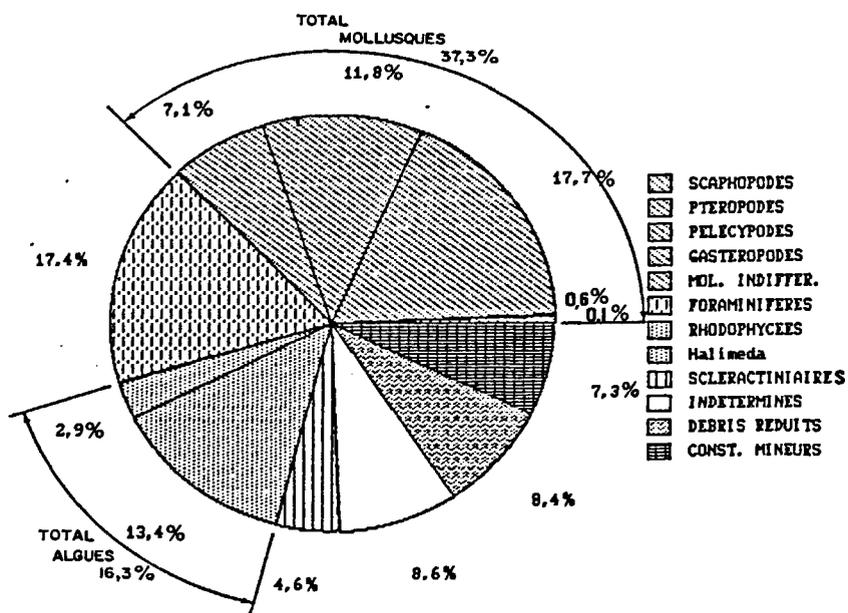


Figure 68.- Proportions des constituants majeurs en relation avec la proportion de constituants mineurs sur l'ensemble des échantillons analysés (n = 66).

La fréquence relativement élevée des débris réduits (8,4%) donne pour sa part une idée des conditions oxydo-réductrices globales au niveau du sédiment (sauf remaniement important par bioturbation); elle est par ailleurs directement responsable de la couleur grise des sédiments (voir Chapitre 3, § 4).

Nous retiendrons donc comme producteurs majeurs de biophases carbonatées et par ordre d'importance décroissante : les Pélécy-podes, les Foraminifères, les *Halimeda*, les Gastéropodes et les Sclé-ractiniaires.

#### . Constituants mineurs

Parmi les constituants mineurs (fig. 65) se rencontrent les Rhodophycées calcifiées (2,9%), les Crustacés (2,2%), les Bryozoaires (1,2%), les agrégats divers (1,2%), les Echinodermes (1,1%), les Ptéropodes (0,59%), les Ostracodes (0,57%), qui ne représentent que 20,6% du total des débris de Crustacés (fig. 69), les grains roux (0,34%), les tubes calcaires (0,25%) et les spicules d'éponges (0,12%) que l'on ne trouve en général que dans les deux dernières fractions, c'est à dire sur les refus de 0,25 et 0,063 mm.

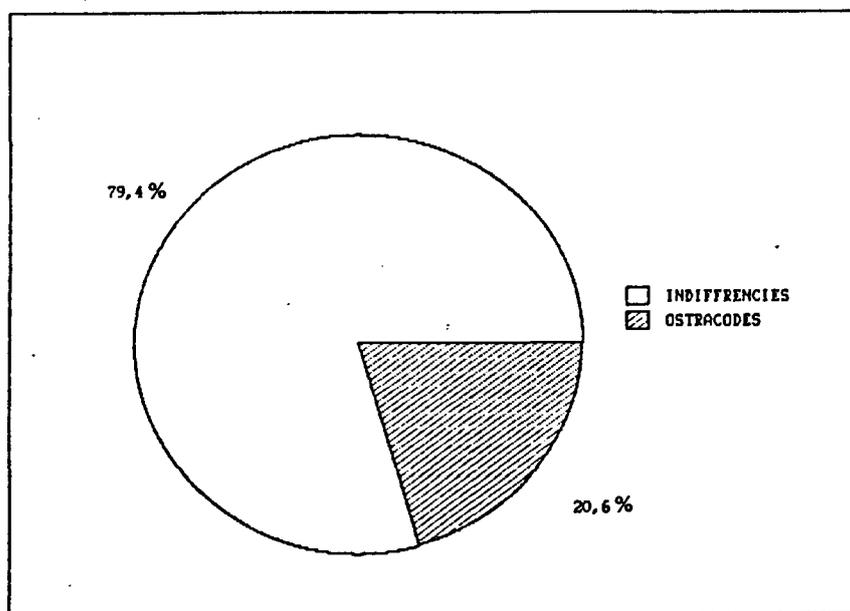


Figure 69.- Proportions de Crustacés indifférenciés et d'Ostracodes (2,77% des constituants) sur l'ensemble des échantillons analysés (n = 66).

Les six derniers constituants mineurs ont été regroupés en une seule catégorie baptisée "autres" qui ne représente que 0,26% de la biophase; cette catégorie regroupe : pelotes fécales (0,1%), spicules d'Alcyonaires (0,08%), Scaphopodes (0,07%), Brachiopodes (0,005%) et Otolithes (0,002%). Les proportions des constituants mineurs sont schématisées figure 70.

Il est important de signaler qu'aucun élément d'origine terrigène n'a été rencontré au cours de nos comptages et cela y compris sur les stations les plus proches de la côte. Nos observations sur le terrain ont par ailleurs permis de constater que la présence de particules terrigènes dans la fraction sableuse était limitée à la bordure du littoral (quelques centaines de mètres). Nos stations les plus proches de la côte (îles Bélép ou Grande-Terre) en sont distantes d'environ 600 m. A cette distance, la sédimentation organogène est déjà exclusive au sein de la fraction sableuse des sédiments (> 0,063 mm). La biophase constitue donc la totalité de la fraction sableuse des sédiments et la sédimentation terrigène est cantonnée exclusivement à la fraction fine.

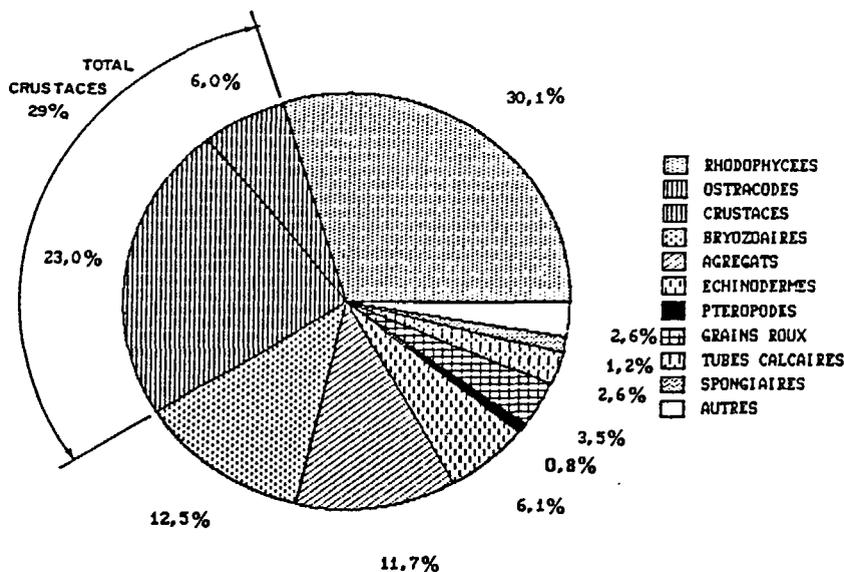


Figure 70.- Proportions des constituants mineurs (10,7% des constituants) sur l'ensemble des échantillons (n = 66).

## 2.- VARIATIONS DANS LA COMPOSITION BIOCLASTIQUE SUIVANT DEUX TRANSECTS

### 2.1.- Transect longitudinal sud-nord

#### 2.1.1.- Description du transect

Le transect longitudinal débute dans la partie la plus interne du domaine côtier (station n°14) et s'étend sur près de 90 km à travers le lagon. Il englobe 17 stations espacées d'environ trois milles nautiques et traverse plusieurs compartiments de la plaine dont un haut-fond à 50 m (prolongement nord-ouest des Bélep) et une aire de décantation. A son extrémité la plus externe, le transect aboutit au seuil corallien (40 m) qui marque la limite avec le Grand Passage (station n°126). Le domaine côtier est le moins profond (moins de 20 m) alors que la profondeur maximale est atteinte au niveau de l'aire de décantation (62 m); au niveau de la plaine une remontée des fonds marque la proximité de l'archipel des Bélep (fig. 17 & 71).

#### 2.1.2.- Variations des constituants

Les variations quantitatives des constituants selon ce premier transect (fig. 71) mettent tout d'abord en évidence une différence de composition entre la zone la plus interne du domaine côtier (station n°14) très riche en Pélécy-podes (40%) et le reste de ce compartiment où les articles d'*Halimeda* prédominent largement (>47%).

Le compartiment de la plaine présente un assemblage de Pélécy-podes (21% en moyenne), Foraminifères (18%) et Gastéropodes (12%) à fort pourcentage de débris réduits (13%) dont les variations localisées révèlent par ailleurs un comportement antagoniste entre les Mollusques et les Foraminifères; les *Halimeda* ne sont abondantes (40%) que sur la station n°6, qui se situe à la limite entre la plaine et le domaine côtier, alors que sur le reste de la plaine elles ne dépassent plus 12%; les débris indéterminés (2,8%), les Crustacés (2,4%), les agrégats (2,1%), les Echino-

dermes (1,3%) et les Ostracodes (0,8%) y sont relativement abondants.<sup>1</sup>

A hauteur des îles Bélep la remontée du fond coïncide avec une augmentation des *Halimeda* (19% en moyenne) et une diminution simultanée des pourcentages de Pélécytopodes (10%), de Gastéropodes (8,8%) et d'Echinodermes (0,6%).<sup>2</sup> Le passage du haut-fond situé au nord-ouest des Bélep est marqué, vis à vis de la plaine, par une forte baisse des pourcentages de Pélécytopodes (10%), Gastéropodes (6%), *Halimeda* (4%), Ostracodes (0,3%), Agrégats (0,4%) et débris réduits (3%) mais aussi par une augmentation notable des pourcentages de Scléactiniaires (17%), débris indéterminés (13%), Rhodophycées (4%), Echinodermes (4%), Spongiaires (1,3%), grains roux (1,3%) et des tubes calcaires (1%).

La zone de décantation révèle un assemblage de Pélécytopodes, Gastéropodes (18% en moyenne), Foraminifères et *Halimeda* à fort pourcentage de débris réduits (19,1%), où dominent les Pélécytopodes (20,6%); les Foraminifères qui accusent une diminution à ce niveau restent quantitativement importants (15,6%), les *Halimeda* étant les moins représentées (9,5%) parmi les constituants majeurs; les Crustacés affichent ici une augmentation notable (4,7%); les Echinodermes (1,5%), les Ostracodes (0,9%) et les agrégats (0,9%) y sont relativement abondants.<sup>3</sup>

A l'approche de la région périphérique (seuil corallien) nous notons une baisse générale de l'importance des Pélécytopodes (5% en moyenne), des Gastéropodes (9%), des *Halimeda* (4%), des Echinodermes (0,7%), une disparition progressive des Crustacés (0,4%), débris réduits (1,7%) et Ostracodes (0,1%), et simultanément une forte augmentation des pourcentages de Foraminifères (31%), débris indéterminés (23%), Scléactiniaires (5,7%), Rhodophycées (5%), Bryozoaires (1,6%), tubes calcaires (0,7%) et grains roux (1%).<sup>4</sup>

### 2.1.3.- Variations des autres paramètres sédimentologiques

Il nous a paru intéressant d'examiner les variations de quelques paramètres texturaux et granulométriques en liaison avec l'évolution dans l'espace des principaux assemblages biogènes (fig. 71). Dans l'ensemble ces variations traduisent bien la différenciation physiographique des compartiments abordés par le transect.

---

1. Valeurs moyennes pour 6 stations.

2. Valeurs moyennes pour 2 stations.

3. Valeurs moyennes pour 3 stations.

4. Valeurs moyennes pour 2 stations.

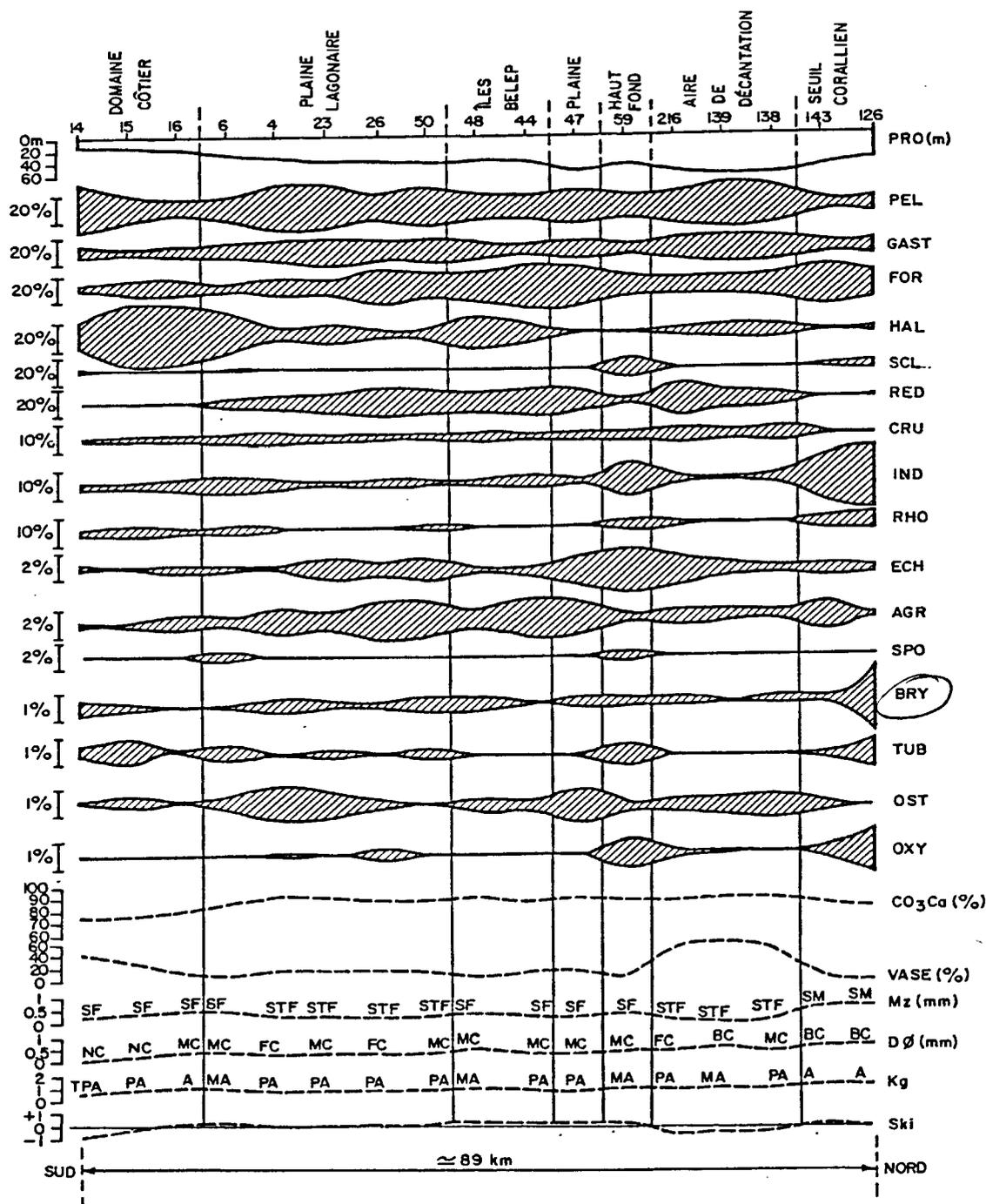


Figure 71.- Variations dans la composition bioclastique et les paramètres granulométriques et texturaux suivant un transect longitudinal sud-nord. Les numéros de stations sont portés en haut du graphique. Pro : profondeur; PEL : Pélécytopes; GAST : Gastéropodes; FOR : Foraminifères; HAL : *Halimeda*; SCL : Scléractiniaires; RED : débris réduits; CRU : Crustacés indifférenciés; IND : indéterminés; RHO : Rhodophycées; ECH : Echinodermes; AGR : agrégats; SPO : Spongiaires; BRY : Bryozoaires; TUB : tubes calcaires; OST : Ostracodes; OXY : grains roux; Mz : taille moyenne exprimée en mm (SM : sable moyen; SF : sable fin; STF : sable très fin);  $D_{\phi}$  : classement exprimé en mm (NC : non classé; FC : faiblement classé; MC : modérément classé; BC : bien classé); Kg : normalité (TPA : très peu accusée; PA : peu accusée; MA : modérément accusée; A : accusée); Ski : asymétrie.

La zone la plus interne du domaine côtier, très envasée (48%), est occupée par des sédiments fins très hétérométriques (non classés), à la normalité peu ou très peu accusée et à l'asymétrie très négative, ce qui correspond à un milieu de très basse énergie et forte sédimentation typique des fonds de baies. C'est aussi le compartiment où l'influence des apports continentaux de la Grande Terre et du Diahot se font le plus ressentir (teneur en carbonate inférieure à 80% ce qui correspond aux faciès des sédiments carbonatés impurs). Nous avons vu que les Pélécy-podes dominaient largement (>40%) dans cette zone sud du transect; ils sont secondés par les *Halimeda* (18%).

Lorsque l'on approche de la plaine, la teneur en vase subit une chute accusée qui va de pair avec une augmentation de la taille moyenne, une amélioration du classement et de la normalité, l'asymétrie redevenant positive mais proche de zéro. Ce phénomène est particulièrement accusé au niveau de la station n°6 où la proximité de la pointe nord de l'île Paaba provoque vraisemblablement une accélération des courants. A ce niveau sont observés d'une part de fortes proportions d'*Halimeda* et d'autre part l'augmentation des pourcentages de Scléactiniaires, débris indéterminés, Rhodophycées, Spongiaires et tubes calcaires mais aussi la diminution des proportions de Pélécy-podes et Foraminifères et agrégats. Ce même phénomène reproduit à hauteur de îles Bélep et du haut-fond de la station n°59 traduit la présence de courants relativement importants pour ce lagon profond.

Inversement, nous observons au niveau de l'aire de décantation une diminution de la taille moyenne (sables très fins) et une augmentation prononcée de l'envasement (>40%) qui vont de pair avec une augmentation des pourcentages de Mollusques, Crustacés, débris réduits et agrégats. Les variations des autres indices ne sont pas ici caractéristiques sauf dans le cas de l'asymétrie qui devient fortement négative.

Sur l'ensemble de la plaine la teneur en vase apparaît modérée ( $\approx$  20%) et les sédiments plutôt fins. Le classement médiocre, la normalité peu accusée et l'asymétrie proche de zéro indiquent un niveau d'énergie modérée ou les sédiments sont peu susceptibles d'être déplacés. A ce milieu correspond un assemblage de Mollusques, Foraminifères et *Halimeda* en proportions variables où ces dernières sont toutefois les moins bien représentées.

La zone la plus externe (seuil corallien) est marquée par une très forte diminution de l'envasement, une augmentation particulièrement importante de la taille moyenne (sédiments les plus grossiers du transect), du classement et de la normalité, autant d'indicateurs de haute énergie. A ce milieu correspond un assemblage de Foraminifères et de Mollusques à forte participation des Scléactiniaires, Rhodophycées, grains roux, tubes calcaires, Bryozoaires et débris ré-

duits. L'anomalie de la teneur en carbonate enregistrée ici est attribuée à une forte proportion de matériel siliceux biogène dans la fraction inférieure à 63 microns.

## 2.2.- Transect transversal ouest-est

### 2.2.1.- Description du transect

Le second transect réalisé traverse le lagon d'ouest en est sur 12 stations soit quelques 60 km. Il comprend deux compartiments périphériques, l'un situé en arrière du récif barrière occidental et l'autre au niveau d'une zone de passe, et deux compartiments dans les aires de décantation séparés par une remontée du fond à 50 m. La plaine au sens strict est ici relativement restreinte et n'est représentée que par trois des échantillons. A l'est, le fond descend brusquement de 40 à 55 m puis à plus de 60 m; à l'ouest, il remonte en pente douce depuis les 60 m du bassin de décantation jusqu'à 40 m au niveau de la passe (fig. 17 & 72).

### 2.2.2.- Variations des constituants

Les variations observées le long de ce second transect sont dans l'ensemble les mêmes que précédemment : augmentation marquée des pourcentages de Pélécytopodes (20% en moyenne), Gastéropodes (19,8%), Foraminifères (15%), débris réduits (13,5%) et secondairement Crustacés (5,6%), agrégats (2%) et Ostracodes (1,5%) à l'approche des bassins de décantation;<sup>5</sup> augmentation des pourcentages de Foraminifères (30%), Scléactiniaires (28,7%), débris indéterminés (15%), Rhodophycées (2%) et grains roux (1%) avec disparition des *Halimeda* au niveau du haut-fond (fig. 72).

Une différence de composition entre les deux compartiments externes est par contre mise en évidence : à l'ouest, où la pente est plus accentuée nous observons une association de Foraminifères, Gastéropodes (12%), Pélécytopodes (10%) où prédominent les Foraminifères (16%); à l'est la situation est fondamentalement changée et les *Halimeda* prédominent (35% en moyenne), associées à de forts pourcentages de Foraminifères (12,6%), Pélécytopodes (8,6%), Bryozoaires (5,5%) et Rhodophycées (3,4%); les Gastéropodes (4,6%), les Crustacés (0,3%), les Ostracodes (0,3%) et les débris réduits (0,4%) disparaissent presque totalement.<sup>6</sup>

---

5. Valeurs moyennes sur 6 stations.

6. Valeurs moyennes pour 2 stations.

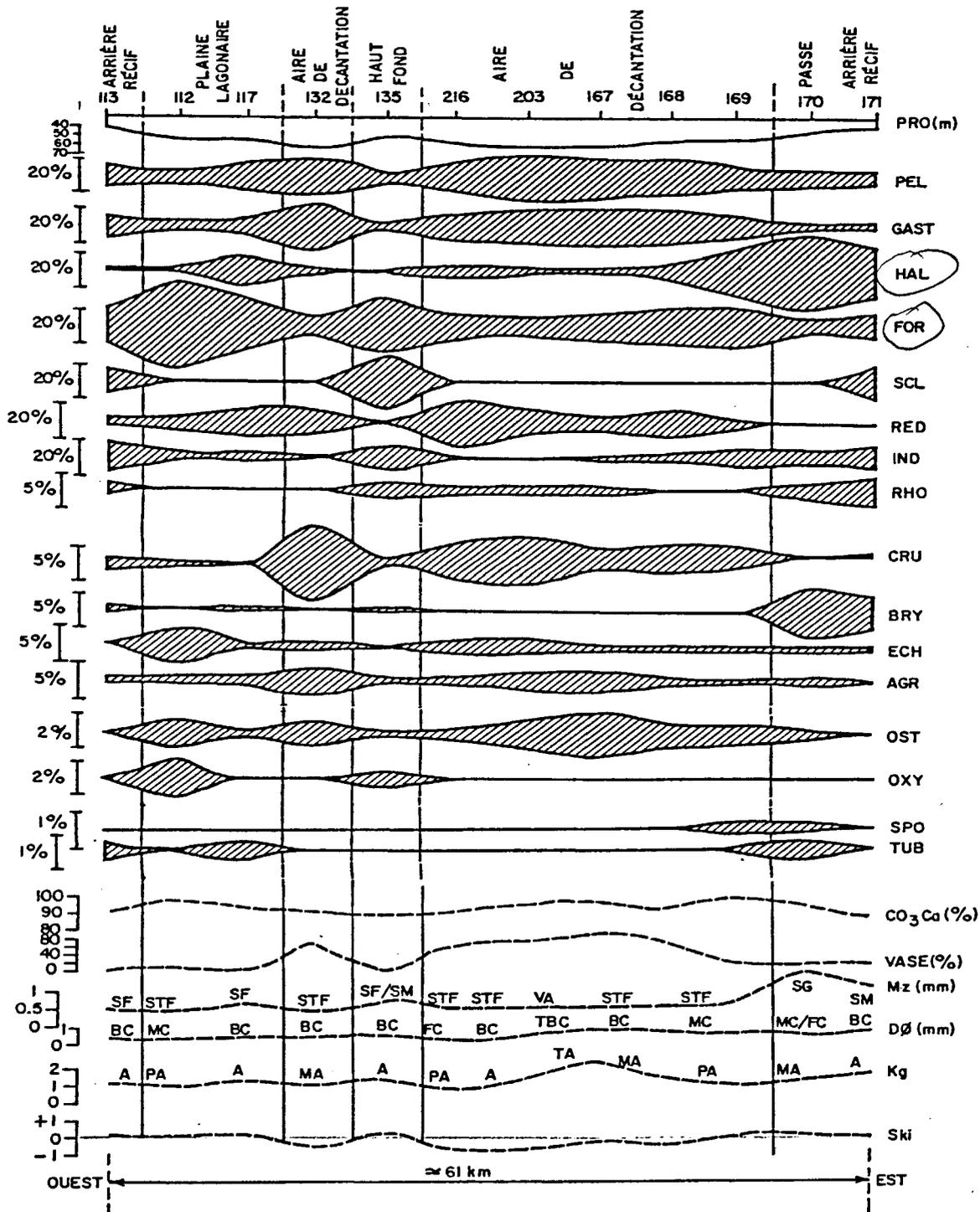


Figure 72.- Variations dans la composition bioclastique et les paramètres granulométriques et texturaux suivant un transect transversal est-ouest. Les numéros de stations sont portés en haut du graphique. Pro : profondeur; PEL : Pélécytopes; GAST : Gastéropodes; HAL : *Halimeda*; FOR : Foraminifères; SCL : Scléractiniaires; RED : débris réduits; IND : indéterminés; RHO : Rhodophycées; CRU : Crustacés indifférenciés; BRY : Bryozoaires; ECH : Echinodermes; AGR : agrégats; OST : Ostracodes; OXY : grains roux; SPO : Spongiaires; TUB : tubes calcaires; Mz : taille moyenne exprimée en mm (SG : sable grossier; SM : sable moyen; SF : sable fin; STF : sable très fin; VA : vase);  $D_{\phi}$  : classement exprimé en mm (FC : faiblement classé; MC : modérément classé; BC : bien classé; TBC : très bien classé); Kg : normalité (PA : peu accusée; MA : modérément accusée; A : accusée; TA : très accusée); Ski : asymétrie.

Par ailleurs une différence notable est aussi observée entre les deux dernières stations (compartiment est) : en se rapprochant du récif les *Halimeda*, les Bryozoaires et les tubes calcaires accusent une diminution, contrairement aux Foraminifères et aux Rhodophycées qui augmentent. La situation des échantillons montre que la dernière station (n°171) bénéficie de l'abri de la barrière alors que la station n°170 bien qu'en position plus interne, est plus exposée à l'influence de la passe. Les *Halimeda* semblent ainsi marquer une affinité particulière pour les zones de courants.

Les Scléractiniaires, les tubes calcaires et les débris indéterminés, également représentés aux deux pôles du transect, confirment leur affinité pour la proximité d'édifices récifaux et les zones de relativement haute énergie.

### 2.2.3.- Variations des autres paramètres sédimentologiques

L'examen des autres paramètres sédimentologiques (fig. 72) montre comme dans le cas précédent, une diminution de la teneur en carbonate de la fraction fine à hauteur des zones périphériques; celle-ci ne s'abaisse toutefois plus en dessous du seuil de 80% qui marque la limite inférieure du faciès des sédiments carbonatés purs (voir Chapitre 3, § 3); ici encore ce déficit en calcaire est attribué à la présence de matériel siliceux biogène fin associé aux constructions récifales.

L'évolution de l'envasement est sans surprise (fort au niveau des aires de décantation et très faible sur les compartiments périphériques et le haut-fond) et celle de la taille moyenne traduit parfaitement l'exposition plus importante de la station n°170 située dans une zone de passe (sables grossiers au classement médiocre et à la normalité peu accusée).

Une anomalie est relevée à hauteur du bassin de décantation où la station n°167 présente une normalité très accusée et un très bon classement; ces valeurs s'expliquent par la dominance de la fraction fine (84%) qui laisse peu de place à l'hétérométrie; elles traduisent des conditions de dépôt différentes de celles observées dans la partie la plus interne du domaine côtier (voir transect longitudinal). Les sédiments très envasés sont ici mieux classés ce qui indique, comme nous l'avons signalé au précédent chapitre, une sédimentation sous l'influence de courants faibles.

Les valeurs des indices granulométriques permettent par ailleurs de montrer que la distinction des assemblages entre les extrémités ouest et est du transect correspond bien à une différen-

ce dans le niveau d'énergie de ces deux zones périphériques : probablement en raison d'une pente interne moins inclinée et de l'influence des vents dominants, le niveau d'énergie apparaît supérieur dans le compartiment périphérique est (sédiments plus grossiers pour un classement et une normalité équivalents à ceux des sables fins du compartiment ouest).

Le suivi simultané de l'évolution des constituants et des paramètres granulométriques et texturaux, outre le fait de mettre en évidence les associations biogènes les plus fréquentes et de suivre leur évolution dans l'espace, fait donc ressortir la correspondance étroite entre ces associations, leurs variations et le niveau d'énergie des différents compartiments. Ainsi les *Halimeda*, Scléactiniaires, Rhodophycées, débris indéterminés, Bryozoaires, tubes calcaires, Spongiaires et grains roux sont typiquement associés aux niveaux de relativement haute énergie (passes, zones d'arrière-récif, hauts-fonds ou seuils coralliens), tandis que les Mollusques, débris réduits, Crustacés, Ostracodes et agrégats montrent une affinité prononcée pour les niveaux de basse énergie (aires de décantation essentiellement). Parmi les niveaux de haute énergie, il faut noter sur les hauts-fonds la disparition des *Halimeda* de l'assemblage caractéristique; nous remarquerons par contre à hauteur de la station représentative des zones de passes et par rapport aux zones d'arrière-récif, la forte prédominance des *Halimeda* associée à un pourcentage relativement élevé de Bryozoaires alors que les Scléactiniaires sont absents. La plaine lagonaire représente un milieu d'énergie intermédiaire où se rencontre l'association en proportions variables de Mollusques, Foraminifères, *Halimeda* et débris réduits pour les constituants majeurs, Echinodermes, Ostracodes, agrégats, tubes calcaires et grains roux pour les constituants mineurs. Enfin, la partie la plus interne du domaine côtier apparaît comme un milieu particulier, d'énergie extrêmement faible, où dominent les Pélécytopodes et les *Halimeda*, alors que les Gastéropodes, Foraminifères, Crustacés, débris réduits, Echinodermes, Ostracodes et agrégats sont pratiquement absents; les Scléactiniaires, débris indéterminés, Rhodophycées, Bryozoaires et tubes calcaires, bien que faiblement représentés, y sont par contre présents en proportions sensiblement plus fortes que dans les aires de décantation centrales.

### 3.- FACIES BIOGENES

L'examen des faciès biogènes est une approche complémentaire à la précédente (évolution dans l'espace) qui permet de préciser les variations quantitatives entre les différentes associations. Dans un premier temps et en se basant sur les trois premiers constituants classés par ordre d'importance décroissante dans chaque échantillon, non moins de 27 faciès distincts ont été dénombrés. Les différentes catégories de Mollusques et d'Algues Calcaires ont alors été regroupées et seuls les deux premiers constituants ont été finalement retenus dans la définition des faciès biogènes; ce cas est donc celui d'une caractérisation binominale et ordonnée des biofaciès (THOMASSIN *et al.*, 1989; MASSE *et al.*, à paraître). Cinq faciès majeurs, déterminés par les associations MOLlusques-FORaminifères, MOLlusques-ALGues, MOLlusques-CORaux (Sclé-  
ractiniales), ALGues-MOLlusques et FORaminifères-MOLlusques, ont ainsi été mis en évidence. Il faut noter la présence de trois autres biofaciès mais qui sont peu représentés : il s'agit des faciès ALGues-CORaux (2 échantillons), MOLlusques-CRustacés (1 échantillon) et FORaminifères-CORaux (1 échantillon). Chacun des biofaciès peut être scindé en sous-faciès en faisant intervenir le troisième constituant et/ou en tenant compte d'une part de la dominance au sein des Mollusques du groupe des Pélécy-podes ou des Gastéropodes et d'autre part de la dominance au sein des Algues des *Halimeda* ou des Rhodophycées.

#### 3.1.- Biofaciès MOLlusques-FORaminifères (MOLFOR)

Le biofaciès MOLlusques-FORaminifères (MOLFOR) est présent dans 26 de nos 66 échantillons (39,4%); il est largement dominé par les Pélécy-podes (20 cas, contre 6 pour les Gastéropodes). Le troisième constituant le plus fréquent est représenté par les *Halimeda* (12 cas); viennent ensuite les Crustacés (9 cas), les Sclé-  
ractiniales (4 cas) et les Bryozoaires (1 cas). L'association la plus fréquente dans le biofaciès MOLFOR est donc le groupement PELécy-podes-FORaminifères-HALimeda (sous-faciès PeIForHal). La composition moyenne du

biofaciès MOLFOR est présentée figure 73A pour 10 principaux constituants. Nous noterons l'importance relative des débris réduits (12,3%), des fragments de Crustacés (4%) ou d'Echinodermes (1,4%) ainsi que la faible participation des Rhodophycées (1,1%).

La répartition du biofaciès MOLFOR apparaît très complexe : on le rencontre en effet aussi bien au niveau de la plaine et du domaine côtier qu'en bordure du récif (fig. 74). En général, les Gastéropodes prédominent sur les Pélécytopodes dans les zones périphériques alors que l'inverse se produit sur les fonds de la plaine. Pour le troisième constituant, les *Halimeda* sont les plus fréquentes sur les fonds de la plaine (sous-faciès PelForHal), les Crustacés sur les aires de décantation (PelForCru) et les Scléactiniaires à hauteur des régions périphériques ou des hauts-fonds (GastForCor ou PelForCor). Nous noterons la présence dans la baie Banaré du sous-faciès à Bryozoaires (PelForBry) et dans les aires de décantation centrales d'un sous-faciès à Gastéropodes dominants (GastForCru) qui correspond à la présence de Turritelles et de Cérithes sur fonds très envasés (vases à Turritelles).

### 3.2.- Biofaciès ALGues-MOLLusques (ALGMOL)

Second en importance avec 13 échantillons (19,7%), le biofaciès ALGMOL est très nettement dominé par les *Halimeda* à raison de 12 cas contre un seul pour les Rhodophycées. Le second constituant est surtout représenté par les Mollusques Pélécytopodes (10 cas) plutôt que par les Gastéropodes qui n'apparaissent que dans seulement 3 cas. Les Foraminifères, enfin, sont les plus fréquents en tant que troisième constituant (11 cas sur 13) alors que les Scléactiniaires et les Bryozoaires ne le sont qu'une fois chacun. Le faciès ALGMOL apparaît donc essentiellement caractérisé par le groupement *HALimeda-PELecypodes-FORaminifères* (sous-faciès HalPelFor). Sa composition moyenne est présentée figure 73B. Nous remarquerons la participation relativement forte des Rhodophycées (7,4%) et des Bryozoaires (2,8%) ainsi que la faible proportion de Gastéropodes (6,2%), de débris réduits (5,5%) et d'Echinodermes (0,6%).

Le biofaciès ALGMOL est associé à deux milieux sensiblement différents : d'une part le domaine côtier ou la proximité des îles hautes (Yandé, Paaba, Bélép) et d'autre part les abords de toutes les passes principales (fig. 74). Dans le domaine côtier où ce faciès est bien représenté, il s'agit exclusivement du sous-faciès *HALimeda-PELecypodes-FORaminifères* (HalPelFor) alors qu'à proximité des passes se rencontrent plutôt les sous-faciès à Rhodophycées (RhoPelFor) ou à Gastéropodes (HalGast). Les sous-faciès à Scléactiniaires (HalGastCor) et à Bryozoaires (HalGastBry) apparaissent plus franchement caractéristiques des axes de passes. La différenciation se fait donc par l'apparition, dans le cas du faciès ALGMOL des zones périphi-

ques, d'une proportion plus importante d'algues rouges, de Gastéropodes et de Scléactiniaires ou de Bryozoaires.

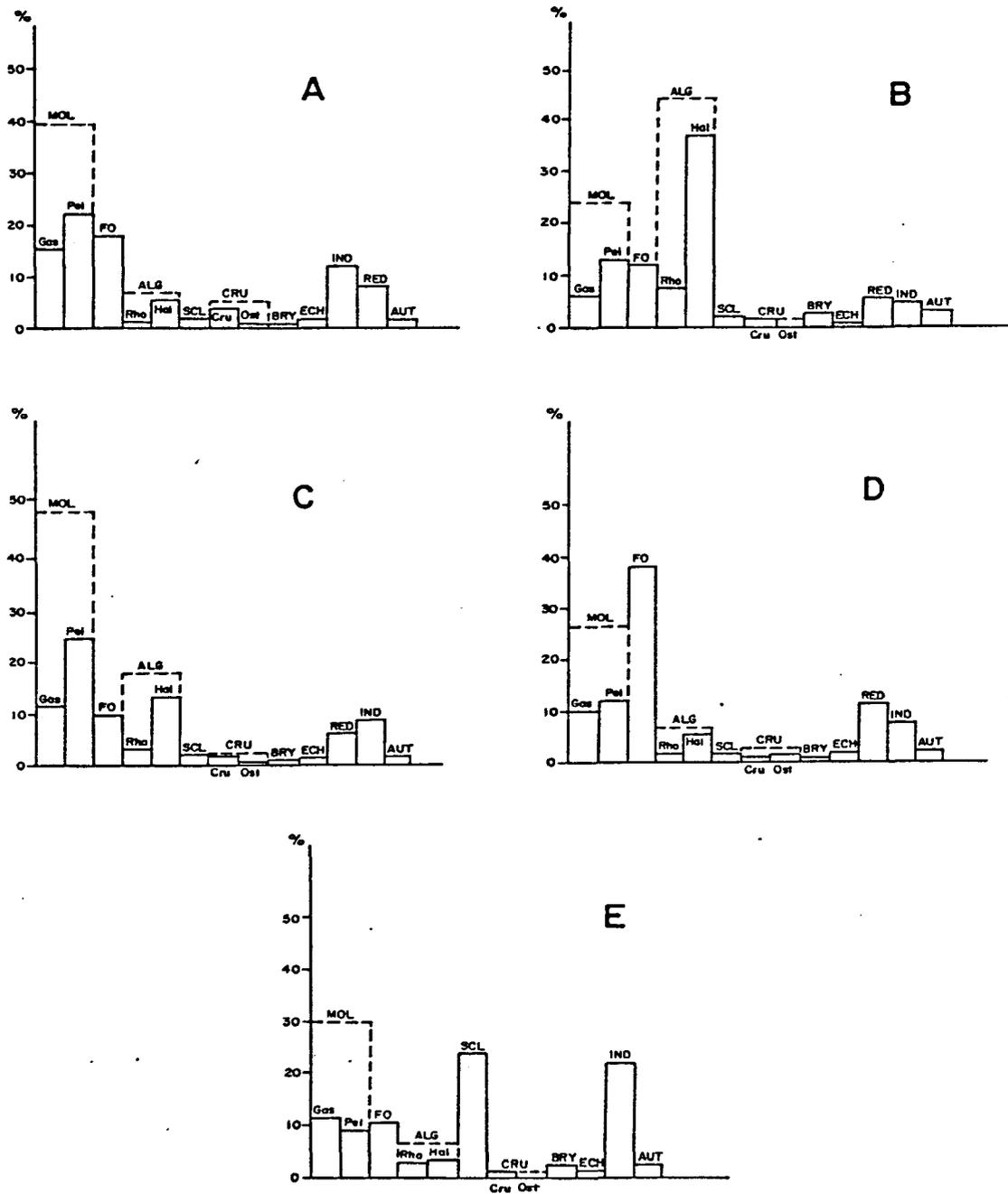


Figure 73.- Composition moyenne des biofaciès pour les principaux constituants; A : MOLFOR (n = 26); B : ALG-MOL (n = 13); C : MOLALG (n = 10); D : FORAMOL (n = 8); E : MOLCOR (n = 5); (MOL : total Mollusques; Gas : Gastéropodes; Pel : Pélécy-podes; FO : Foraminifères; ALG : total Algues Calcaires; Rho : Rhodophycées; Hal : *Halimeda*; SCL : Scléactiniaires; CRU : total Crustacés; Cru : Crustacés indifférenciés; Ost : Ostracodes; BRY : Bryozoaires; ECH : Echinodermes; IND : indéterminés; RED : débris réduits; AUT : autres).

### 3.3.- Biofaciès MOLLusques-ALGues (MOLALG)

Le biofaciès MOLALG regroupe 10 échantillons (15%) et il est caractérisé par une domination pratiquement exclusive (9 cas sur 10) de l'association PELécypodes-*HALimeda*-FORaminifères (PelHalFor). Un seul échantillon, situé immédiatement en arrière du récif des Français, présente l'association RHODophycées-GASTéropodes-CORaux. La composition moyenne du biofaciès MOLALG est présentée à la figure 73C. Les variations affichées par les constituants mineurs apportent peu d'information. Le biofaciès MOLALG est limité en partie au sud-est du lagon, mais il se rencontre aussi bien dans la zone côtière qu'au niveau de la plaine ou des fonds d'arrière-récif (fig.74).

### 3.4.- Biofaciès FORaminifères-MOLLusques (FORAMOL)

Le biofaciès FORAMOL, représenté par huit de nos échantillons (12%) est surtout caractérisé par la présence des Mollusques Pélécypodes en tant que deuxième constituant (6 cas contre 2 pour les Gastéropodes) alors que les articles d'*Halimeda* (3 cas), les Scléactiniaires (2 cas), les Crustacés, les Rhodophycées et les Echinodermes (1 cas chacun) se partagent la troisième place. La composition moyenne du faciès FORAMOL est présentée figure 73D. Comme dans le cas du faciès MOLFOR, les débris réduits (11,3 %), les Crustacés (2,4%) et les Echinodermes (1,4%) sont relativement importants. Nous noterons la participation plus forte des Ostracodes à ce faciès (1,3%) et la faible importance des Rhodophycées (1,1%) et des Bryozoaires (0,5%).

Le faciès FORAMOL tend à se localiser dans la moitié nord-ouest du lagon (fig. 74) : au niveau des zones périphériques le troisième élément peut être constitué par les Rhodophycées (ForGastRho), les Scléactiniaires (ForGastCor ou ForPelCor) ou les Echinodermes (ForPelEchi), tandis que sur la plaine il est représenté par les *Halimeda* (ForPelHal) ou les Crustacés (ForPelCru).

### 3.5.- Biofaciès MOLLusques-CORaux (MOLCOR)

Dans ce faciès, défini par cinq de nos échantillons (7,5%), les Gastéropodes prédominent largement sur les Pélécypodes (4 cas sur 5) et les Foraminifères constituent exclusivement le troisième élément. La composition moyenne du faciès (fig. 73E) montre une importance relativement faible des Pélécypodes (9%), des *Halimeda* (3,3%), des Crustacés (0,7%) ainsi que l'absence totale d'Ostracodes et de débris réduits. La disparition des débris réduits mais aussi les

proportions considérables de débris indéterminés (22,3%) sont à mettre en rapport avec la répartition de ce faciès (fig. 74) qui affiche une affinité marquée pour les régions périphériques (passes et zones d'arrière-récif) : dans ces parties du lagon les sédiments sont en effet à teinte dominante claire (profondeur moindre, meilleure oxygénation) et l'hydrodynamisme relativement important provoque une usure importante des grains rendant leur identification plus difficile.

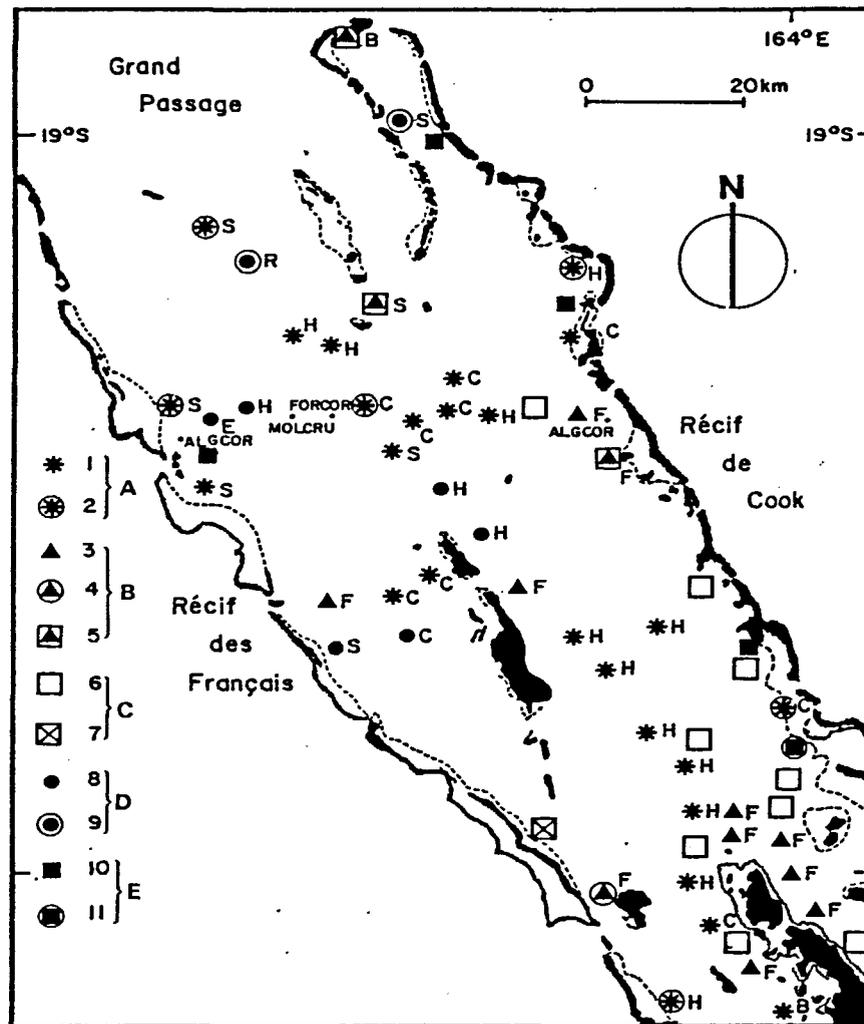


Figure 74.- Distribution des faciès biogènes; A : MOLFOR (1 : PelFor; 2 : GastFor); B : ALGMOL (3 : HalPel; 4 : RhoPel; 5 : HalGast); C : MOLALG (6 : PelHalFor; 7 : GasRhoCor); D : FORAMOL (8 : ForPel; 9 : ForGast); E : MOLCOR(FOR) (10 : GastCorFor; 11 : PelCorFor); les lettres associées aux symboles indiquent la nature du 3<sup>ème</sup> constituant (B : Bryozoaires; C : Crustacés; E : Echinodermes; F : Foraminifères; H : Halimeda; R : Rhodophycées; S : Scléractiniaires).

Les trois autres faciès relevés mais peu représentés ne seront que brièvement évoqués :

- le faciès ALGCOR, présent sur deux échantillons et plus précisément déterminé par l'association *HALimeda*-CORaux-MOLLusques et des proportions relativement élevées de Rhodophycées (>4%), de Bryozoaires (2,5% en moyenne) et surtout de débris indéterminés (10,4% en moyenne); les deux échantillons représentatifs de ce biofaciès sont situés à hauteur de deux passes importantes du lagon;
- le faciès FORCOR, ou plus en détail FORaminifères-CORaux-MOLLusques, à proportions relativement fortes de débris indéterminés (15%) et secondairement de Rhodophycées (2%); il est situé dans la plaine mais sous l'influence d'un haut-fond;
- le faciès MOLCRU enfin, déterminé par l'association GASTéropodes-CRUSTacés-PELécypodes et qui se place au niveau de l'aire de décantation centrale; il est secondairement caractérisé par une forte proportion de débris réduits (13%).

Les résultats apportés par l'étude des biofaciès confirment que les Pélécy-podes, les Foraminifères et les *Halimeda* sont les trois producteurs fondamentaux de la biophase dans le Grand Lagon Nord. Si la distribution des biofaciès ne semble pas régie de manière simple par des facteurs d'ordre géomorphologique ou physiographique, il existe tout de même une bonne correspondance entre les différents milieux et les principaux faciès biogènes (tableau 6). Ainsi la plaine lagonaire est essentiellement occupée par le faciès MOLFOR (sous-faciès PelForHal) et secondairement par le faciès FORAMOL (sous-faciès ForPelHal); au niveau des aires de décantation centrales les Crustacés se substituent aux *Halimeda* (sous-faciès PelForCru ou ForPelCru). Les faciès MOLALG, AIGMOL et MOLCOR tendent par contre à se limiter à la périphérie du lagon et aux zones de transition entre la plaine s.s. et les compartiments périphériques (domaine côtier inclu). Le faciès ALGMOL marque une affinité prononcée pour les zones de passes tandis que le faciès MOLCOR apparaît étroitement inféodé à la proximité d'édifices coralliens; le faciès MOLALG pourrait correspondre à un faciès de transition entre les faciès de la plaine et ceux du lagon périphérique. Le domaine côtier se révèle le plus hétérogène du point de vue de la composition biogène des sédiments puisqu'on y rencontre trois des principaux faciès : ALGMOL, MOLALG et MOLFOR. Les faciès ALGCOR et FORCOR, peu représentés, apparaissent respectivement comme des faciès de transition entre les zones de passes et d'arrière-récif et entre les zones d'arrière-récif et la plaine lagonaire.

Tableau 6.- Fréquence des principaux biofaciès et sous-faciès dans les différents milieux physiographiques (A : passes; B : pente interne; C : hauts-fonds; D : aires de décantation; E : plaine lagonaire; F : domaine côtier).

FACIES	SOUS-FACIES	MILIEUX					
		A	B	C	D	E	F
MOLFOR	PelForHal	-	-	-	-	8	2
	PelForCru	-	1	-	5	-	1
	PelForCor	-	1	1	-	-	-
	PelForBry	-	-	-	-	-	1
	GastForHal	-	2	-	-	-	-
	GastForCru	-	1	-	1	-	-
	GastForCor	-	1	1	-	-	-
ALGMOL	HalPelFor	2	-	-	-	1	6
	HalGastFor	1	-	-	-	-	-
	HalGastCor	1	-	-	-	-	-
	HalGastBry	1	-	-	-	-	-
	RhoPelFor	1	-	-	-	-	-
MOLALG	PelHalFor	-	2	-	-	3	4
	GasRhoCor	-	1	-	-	-	-
FORAMOL	ForPelHal	-	-	-	-	3	-
	ForPelCru	-	-	-	1	-	-
	ForPelEchi	-	-	-	-	1	-
	ForPelCor	-	1	-	-	-	-
	ForGastCor	-	1	-	-	-	-
	ForGastRho	-	-	1	-	-	-
MOLCOR	GastCorFor	1	3	-	-	-	-
	PelCorFor	-	1	-	-	-	-
ALGCOR MOLCRU FORCOR	HalCorMol	2	-	-	-	-	-
	GastCruPel	-	-	-	1	-	-
	ForCorMol	-	-	1	-	-	-

L'examen de la répartition et de la composition des biofaciès nous permet aussi d'appréhender les grands traits de la répartition des principaux bioclastes : les Pélécytopodes et les Foraminifères apparaissent comme les plus ubiquistes et peuvent se rencontrer en fortes proportions dans tous les milieux; les pourcentages de Pélécytopodes, Foraminifères, Crustacés, agrégats et débris réduits augmentent significativement au niveau des aires de décantation; les *Halimeda* semblent en partie associées aux zones de courants et dominant largement à hauteur des passes; les Scléactiniaires sont endémiques aux fonds d'arrière-récif où ils peuvent devenir prépondérants; d'une manière générale nous observons à l'approche des compartiments périphériques une augmentation des proportions d'*Halimeda*, de Scléactiniaires, de Rhodophycées, de Bryozoaires et de débris indéterminés. La plaine correspond à un assemblage qualitatif de Foraminifères, Pélécytopodes, *Halimeda* et Echinodermes; le domaine côtier à un assemblage de Pélécytopodes, *Halimeda*, Foraminifères, Crustacés mais aussi Bryozoaires; les hauts-fonds montrent une nette similitude avec les fonds d'arrière-récif, nous y trouvons un assemblage de Mollusques, Foraminifères, Scléactiniaires et Rhodophycées.

#### 4.- BIOPHASES CARACTERISTIQUES DES MILIEUX SEDIMENTAIRES

Le calcul de la composition moyenne de nos échantillons en fonction de leur appartenance aux principales unités sédimentaires ne peut donner une idée des variations à l'intérieur de chacun des compartiments (variations intra-unités). Il permet par contre la mise en valeur des associations les plus fréquentes dans chaque compartiment et des variations inter-unités.

##### 4.1.- Les sédiments de passes (n = 11)

La biophase des sédiments de passes apparaît ici caractérisée par l'association ordonnée *Halimeda*-Foraminifères-Scléactiniaires (valeurs moyennes respectives : 18,7%, 16,4% et 11,8%). Pélécy-podes (9,1%), Gastéropodes (8,2%) et Rhodophycées (8%) contribuent aussi de façon relativement importante à la biophase de ce milieu; il en résulte que les Algues Calcaires (Rhodophycées et Chlorophycées) et les Mollusques, tous groupes confondus, deviennent les deux premiers constituants avec respectivement 26,7% et 25,7% (fig. 75A). Ce milieu correspond donc au faciès biogène ALGMOL et au sous-faciès *HalForCor*. Le pourcentage de grains indéterminés est important (8,2%), tandis que parmi les constituants mineurs seuls les Bryozoaires (3,2%) paraissent significatifs. Les débris d'Echinodermes (0,7%), les spicules d'éponges (0,1%) et d'Alcyonaires (0,03%), les agrégats (0,5%), tubes calcaires (0,4%), Otolithes (0,01%), Brachiopodes (0,03%), grains roux (0,8%) et autres bioclastes identifiés ne représentent au total que 3% de la biophase. Les débris réduits sont relativement peu abondants (3,8%).

Paradoxalement c'est dans cet ensemble où ils dominent que les Mollusques (aussi bien Pélécy-podes que Gastéropodes) atteignent leur valeurs moyennes minimales (tableau 7). Les plus faibles valeurs moyennes sont aussi atteintes dans le cas des Crustacés (1,2%), des Echinodermes et des débris réduits. Inversement les Algues et, pris séparément, les Rhodophycées, les Scléactiniaires, les Bryozoaires, les tubes calcaires (vermet, *Tubipora*) et les grains roux attei-

gnent dans ce milieu leur valeurs moyennes maximales.

Les sédiments de passes sont, avec ceux du lagon périphérique, les moins envasés (4% en moyenne); ce sont aussi les sédiments les plus grossiers rencontrés ( $Mz = -0,3 \phi$  en moyenne), leur classement et leur normalité sont moyens, l'asymétrie proche de zéro (tableau 7). D'après MONTAGGIONI & MAHE (1980), ces valeurs correspondent en milieu récifal à de puissants courants alimentant le milieu en bioclastes autochtones. L'assemblage quantitatif décrit ici concorde par ailleurs avec ceux définis par MASSE *et al.* (à paraître) à hauteur des platiers récifaux et des pentes péri-récifales dans le lagon sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie.

#### 4.2.- Les sédiments du domaine côtier (n = 11)

La biophase des sédiments côtiers (périphérie de l'extrême nord de la Grande Terre) est caractérisée par l'abondance des fragments de Pélécy-podes (27,7%) et des articles d'*Halimeda* (23,1%) qui atteignent leurs valeurs moyennes maximales (fig. 75B). Les Mollusques (42,7%) et les Algues Calcifiées (26,3%) jouent donc ici aussi un rôle prépondérant, mais les proportions entre Pélécy-podes et Gastéropodes et entre *Halimeda* et Rhodophycées sont nettement moins équilibrées que dans le cas des sédiments de passes. Les Pélécy-podes l'emportent en effet largement sur les Gastéropodes qui atteignent ici leur valeur minimale (8,2%) et il en va de même pour les articles d'*Halimeda* sur les Rhodophycées (3,2%). Les Foraminifères jouent un rôle important (11,4%) bien qu'atteignant aussi leur plus faible valeur moyenne, tandis que les débris réduits sont relativement abondants (6,3 %). Parmi les constituants mineurs, seuls se détachent légèrement les Crustacés (2,3%) et les agrégats biogènes (1,6%). Les Scléractiniaux et les Bryozoaires ne représentent chacun que 1,2%, les Echinodermes 0,9% et les autres débris (Spongiaires, Tubes calcaires, Brachiopodes, Alcyonaires, grains roux, Otolithes, etc...) ne constituent que 0,6% de la biophase moyenne des sédiments côtiers. La zone côtière prise dans son ensemble correspond donc au faciès MOLALG et au sous-faciès PelHalFor.

Le domaine côtier est le moins profond des compartiments (21 m en moyenne), le plus proche de la Grande Terre et le plus sensible aux apports terrigènes fins (20% d'insoluble dans la fraction fine). L'envasement y est fort (25% en moyenne), le sédiment fin, faiblement classé, à la normalité peu accusée et l'asymétrie négative. La tendance est donc à un milieu de basse énergie favorable à une sédimentation qui est en partie d'origine continentale.

Si la grande importance des Mollusques Pélécy-podes est en égard aux exigences écologiques de ce groupe, assez naturelle dans ce compartiment côtier fortement envasé (MASSE *et*

al., à paraître), la présence d'une très forte proportion d'articles d'*Halimeda* est plus surprenante. Les travaux de GARRIGUE (1987) dans le lagon sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie montrent clairement que les espèces courantes d'*Halimeda* sont absentes des fonds trop envasés de la zone côtière. Cependant, dans le Grand Lagon Nord, les données recueillies par CLAVIER et LABOUTE (1987) nous ont permis de constater le fort indice d'abondance d'une espèce identifiée comme *Halimeda sp.* (et donc probablement différente des espèces classiques rencontrées dans les autres parties du lagon) sur les stations de la zone côtière. La grande quantité d'articles d'*Halimeda* dans nos sédiments du domaine côtier pourrait alors être directement liée à l'existence d'une espèce associée à ce type de fonds et non pas comme c'est le cas plus classiquement à la grande capacité de dispersion des débris d'espèces inféodées aux substrats durs (MONTAGGIONI & MAHE, 1980) ou aux substrats meubles moins envasés. DEBENAY (1985a, 1987a), dans le lagon sud-ouest, signale la présence d'articles d'*Halimeda* dans les fonds sablo-vaseux de dépressions comme étant associée à des pelouses à *Halimeda* sur fonds meubles (MAGNIER *in* DUGAS & DEBENAY, 1982). La prédominance des *Halimeda* à la fois dans les zones de passes et dans le domaine côtier correspondrait donc à des environnements très différents; dans le premier cas il s'agirait d'espèces de substrats durs telles que *H. opuntia* ou *H. copiosa*, tandis que dans le second cas il s'agirait d'espèces de substrats meubles plus ou moins envasés telles que *H. incrassata* ou *H. macroloba* (GARRIGUE, comm. pers.).

#### 4.3.- Les sédiments de la plaine lagonaire (plaine *s.l.*)

##### . Lagon périphérique (n = 15)

Au sein des sédiments du lagon périphérique, les Mollusques occupent la première place (34,3%). Pris séparément, les Pélécytopodes (12,35%) et les Gastéropodes (11,95%) ne dépassent cependant pas l'importance des Foraminifères (16,8%). L'écart entre la somme des pourcentages de Pélécytopodes et Gastéropodes et le pourcentage total des Mollusques est dû à une forte proportion de fragments de Mollusques qui n'ont pu être attribués à l'une ou l'autre des catégories en raison de leur altération (Mollusques indifférenciés). Les articles d'*Halimeda* (8,3%) et les débris de Scléactiniaires (7,2%) jouent encore un rôle important, le total des Algues Calcaires atteignant 11,1%. La part de débris indéterminés est exceptionnellement forte avec 18,3% des bioclastes analysés; c'est la valeur maximale rencontrée. Les constituants mineurs les mieux représentés sont les Crustacés (1,8%), les Bryozoaires (1,7%) et les Echinodermes (1,3%). Le pourcentage moyen de débris réduits est de 5,7% et les autres bioclastes ne constituent que 1,8% de la biophase (fig. 75C). L'ensemble des sédiments périphériques réalisent donc un faciès MOLFOR et un sous-faciès ForPelGast.

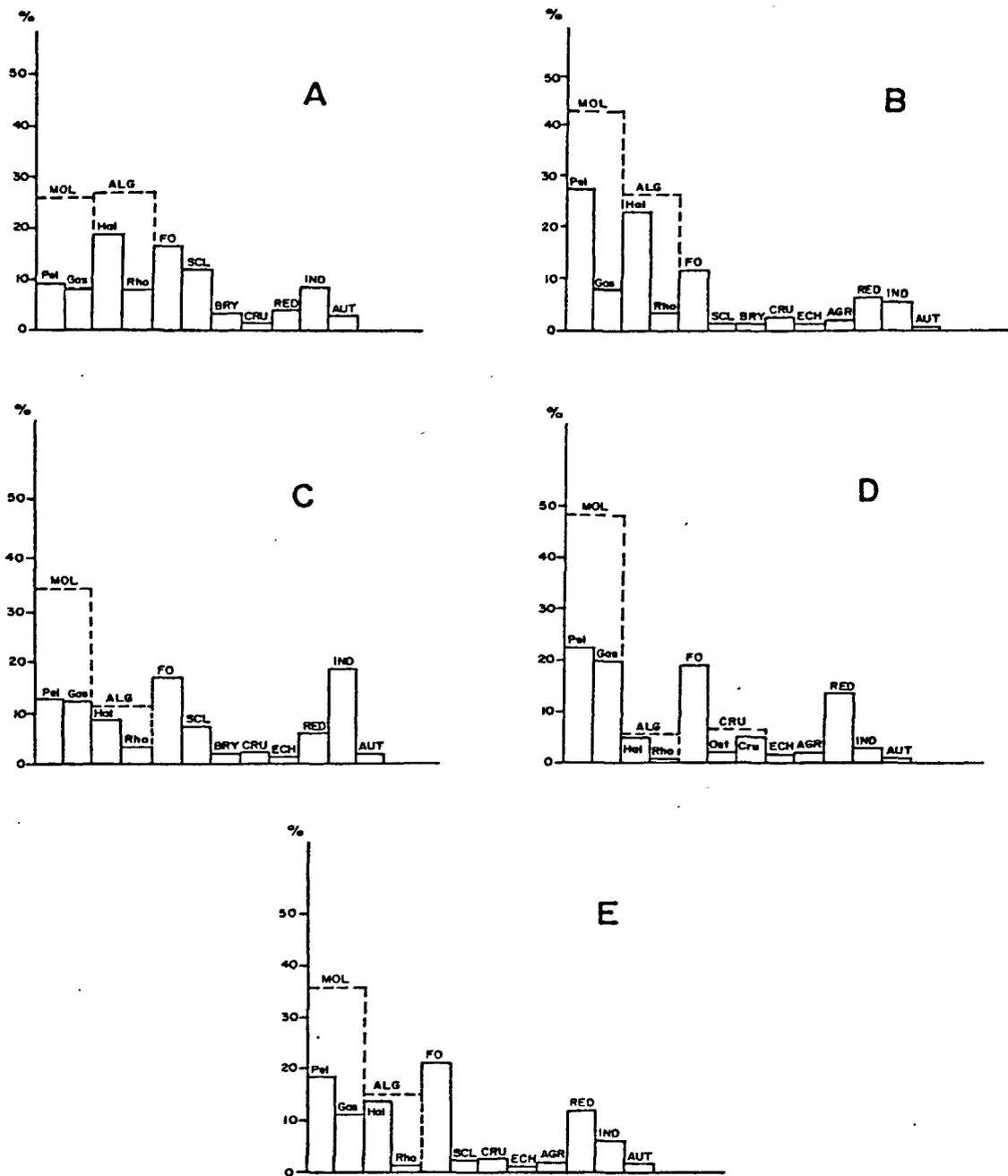


Figure 75.- Composition moyenne de la biophase des milieux sédimentaires; A : passes (n = 11); B : domaine côtier (n = 11); C : lagon périphérique (n = 15); D : aires de décantation (n = 11); E : plaine lagonaire (n = 18); les abréviations utilisées sont les mêmes qu'à la figure 73.

. Aires de décantation (n = 11)

Comme dans le cas précédent, les Mollusques - qui atteignent ici leur valeur moyenne maximale (48,6%) - et les Foraminifères (19,2%) sont prépondérants (fig. 75D). L'équilibre entre Pélécy-podes et Gastéropodes est à peu près réalisé avec respectivement 22,4% et 19,9%. Nous remarquerons l'importance des débris réduits (13,4%) et des Crustacés (6,7%), ces deux

catégories atteignant ici les valeurs moyennes les plus fortes. Les algues sont moins bien représentées que dans les autres milieux (5,2%) avec 4,8% pour les *Halimeda* et seulement 0,4% pour les Rhodophycées ce qui constitue les valeurs moyennes minimales. Il en est de même pour les Scléactiniaires (0,06%), les Bryozoaires (0,2%), les tubes calcaires (0%) et les Spongiaires (0%) qui présentent tous des valeurs minimales. Le faible pourcentage de débris indéterminés (2,9%) traduit la bonne conservation dans ce milieu des débris les plus fragiles. Les agrégats (1,7%) et les Echinodermes (1,4%) bien que quantitativement d'importance réduite, atteignent ici les plus hautes valeurs moyennes; les autres constituants ne représentent qu'à peine 1%. Les Ptéropodes - qui n'ont pas été évoqués jusqu'à présent en raison d'une participation insignifiante à la biophase des autres milieux - atteignent près de 3% et matérialisent les apports océaniques; il est probable que les bassins de décantation jouent dans une certaine mesure le rôle de collecteur pour les éléments planctoniques comme cela a été observé dans certaines baies du lagon sud-ouest (DEBENAY, 1987a).

Le cas des Gastéropodes est intéressant, leur forte proportion dans ces sédiments très envasés étant directement liée à la présence de quelques espèces très abondantes de Cerithiidae (*Rhino-clavis sordidula*) et de Turritellidae (*Turritella sp.*) (CHEVILLON & RICHER de FORGES, 1988); il ne s'agit d'ailleurs pas à proprement parler de bioclastes, mais plutôt, comme dans le cas des Foraminifères, d'une phase biosomatique c'est à dire de tests entiers (MASSE, 1983).

Les aires de décantation correspondent donc au même faciès que le lagon périphérique (MOLFOR) mais elles en diffèrent par leur sous-faciès : PelGastFor. Ce compartiment se différencie surtout des autres unités de la plaine par ses caractères granulométriques et texturaux (tableau 7). En moyenne le plus profond (55 m), c'est aussi dans ce compartiment que les valeurs extrêmes sont atteintes pour l'envasement (68% en moyenne), la taille moyenne ( $Mz = 3,7 \phi$ , sédiments extrêmement fins), le classement ( $D_{\phi} = 0,8 \phi$ ), la normalité ( $Kg = -1,3$ ) et l'asymétrie ( $Ski = -0,5$ ).

#### . Plaine lagonaire s.s. (n = 18)

Au sein de la plaine lagonaire s.s. (i.e. plaine en dehors des aires de décantation et des régions périphériques), les Mollusques (36,4%) et les Foraminifères (21,1%) dominent encore, comme dans les deux autres unités de la plaine s.l. (fig. 75E). Le faciès correspondant est donc encore une fois le faciès MOLFOR. Les Pélécy-podes (18,4%) l'emporte ici plus largement sur les Gastéropodes (11,1%), les Algues Calcaires sont bien représentées (14,9%) avec surtout les articles d'*Halimeda* (13,7%), ce qui donne un sous-faciès ForPelHal. Les débris réduits sont importants (11,8%) de même que le pourcentage de grains indéterminés (6,3%). Les Crustacés

représentent 2,5% de la biophase et les Scléactiniaires 2,3%. Les agrégats (1,6%) et les fragments d'Echinodermes (1,3%) se détachent légèrement des autres constituants mineurs. Le reste des bioclastes représente 1,8% de la biophase. Les valeurs moyennes maximales sont atteintes pour les Foraminifères (21,1%), les Spongiaires (0,4%) et la catégorie "autres" révélant une plus grande diversification des éléments biogènes.

Tableau 7.- Tableau comparatif des caractères granulométriques et texturaux et de la composition des biophases associés aux différents milieux sédimentaires. Valeurs moyennes et écarts-types (entre parenthèses).

	PLAINE LAGONAIRE s.l.				
	PASSES	DOMAINE CÔTIER	LAGON PERIPHERIQUE	AIRES DE DECONTANTION	PLAINE s.s.
<b>TEXTURE ET GRANULOMETRIE</b>					
Nombre d'échantillons	11	11	15	11	18
Profondeur moyenne (m)	43 (6,9)	21 (4,5)	34 (9,3)	55 (9,8)	41 (10,3)
CO <sub>2</sub> Ca (%)	89 (5,3)	80 (4,9)	88 (4,5)	90 (3,8)	91 (3,2)
Vase (%)	4 (3)	25 (16,1)	4 (2,5)	68 (13,6)	17 (8,5)
Taille moyenne (φ)	-0,3 (1,4)	1,4 (0,9)	1,2 (0,9)	3,7 (0,5)	1,8 (0,4)
Classement (φ)	1,2 (0,3)	1,7 (0,6)	0,9 (0,3)	0,8 (0,4)	1,4 (0,3)
Normalité	1,1 (0,2)	0,9 (0,2)	1,2 (0,2)	1,3 (0,4)	0,9 (0,2)
Asymétrie	0,02(0,2)	-0,17(0,3)	-0,04(0,16)	-0,5 (0,1)	0,09(0,2)
<b>COMPOSITION MOYENNE (%) DE LA BIOPHASE</b>					
Elécyropodes	9,1 (4)	27,7 (16,1)	12,4 (6,4)	22,4 (3,3)	18,4 (9,2)
Gastéropodes	8,2 (4,3)	8,2 (4,5)	11,9 (5,1)	19,9 (3,7)	11,1 (3,6)
Total Mollusques	25,7 (6,5)	42,7 (18,2)	34,3 (14,1)	48,6 (6,2)	36,4 (12)
Halimeda	18,7 (16,4)	23,1 (17,6)	8,3 (13,6)	4,8 (4,1)	13,7 (10,3)
Rhodophycées calcifiées	8,0 (10,8)	3,2 (4,4)	2,8 (2,7)	0,4 (0,4)	1,2 (1,1)
Total Algues Calcaires	26,7 (21,3)	26,3 (18,1)	11,1 (13,5)	5,2 (4,1)	14,9 (10,5)
Foraminifères	16,4 (9,5)	11,4 (5,4)	16,8 (11,9)	19,2 (21,1)	21,1 (10,8)
Scléactiniaires	11,8 (11,1)	1,2 (0,6)	7,2 (9,2)	-	2,3 (7,5)
Bryozoaires	3,2 (3,9)	1,2 (1,5)	1,7 (2,1)	0,2 (0,3)	0,3 (0,2)
Ostracodes	0,2 (0,2)	0,2 (0,3)	-	1,9 (1,7)	0,7 (0,5)
Crustacés Indifférenciés	1,0 (1,1)	2,1 (1,9)	1,8 (1,6)	4,8 (2,7)	1,8 (0,8)
Total Crustacés	1,2 (1,1)	2,3 (1,8)	1,8 (1,6)	6,7 (2,6)	2,5 (1,1)
Echinodermes	0,7 (0,4)	0,9 (0,9)	1,3 (1,2)	1,4 (0,5)	1,3 (1,2)
Spongiaires	0,1 (0,1)	0,2 (0,3)	-	-	0,4 (0,4)
Tubes calcaires	0,4 (0,3)	0,2 (0,3)	0,3 (0,5)	-	0,2 (0,2)
Agrégats	0,5 (0,4)	1,6 (2,2)	0,6 (0,6)	1,7 (1,2)	1,6 (1,0)
Débris réduits	3,8 (9)	6,3 (8,1)	5,7 (7,3)	13,4 (7,8)	11,8 (7,1)
Grains roux	0,8 (2,3)	0,2 (0,5)	0,2 (0,9)	0,3 -	0,3 (0,6)
Indéterminés	8,2 (6,6)	5,3 (2,4)	18,3 (8,3)	2,9 (1)	6,3 (4,5)
Autres	0,5 -	0,2 -	0,6 -	0,3 -	0,6 -

#### 4.4.- Synthèse comparative de la biophase des différentes unités

Le premier trait caractéristique consiste en l'opposition entre, d'une part les biophases du domaine côtier et des passes qui sont toutes deux dominées par une association *Halimeda*-Mollusques, et d'autre part les biophases de la plaine lagonaire au sens large (plaine *s.s.*, aires de décantation et lagon périphérique) qui sont dominées par l'association Mollusques-Foraminifères.

Les valeurs maximales des principaux constituants sont atteintes dans le compartiment des aires de décantation pour le total des Mollusques, dans le compartiment de la plaine *s.s.* pour les Foraminifères et au niveau dans les passes pour les Algues et les Scléactiniaires. Les Pélécytopodes et les *Halimeda* sont en moyenne plus abondants dans le domaine côtier, les Gastéropodes dans les aires de décantation et les Rhodophycées à hauteur des passes.

Les aires de décantation et les zones de passes apparaissent comme deux milieux extrêmes aux caractères affirmés (milieux polaires) dont les biophases sont parfaitement antagonistes se partageant les valeurs moyennes minimales et maximales de la plupart des constituants : Gastéropodes, total des Mollusques, Rhodophycées, total des Algues Calcaires, Scléactiniaires, Bryozoaires, Crustacés, Echinodermes, tubes calcaires, Agrégats et débris réduits.

La biophase des sédiments du lagon périphérique se distingue des des deux autres sous-unités de la plaine lagonaire par une proportion plus faible de Mollusques, Foraminifères, Crustacés, agrégats et débris réduits et par une plus forte proportion de Scléactiniaires, Bryozoaires et Rhodophycées, proportions qui s'avèrent autant de points communs avec la biophase des sédiments de passes. Si nous ajoutons à ces caractéristiques communes le faible envasement (4% en moyenne), la biophase des sédiments du lagon périphérique symbolise alors parfaitement l'interpénétration entre les zones internes et externes du lagon (faciès de transition).

La biophase des sédiments de la plaine *s.s.* présente pour sa part une proportion plus forte en articles d'*Halimeda* (trait commun aux biophases des sédiments de passes et du domaine côtier) ainsi qu'en Foraminifères et en débris réduits (similitude avec la biophase des aires de décantation). Ici encore l'origine diverse des sédiments est mise en évidence; il ne faut toutefois pas perdre de vue que ce compartiment est, sur la base de l'espace occupé (voir chapitre 3), le plus représentatif du Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie.

Sous l'aspect sédimentologique globale (composition bioclastique, caractéristiques texturales et granulométriques), il s'avère que seuls les compartiments des passes et des aires de décan-

tation se différencient nettement en affichant des caractères fortement accusés et bien spécifiques. Les trois autres ensembles révèlent des biophases aux caractères en général moins marqués qui traduisent plutôt un continuum entre les deux milieux polaires. La différenciation entre les milieux strictement lagunaires et les zones plus "externes" (passes et domaine côtier) reste toutefois affirmée par l'opposition entre les associations dominantes Mollusques-Algues, dans le cas des zones externes, et Mollusques-Foraminifères pour la plaine lagunaire. De la même façon l'association des trois premiers constituants différencie sensiblement les cinq milieux identifiés : *Halimeda*-Foraminifères-Scléactiniaires pour les zones de passes (*HalForCor*), Pélécy-podes-*Halimeda*-Foraminifères pour le domaine côtier (*PelHalFor*), Foraminifères-Pélécy-podes-Gastéropodes pour le lagon périphérique (*ForPelGast*), Foraminifères-Pélécy-podes-*Halimeda* pour la plaine au sens strict (*ForPelHal*) et enfin Pélécy-podes-Gastéropodes-Foraminifères pour les aires de décantation centrales (*PelGastFor*).

L'examen de la composition bioclastique moyenne par compartiments est une analyse moins fine que le suivi dans l'espace des variations quantitatives. Elle permet par contre la mise en valeur des caractères qualitatifs (assemblages) et quantitatifs (fréquences) typiques de chaque ensemble sédimentaire et de préciser leur différenciation. Elle ne prend cependant pas en compte les cas peu fréquents qui peuvent s'avérer parfois caractéristiques d'un environnement particulier, comme par exemple celui des fonds de baies du domaine côtier ou la relative abondance des Ptéropodes sur les aires de décantation centrales de la plaine.

## **5.- APPROCHE ANALYTIQUE MULTIVARIEE DE LA COMPOSITION BIOCLASTIQUE DES SEDIMENTS**

Pour compléter les résultats exposés précédemment nous avons fait appel aux méthodes multivariées qui ont l'avantage de permettre une étude synthétique en utilisant l'ensemble des paramètres disponibles. Dans un premier temps nous n'avons toutefois pris en compte que les variables issues de l'analyse des bioclastes afin d'obtenir une différenciation spécifique; par la suite les différents types de variables ont été exploités de façon combinée afin d'arriver à une définition globale des faciès sédimentaires. Selon le but recherché (relations quantitatives ou qualitatives) et la nature des données (dimensionnellement homogènes ou non), les analyses ont été effectuées sur la matrice de variance-covariance ou sur la matrice de corrélation.

### **5.1.- Exploitation des constituants biogènes**

#### **5.1.1.- Caractéristiques majeures de la biophase**

Dans cette première analyse, nous nous sommes intéressés à l'ordination des échantillons en fonction de l'importance quantitative des constituants biogènes ainsi qu'à la correspondance entre les différents compartiments lagunaires et la répartition des principaux bioclastes.

Seize constituants ont été introduits, après centrage, en variables actives. Les comptages détaillés des différentes catégories de Mollusques, Algues et Crustacés ont été utilisés en variables supplémentaires. Les trois premières composantes qui restituent respectivement 44,7%, 25,6% et 17,5% de la variance totale méritent d'être interprétées (inertie cumulée : 87,6%). L'analyse sera limitée aux plans factoriels 1-2 et 1-3.

. Projection des variables

*Plan factoriel 1-2*

L'examen de la projection des variables dans le premier plan factoriel (fig. 76A<sub>1</sub>) montre que les constituants les plus significatifs sont dans l'ordre : les Algues Calcaires, les Mollusques, les Foraminifères, les Scléactiniaires, les débris réduits et les bioclastes indéterminés. Bryozoaires, Crustacés et Mollusques indifférenciés apparaissent peu excentrés tandis que les autres constituants restent groupés à l'origine des axes, révélant leur faible poids dans la composition de la biophasse de nos échantillons. Le positionnement des variables supplémentaires permet de constater que les Algues Calcaires sont surtout représentées par les articles d'*Halimeda* et les Mollusques par les Pélécytopodes.

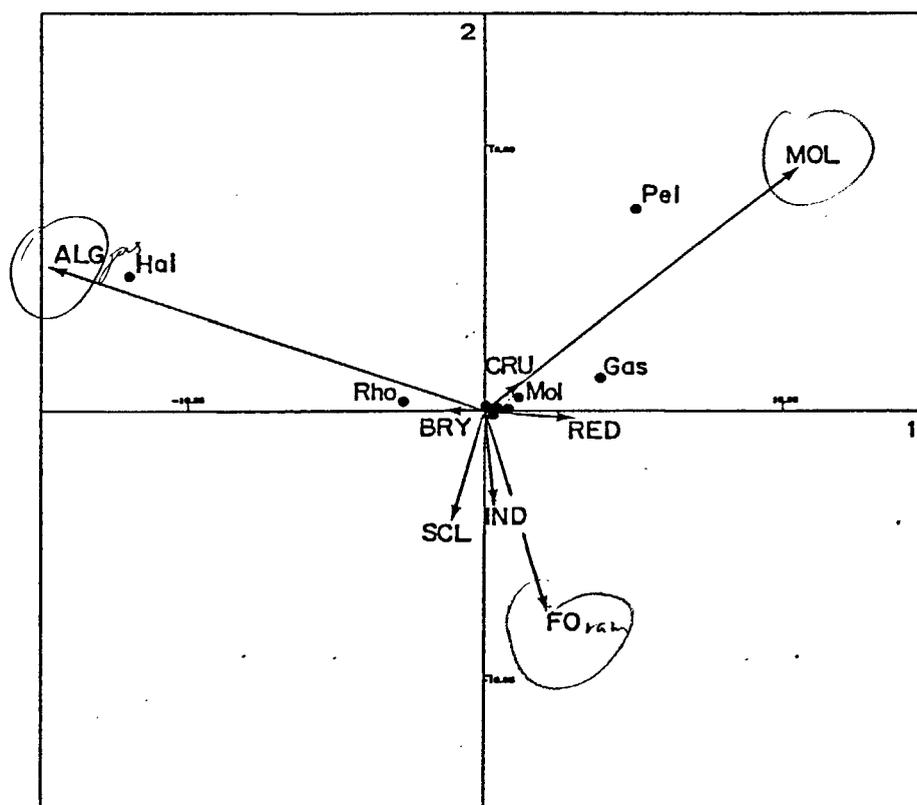


Figure 76A<sub>1</sub>.- ACP sur les constituants biogènes du sédiment (données centrées). Projection des variables dans le plan 1-2. Variables actives (vecteurs) : ALG (total Algues Calcaires); MOL (total Mollusques); RED (débris réduits); IND (indéterminés); FO (Foraminifères); SCL (Scléactiniaires); BRY (Bryozoaires); CRU (total Crustacés). Variables supplémentaires (points) : Hal (*Halimeda*); Pel (Pélécytopodes); Gas (Gastéropodes); Mol (Mollusques indifférenciés); Rho (Rhodophycées Calcifiées).

L'axe 1 met en opposition les variables Mollusques, Foraminifères, débris réduits et Crustacés avec les variables Algues, Sclérentiniales et Bryozoaires. Foraminifères, Sclérentiniales et débris indéterminés se placent du côté négatif de l'axe 2, s'opposant ainsi aux Mollusques et aux Algues.

*Plan factoriel 1-3*

La position des variables dans le plan 1-3 (fig. 76B<sub>1</sub>) confirme la répulsion existant entre les Algues et les Mollusques. L'axe 3 dissocie le groupement observé dans le plan précédent au pôle négatif de l'axe 2, opposant ainsi le binôme Sclérentiniales-débris indéterminés avec un second binôme réalisé par les Foraminifères et les débris réduits.

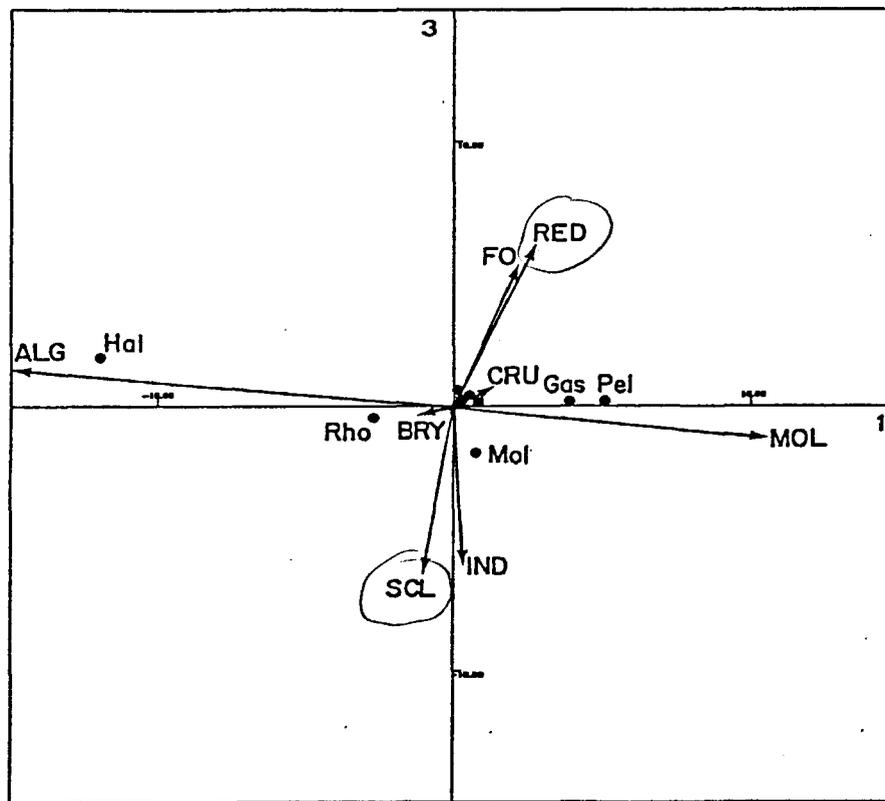


Figure 76B<sub>1</sub>.- ACP sur les constituants biogènes du sédiment (données centrées). Projection des variables dans le plan 1-3 (la légende est la même que pour le figure 76A<sub>1</sub>).

La définition des trois premiers axes met donc en évidence trois couples d'opposition entre les constituants majeurs de la biophase : Algues et Mollusques le long de l'axe 1 (opposition la plus marquée), Sclérentiniales-Foraminifères-indéterminés et Mollusques-Algues le long de l'axe 2, Sclérentiniales-indéterminés et Foraminifères-débris réduits le long du troisième axe.

. Projection des observations

*Plan factoriel 1-2*

L'identification des prélèvements selon leur appartenance aux différents compartiments lagunaires (fig. 76A<sub>2</sub>), révèle une partition très nette entre les échantillons de la plaine lagunaire au sens large (aires de décantation centrales, plaine *s.s.* et lagon périphérique) et les échantillons des zones de passes et du domaine côtier. Le domaine côtier apparaît par ailleurs scindé en deux ensembles : d'une part les sédiments où dominent les articles d'*Halimeda* - qui se projettent à proximité des sédiments de passes - et d'autre part les sédiments des baies côtières caractérisés par une prépondérance des Pélécytopodes. Parmi les unités de la plaine lagunaire au sens large, les échantillons des aires de décantation se projettent du côté positif de l'axe 1 et révèlent une biophase riche en Mollusques, Foraminifères et débris réduits; les échantillons du lagon périphérique restent relativement bien groupés du côté négatif de l'axe 2 et traduisent une biophase à forts pourcentages de Scléactiniaires, Foraminifères et débris indéterminés; les échantillons de la plaine lagunaire *s.s.* se montrent les plus dispersés; ils s'étirent entre les trois pôles principaux (Mollusques, Foraminifères et *Halimeda*) à partir de l'origine des axes, ce qui témoigne d'une biophase plus composite au sein de laquelle la plupart des constituants fondamentaux peuvent atteindre de fortes proportions. Enfin, les échantillons de passes se projettent, relativement bien groupés, à l'extrémité négative de l'axe 1 révélant une biophase où dominent les *Halimeda*.

*Plan factoriel 1-3*

Dans le deuxième plan factoriel (inertie expliquée : 62,27%), seule la configuration des groupes de la plaine lagunaire *s.s.* et du lagon périphérique change significativement en raison de la dissociation, le long de l'axe 3, de la triade Scléactiniaires-Foraminifères-débris indéterminés (voir fig. 76A<sub>1</sub> & 76B<sub>1</sub>). La dispersion des échantillons du lagon périphérique le long du troisième axe est cette fois plus importante que le long de l'axe 2, ce qui indique une forte participation des Foraminifères à leur biophase. Inversement, la plus faible dispersion des échantillons de la plaine *s.s.* le long du troisième axe (fig. 76B<sub>2</sub>) montre que les Scléactiniaires et les débris indéterminés ne participent pas de façon active à cette biophase. Un examen plus détaillé des échantillons montre que le pourcentage de Scléactiniaires n'est important dans les sédiments de la plaine que dans le cas de deux stations représentatives d'un haut-fond. En outre, les stations de la plaine qui se projettent vers le côté négatif de l'axe 1 (donc plus riches en *Halimeda*) et à proximité de l'origine des axes, se situent à la frontière entre la plaine et le domaine côtier, près des Bélep ou aux abords des zones de passes. Les échantillons les plus caractéristiques

de la plaine lagonaire *s.s.* seraient alors constitués surtout de Foraminifères, de Mollusques et de débris réduits; une augmentation des autres constituants majeurs signalerait la zone de transition lors du passage à un autre compartiment. L'exploitation de ce second plan factoriel permet donc une meilleure différenciation entre les biophases sédimentaires du lagon périphérique et de la plaine *s.s.* que dans le premier plan examiné.

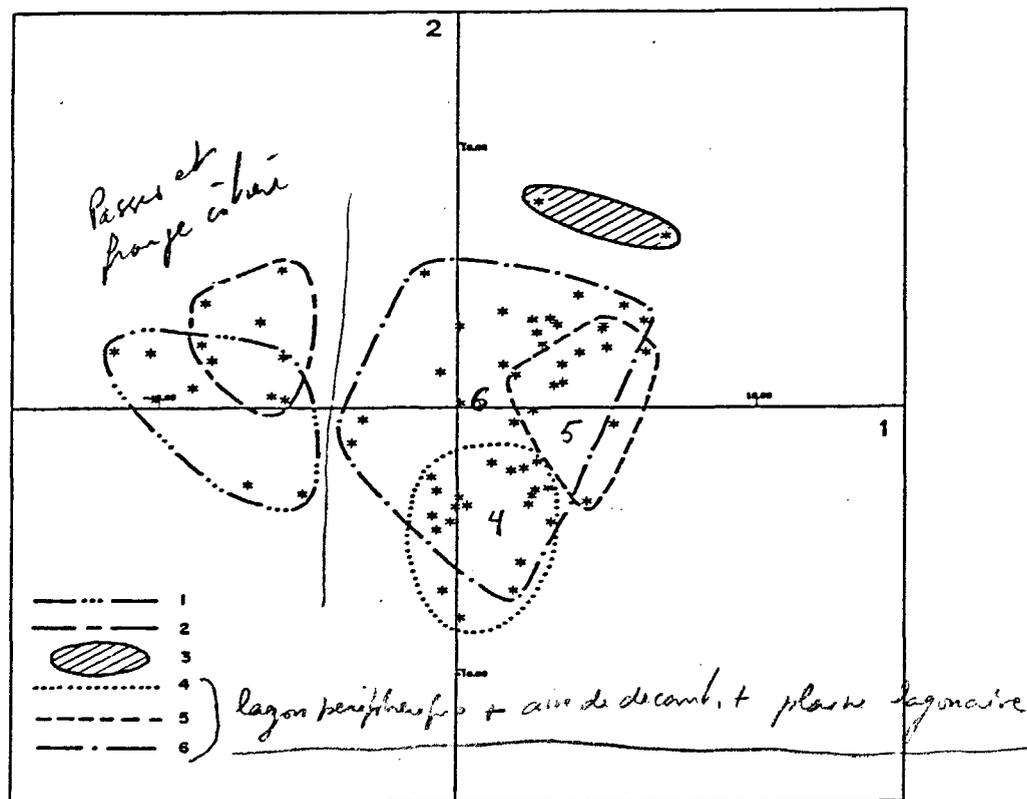


Figure 76A<sub>2</sub>.- ACP sur les constituants biogènes du sédiment (données centrées). Projection des observations dans le plan 1-2 (1 : passes; 2 : frange côtière; 3 : baies côtières; 4 : lagon périphérique; 5 : aires de décan-tation; 6 : plaine lagonaire *s.s.*).

Cette première analyse, outre le fait de confirmer les *Halimeda*, les Mollusques, les Foraminifères et les Scléactiniaires comme constituants majeurs dans la composition biogène des sédiments, nous a donc permis de définir les variations quantitatives les plus caractéristiques de la biophase des différents compartiments : prédominance des *Halimeda* dans les sédiments des zones de passes et de la majeure partie du domaine côtier, fortes proportions de Foraminifères, Scléactiniaires et débris indéterminés dans les sédiments du lagon périphérique et fortes proportions de Mollusques, Foraminifères et débris réduits au niveau des aires de décan-tation centrales. La biophase des sédiments de la plaine lagonaire *s.s.* est apparue comme la plus diversifiée mais se caractérise globalement par de fortes proportions de Mollusques et de Foraminifères. Nous avons pu mettre en évidence une partition du domaine côtier en deux ensembles : la

frange côtière, dominée par les *Halimeda* et les baies côtières, où les Pélécytopodes sont prépondérants. L'utilisation des bioclastes majeurs a permis une bonne distinction entre les compartiments de la plaine lagunaire au sens large (plaine s.s., aires de décantation) et les compartiments périphériques (passes, lagon périphérique et domaine côtier) et cela essentiellement sur la base de l'opposition entre les Mollusques et les *Halimeda*. La différenciation obtenue au sein des unités de la plaine s'est avérée par contre moins performante, ce qui montre que les différents compartiments ne peuvent être caractérisés de façon significative à partir des seuls constituants majeurs.

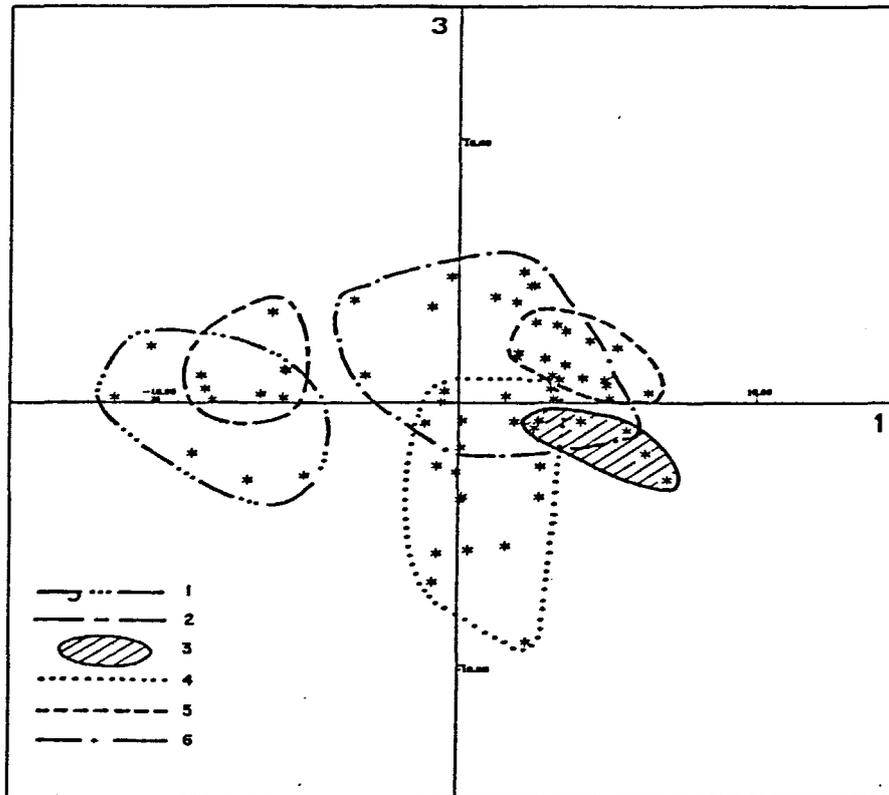


Figure 76B<sub>2</sub>- ACP sur les constituants biogènes du sédiment (données centrées). Projection des observations dans le plan 1-3 (la légende est la même que pour la figure 76A<sub>2</sub>).

### 5.1.2.- Mise en évidence des associations d'éléments biogènes

Dans cette deuxième analyse, nous avons alors cherché à mettre en évidence les associations de bioclastes les mieux caractérisées permettant d'aboutir à une définition plus précise de la biophase de chaque compartiment. Les variations quantitatives ont donc été estompées par une réduction des données au profit des aspects qualitatifs de la composition biogène des sédiments.

Vingt-deux constituants ont été introduits dans l'analyse en variables actives, les pourcentages totaux de Mollusques, Algues et Crustacés étant cette fois utilisés en variables supplémentaires. En partie à cause du nombre important de variables, les deux premières composantes, qui sont par ailleurs les seules susceptibles d'interprétation, ne recueillent que 30,6% de l'information.

#### . Projection des variables

La représentation du cercle des contributions équilibrées ( $r = \sqrt{d/n} = 0,3$ ) et du cercle de corrélation ( $r = 1$ ) permet de constater que les variables otolithes, Brachiopodes et Spongiaires ne sont pas discriminantes dans l'analyse (fig. 77A). La qualité de représentation de la variable grains roux ne s'avère pas satisfaisante, elle ne présente en effet aucune corrélation significative avec les variables parmi lesquelles elle se projette (annexe 4).

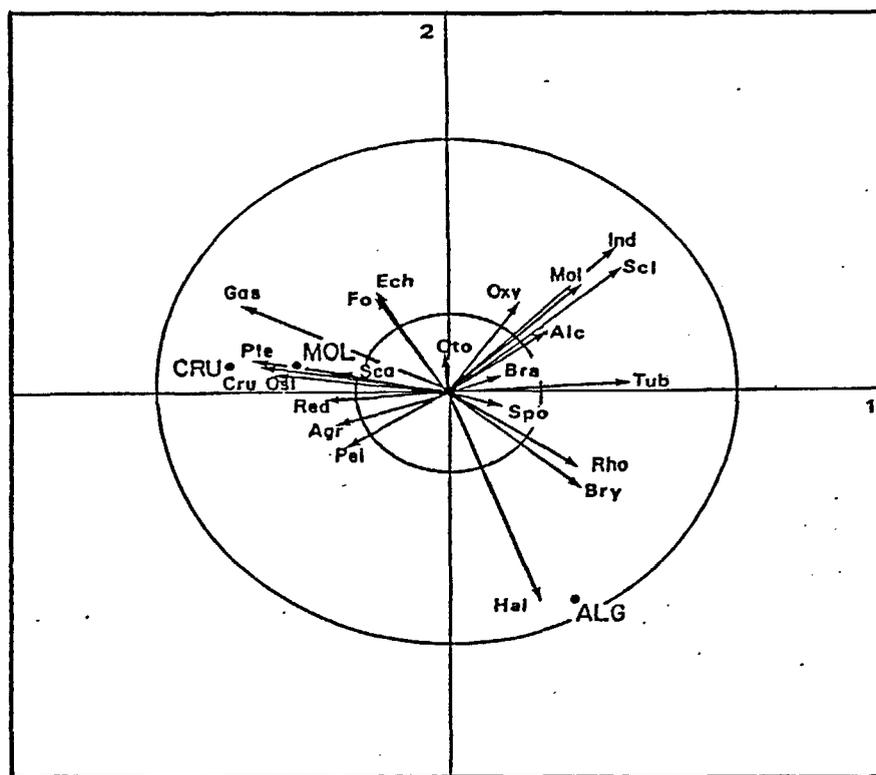


Figure 77A.- ACP sur les constituants biogènes du sédiment (données centrées-réduites). Projection des variables. Variables actives (vecteurs) : Gas (Gastéropodes); Pel (Pélicypodes); Pte (Ptéropodes); Sca (Scaphopodes); Cru (Crustacés indifférenciés); Ost (Ostracodes); Red (débris réduits); Agr (agrégats); Fo (Foraminifères); Ech (Echinodermes); Oto (otolithes); Oxy (grains roux); Mol (Mollusques indifférenciés); Ind (indéterminés); Scl (Scléractiniaires); Alc (Alcyonaires); Bra (Brachiopodes); Tub (tubes calcaires); Spo (Spongiaires); Rho (Rhodophycées); Bry (Bryozoaires); Hal (*Halimeda*). Variables supplémentaires (points) : CRU (total Crustacés); MOL (total Mollusques); ALG (total Algues Calcaires).

La distribution des variables dans l'espace réduit se fait selon deux principaux ensembles, de part et d'autre de l'axe 2. Le premier ensemble, qui contribue à la formation du côté négatif de l'axe 1, regroupe les Gastéropodes, les Pélécytopodes, les Ptéropodes, les Scaphopodes, les Ostracodes, les Crustacés indifférenciés, les débris réduits, les agrégats, les Foraminifères et les Echinodermes; ces deux dernières variables participent d'avantage à la définition du côté positif de l'axe 2.

Le deuxième ensemble, qui se projette vers le côté positif du premier axe, comprend les Scléactiniaires, les débris indéterminés, les tubes calcaires, les Rhodophycées, les Bryozoaires, les Mollusques indifférenciés, les *Halimeda* et les Alcyonaires. Cet ensemble se dissocie suivant la deuxième composante en deux pôles définis successivement par la triade Rhodophycées-Bryozoaires-*Halimeda* et les variables Scléactiniaires, débris indéterminés, mollusques indifférenciés; les *Halimeda* contribuent surtout à la formation de l'axe 2 (côté négatif).

L'examen de la matrice de corrélation (annexe 4) montre que la représentation graphique des liens entre variables est satisfaisante. Les corrélations les plus fortes (\*\*)<sup>1</sup> sont enregistrées entre les Ptéropodes, les Ostracodes et les Gastéropodes, les Gastéropodes et les Crustacés, les agrégats et les débris réduits pour le premier ensemble. Dans le deuxième groupement, elles sont enregistrées entre les Scléactiniaires et les débris indéterminés, les tubes calcaires et les débris indéterminés, les Rhodophycées et les Bryozoaires et entre les Mollusques indifférenciés et les Alcyonaires. Toutes les autres corrélations enregistrées sont au moins significatives (\*) au sein de chacun des deux ensembles principaux. Des corrélations négatives (\*\* ou \*) sont enfin relevées entre les variables des premier et second ensemble, matérialisées par la "barrière" virtuelle que constitue le deuxième axe.

La distribution des variables se fait donc selon trois pôles majeurs correspondant à des assemblages de constituants bien spécifiques : le premier est caractérisé par l'association Mollusques, Crustacés, débris réduits et agrégats, le second correspond à l'assemblage des Scléactiniaires, débris indéterminés, Mollusques indifférenciés et, à un degré moindre des Alcyonaires et des grains roux, le troisième pôle est déterminé par le total des Algues Calcaires et les articles *Halimeda*. Trois pôles secondaires sont par ailleurs déterminés par le couple Rhodophycées-Bryozoaires, le couple Echinodermes-Foraminifères et les tubes calcaires. Une opposition marquée est observée entre les variables qui se projettent de part et d'autre de la première composante.

---

1. Coefficient de corrélation hautement significatif.

. Projection des observations

Conformément à la disposition des variables les plus discriminantes, nos échantillons s'ordonnent essentiellement selon trois pôles majeurs (fig. 77B).

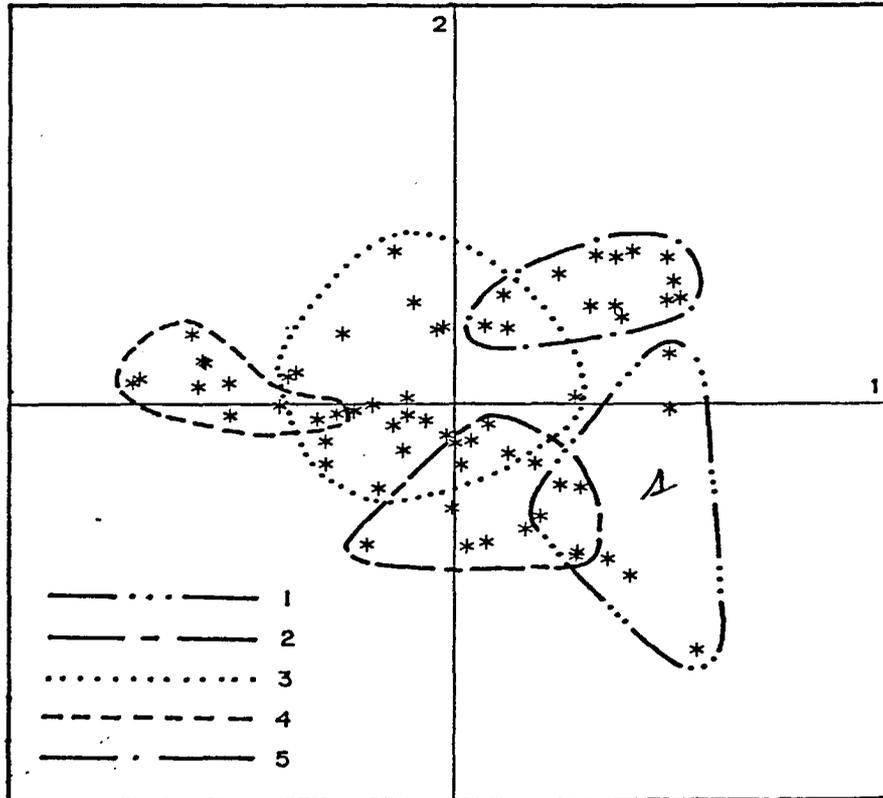


Figure 77B.- ACP sur les constituants biogènes du sédiment (données centrées-réduites). Projection des observations (1 : passes; 2 : domaine côtier; 3 : plaine lagonaire *s.s.*; 4 : aires de décantation; 5 : lagon périphérique).

Les échantillons des aires de décantation centrales se projettent, bien groupés, au pôle négatif de l'axe 1. Leur biophase apparaît ainsi caractérisée par l'association Mollusques-Crustacés à fort pourcentage de débris réduits et d'agrégats. Les échantillons de la plaine lagonaire *s.s.* se placent en position intermédiaire entre les aires de décantation et les zones périphériques au sens large, c'est à dire compartiments de passes, lagon périphérique mais aussi domaine côtier. Cette distribution schématise parfaitement la position physiographique de la plaine, localisée entre les deux grandes barrières récifales externes et la Grande-Terre. La biophase de ce compartiment s'avère plus difficile à caractériser : la dispersion de ses échantillons représentatifs traduit un assemblage d'à peu près tous les constituants dont les associations sont susceptibles de variations locales considérables.

Les échantillons de passes, du domaine côtier et du lagon périphérique tendent à se placer vers la droite de l'axe 2; la distribution "bipolaire" des variables (voir fig. 77A) matérialise ainsi l'opposition entre les sédiments de la plaine lagonaire *s.s.* et des aires de décantation avec ceux des compartiments périphériques au sens large. Cette opposition se traduit essentiellement (mais pas exclusivement) du point de vue de la biophase, par un gradient dans la teneur totale en Mollusques dont les proportions augmentent depuis le récif vers les aires de décantation centrales de la plaine.

Les sédiments du domaine côtier occupent une place intermédiaire entre les sédiments de passes et ceux de la plaine. Ils ont en commun avec les premiers une forte teneur en *Halimeda*, et avec les seconds une forte teneur en Pélécytopodes; les baies côtières ne ressortent pas dans cette analyse. L'ordination des deux compartiments les plus externes montre une différenciation entre les sédiments caractérisés par l'association Scléactiniaires, débris indéterminés, Mollusques indifférenciés et les sédiments définis par un assemblage caractéristique à *Halimeda*, Rhodophycées, Bryozoaires et tubes calcaires; les Rhodophycées ne sont pas ici dominantes mais plus abondantes que dans les autres compartiments; dans l'ensemble cette différenciation concorde avec la distinction entre les sédiments de passes (assemblage à base d'*Halimeda*) et les sédiments du lagon périphérique (assemblage à base de Scléactiniaires).

L'analyse sur la matrice de corrélation a donc permis de mettre en évidence les associations ou assemblages d'éléments biogènes spécifiques aux divers compartiments lagonaire : Mollusques-Crustacés-débris réduits-agrégats pour les aires de décantation centrales, Scléactiniaires-Mollusques indifférenciés-débris indéterminés au niveau du lagon périphérique, Pélécytopodes-*Halimeda* dans le domaine côtier et Algues-Bryozoaires-tubes calcaires au niveau des passes. A la biophase de la plaine *s.s.* correspond un assemblage moins spécifique de Mollusques, Foraminifères, *Halimeda*, Crustacés et Echinodermes.

Nous avons aussi mis en avant une opposition affirmée entre les sédiments de la plaine lagonaire (plaine *s.s.* et aires de décantation) où dominant les Mollusques et les sédiments des aires périphériques (zones d'arrière-récif, passes et domaine côtier) où la tendance générale est à la présence plus fréquente d'Algues Calcaires et de Scléactiniaires. L'unité du lagon périphérique qui avait d'abord été considérée comme appartenant à la plaine *s.l.*, s'avère plutôt proche des zones externes (passes et domaine côtier) et correspond sensiblement aux fonds d'arrière-récif.

Il faut bien noter que les associations mises en évidence ne sont pas forcément d'ordre quantitatif : ainsi par exemple, dans les sédiments des aires de décantation caractérisés par l'as-

semblage Mollusques-Crustacés, le pourcentage de Crustacés est rarement supérieur à celui des Foraminifères. Cela explique en partie une situation parfois différente de celle exposée au paragraphe 4 (composition moyenne des biophases) qui s'attachait surtout aux relations quantitatives entre les constituants; nous retrouvons cependant dans les deux cas l'opposition plaine-périphérie. Les résultats s'accordent bien, par contre, avec ceux des paragraphes 2 et 3 (suivi dans l'espace et faciès biogènes).

La répartition des échantillons en fonction de leur appartenance aux différents compartiments lagunaires concorde donc relativement bien avec les principales associations de bioclastes identifiées. Il ne faut toutefois pas perdre de vue qu'une interprétation rigoureuse des résultats fait appel, si ce n'est à la projection des points sur chacun des vecteurs-variables (axes-descripteurs), tout au moins à leur projection sur les composantes principales, interprétées au préalable à partir de la projection des variables sur ces mêmes composantes. Dès lors, ressurgit de façon flagrante la notion de "continuum", déjà évoquée au chapitre 3 à propos de la granulométrie et de la texture des sédiments. Au niveau des biophases, cette notion se traduit par le recouvrement des différentes unités (faciès de transition) qui met en évidence l'interpénétration de sédiments d'origines diverses.

## **5.2.- Exploitation combinée des bioclastes et des autres paramètres**

Pour conclure, nous avons cherché à aboutir à une meilleure définition des faciès par l'examen combiné des associations de constituants fondamentaux et des autres paramètres sédimentologiques.

Dix-sept variables actives ont été retenues : six constituants principaux sélectionnés sur la base des précédentes analyses, sept variables texturales (pourcentages des fractions Galets à Vase) et quatre indices granulométriques (taille moyenne, classement, normalité et asymétrie). La teneur en carbonate, la profondeur, les comptages détaillés des différentes catégories de Mollusques, Algues et Crustacés, les débris réduits et indéterminés et six constituants mineurs caractéristiques, soit 16 variables, ont été introduites en variables supplémentaires.

Les trois premières composantes interprétables restituent 65% de l'information dont 52,8% sur les deux premiers axes auxquels nous nous limiterons. L'analyse présentée a été choisie à l'issue de multiples essais des combinaisons entre les différentes variables actives et/ou supplémentaires dans le but d'extraire le maximum d'information disponible; dans tous les cas, le gain d'information n'atteint qu'un faible pourcentage et surtout, l'ordination des

points reste particulièrement immuable.

### 5.2.1.- Analyse de la projection des variables

La distribution des variables dans l'espace réduit s'ordonne selon trois pôles majeurs (fig. 78A) et nous retrouvons ici pratiquement les mêmes assemblages d'éléments biogènes que dans l'analyse précédente. La structure mise en évidence auparavant apparaît donc fondamentale puisque l'introduction des autres paramètres sédimentologiques ne change pas de manière significative la configuration du plan. Toutes les variables actives introduites dans l'analyse sont discriminantes. L'examen détaillé de la matrice de corrélation (annexe 4) montre que la représentation graphique des liens entre variables est de bonne qualité dans le plan étudié (corrélations significatives ou hautement significatives entre les variables groupées).

L'axe 1, met en opposition deux grands groupes de variables :

- le premier est composé des sables moyens et grossiers, de l'indice d'asymétrie et des Scléactiniaires, qui se projettent du côté négatif de l'axe; il comprend aussi les variables supplémentaires débris indéterminés, tubes calcaires, et secondairement Mollusques indifférenciés, Alcyonaires et grains roux, qui sont peu excentrées;
- le second, qui se projette du côté positif de l'axe, est composé de la taille moyenne, du pourcentage de vase, des Mollusques (Gastéropodes, Ptéropodes et Lamellibranches), des Crustacés (Ostracodes et indifférenciés) et secondairement des sables très fins<sup>2</sup>; il comprend aussi les variables supplémentaires profondeur, débris réduits, Echinodermes et agrégats (situés à proximité du barycentre);

Au sein du premier groupe de variables, les Scléactiniaires, les tubes calcaires et les débris indéterminés sont significativement corrélés aux proportions de sables grossiers et moyens (annexe 4); ils déterminent donc en grande partie la granulométrie du sédiment. L'indice d'asymétrie n'est pas directement corrélé aux constituants de ce groupe, mais avec les variables granulométriques; sa signification est donc indépendante de la composition biogène des sédiments et nous l'interprèterons, non pas comme le résultat d'une addition de matériel bioclastique grossier, mais comme l'indication d'un lessivage des particules fines résultant d'actions hydrodynamiques.

---

2. Les sables très fins sont ici faiblement discriminants ce qui s'explique, non pas par une faible importance quantitative, mais au contraire par la présence généralisée de cette fraction granulométrique, en proportions considérables, sur l'ensemble des échantillons prélevés.

miques sélectives. Les corrélations négatives enregistrées entre l'indice de classement<sup>3</sup>, la teneur en vase et les constituants de cet ensemble, la corrélation positive entre l'indice de normalité et les Scléractiniaires, la forte participation des débris indéterminés et, à un degré moindre, des Mollusques indifférenciés (grains usés et roulés), sont autant d'indices appuyant l'idée d'un milieu de relativement haute énergie. Par ailleurs, nous rappellerons que les fragments de Scléractiniaires, en raison de leur densité élevée et de leur morphologie, ont une capacité de dispersion réduite (MAIKLEM *in* DEBENAY, 1987a). En outre, les pourcentages de formes libres des genres *Trachyphyllia*, *Heteropsammia* ou *Heterocyathus*, plutôt caractéristiques des fonds meubles et plus envasés de la plaine (CHARDY *et al.*, 1988), ne représentent pas de pourcentages importants dans nos comptages. L'abondance des Scléractiniaires, associée à la présence d'Alcyonaires, ne peut donc que signaler ici la proximité d'édifices coralliens.

Dans le second groupe de variables (portion positive de l'axe 1), tous les constituants sont fortement corrélés (\*\*) à la profondeur et à la taille moyenne, les Mollusques et les Crustacés étant aussi fortement liés à la teneur en vase des sédiments (\*\*). Les autres corrélations indiquent des sédiments plutôt bien classés (corrélation négative) excepté dans le cas des Pélécy-podes (corrélation positive indiquant des sédiments moins bien classés en présence d'une forte proportion de ces constituants). Ptéropodes et Ostracodes sont positivement corrélés (\*\* & \*) avec l'indice de normalité (normalité accusée en présence d'un fort pourcentage de ces bioclastes); cela peut indiquer que ces éléments particulièrement légers et mobilisables sont déposés après un transport notable (aires d'accumulation); les Ptéropodes, organismes pélagiques, sont obligatoirement allochtones. Les nombreux bivalves (débris lamelleux et aplatis à grande capacité de dispersion) et les fines coquilles relevés dans nos comptages sont aussi en faveur d'une allochtonie, au moins partielle, de ces constituants. La diminution du classement des particules liée à une forte proportion de Pélécy-podes laisse toutefois supposer qu'une partie de ces Mollusques est autochtone. Nous verrons ici la marque d'un comportement hydraulique différentiel entre les tests fins de certaines espèces et les tests plus denses et plus épais moins susceptibles d'être déplacés. L'assemblage des variables de ce groupe matérialise donc un environnement de basse énergie, à tendance réductrice et favorable à la décantation : sédiments très fins, envasement et profondeur importants, participation relativement forte des débris réduits et des agrégats<sup>4</sup> et bon classement des sédiments probablement en partie déposés après transport (sédimentation sous l'influence de courants faibles).

---

3. La variable classement est exprimée en valeurs phi; elle polarisera donc les échantillons présentant des valeurs élevées du classement, c'est à dire mal classés. Une corrélation négative indique ici des sédiments bien classés.

4. Les agrégats présentent en général une faible cohésion; ils peuvent donc être de bons indicateurs d'un hydrodynamisme restreint.

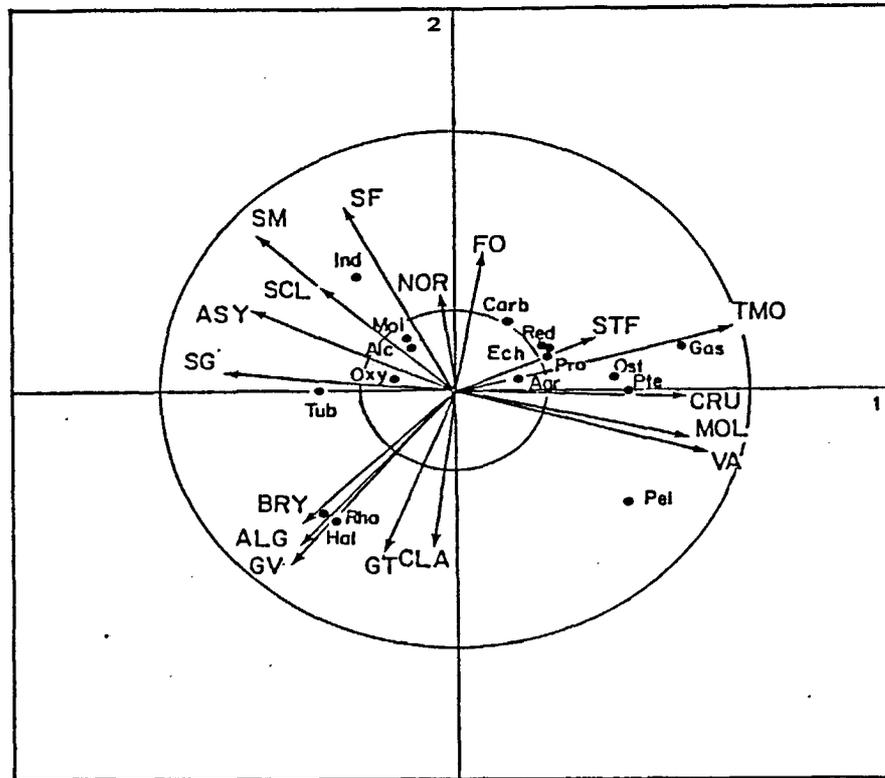


Figure 78A.- ACP sur l'ensemble des paramètres sédimentologiques (données centrées-réduites). Projection des variables. Variables actives (vecteurs) : SG (sables grossiers); ASY (asymétrie); SCL (Sclérectiniaires); SM (sables moyens); SF (sables fins); NOR (normalité); FO (Foraminifères); STF (sables très fins); TMO (taille moyenne); CRU (total Crustacés); MOL (total Mollusques); VA (vase); CLA (classement); GT (galets); GV (graviers); ALG (total Algues Calcaires); BRY (Bryozoaires). Variables supplémentaires (points) : Tub (tubes calcaires); Oxy (grains roux); Alc (Alcyonaires); Mol (Mollusques indifférenciés); Ind (indéterminés); Carb (carbonate); Red (débris réduits); Ech (Échinodermes); Pro (profondeur); Agr (agrégats); Ost (Ostracodes); Pte (Ptéropodes); Gas (Gastéropodes); Pel (Pé-lécypodes); Rho (Rhodophycées); Hal (*Halimeda*).

Suivant l'axe 2 (fig. 78A), un premier assemblage, composé des graviers, des galets, des Algues Calcaires (*Halimeda* et Rhodophycées), des Bryozoaires et de l'indice de classement, s'oppose aux sables fins, aux Foraminifères, à l'indice de normalité et aux carbonates.

Le premier assemblage se projette du côté négatif de l'axe. Les corrélations hautement significatives (\*\*) existant entre les articles d'*Halimeda*, les Rhodophycées et les Bryozoaires - groupes généralement producteurs d'éléments grossiers - et les variables texturales galets et graviers, montrent que la composition biogène est ici directement responsable de la granulométrie des sédiments. La projection dans cet ensemble de l'indice de classement, significativement corrélé aux articles d'*Halimeda*, indique des sédiments hétérométriques, non classés. Cette combinaison entre des sédiments grossiers et non classés, la présence d'articles d'*Halimeda* et la forte corrélation entre les constituants et la granulométrie, suggère la présence de débris bio-

clastiques grossiers produits sur place et non transportés. Cette hypothèse est renforcée par la corrélation significative entre les Rhodophycées (ou les Algues en général) et l'indice d'asymétrie, les valeurs positives de cet indice signalant ici un déséquilibre dans la distribution des grains par apport de matériel à la phase grossière ou par lessivage de la phase fine. La forte corrélation entre les Rhodophycées et la fraction des galets évoque par ailleurs la présence de Rhodolithes ou "pralines" que nous avons fréquemment observées dans les sédiments des abords de passes. Selon MONTAGGIONI et MAHE (1980), ces valeurs tradiraient de puissants courants alimentant le milieu en bioclastes grossiers. Nous pensons ici que même si ce niveau d'énergie est le plus haut rencontré dans le lagon, l'hydrodynamisme reste relativement peu efficient au regard des valeurs du classement et de la normalité. L'assemblage des constituants biogènes reflèterait donc ici aussi, en partie, la composition des peuplements en place dont seule la production en particules calcaires fines serait exportée.

Le second assemblage, qui se projette du côté positif de l'axe 2, comprend, nous l'avons vu, les sables fins (qui sont les plus discriminants), les Foraminifères, l'indice de Normalité (qui polarisera ici les sédiments à la normalité très accusée) et le pourcentage de carbonate contenu dans la fraction fine des sédiments. Foraminifères, normalité et carbonate sont des variables peu discriminantes; si les Foraminifères apparaissent faiblement discriminants malgré leur importance quantitative (3<sup>ème</sup> constituant majeur), c'est en raison de leur ubiquité : les comptages montrent en effet qu'à partir de la fraction 0,5 mm (sables fins) l'apparition en grande quantité et la diversification des Foraminifères se généralisent, ce groupe devenant alors très vite dominant. Le cas des carbonates est identique, leur teneur n'étant jamais inférieure à 70% (voir chapitre 3). Enfin, le cas de la normalité témoigne, comme cela a déjà été signalé à plusieurs reprises, d'un faible hydrodynamisme général sur l'ensemble du lagon. La position médiane de cet indice, qui se projette entre les sédiments à tendance granulométrique grossière et ceux à tendance granulométrique très fine, est interprétée comme la marque d'un hydrodynamisme différentiel : faible au niveau des zones à sédiments fins, relativement fort ou modéré au niveau des zones à sédiments grossiers. Cet indice polarisera les sédiments pour lesquels le rapport taille moyenne/hydrodynamisme sera optimum, c'est à dire les sédiments pour lesquels les actions hydrodynamiques seront les plus compétentes au regard de leur granulométrie. Ce milieu correspondrait donc globalement à un niveau d'énergie modérée : sédiments fins, moyennement classés, à la normalité plutôt accusée et envasement assez fort.

#### 5.2.2.- Analyse de la projection des observations

La distribution des échantillons dans l'espace réduit se fait selon quatre pôles et traduit fi-

dèlement leur appartenance aux différentes unités sédimentaires mises en évidence, au chapitre 3, sur la base des données granulométriques et texturales (fig. 78B) :

- le premier pôle, situé dans l'espace défini par la portion négative de l'axe 1 et la portion positive de l'axe 2, attire les échantillons du lagon périphérique (zones d'arrière-récif), mais aussi une partie des échantillons de passes et de la plaine lagonaire *s.s.*; il est déterminé par les variables sables fins, sables moyens, asymétrie, Scléactiniaires, Foraminifères, débris indéterminés et secondairement tubes calcaires, Mollusques indifférenciés, Alcyonaires, débris oxydés;
- le second pôle se place dans l'espace défini par les portions négatives des axes et attire essentiellement les échantillons des zones de passes; leur distribution est conditionnée par celle des variables graviers, galets, classement, *Halimeda*, Rhodophycées, Bryozoaires et secondairement sables grossiers, asymétrie, tubes calcaires et éléments oxydés; deux échantillons apparaissent particulièrement excentrés au sein de cet ensemble : leur biophasse est composée à plus de 50% par les algues calcaires, l'envasement est inférieur à 3%, la proportion de galets et graviers la plus forte rencontrée ( $GT+GV > 70\%$ ) et les valeurs de la taille moyenne les plus faibles en échelle phi ( $Mz < -2 \phi$ ); ces deux échantillons sont franchement caractéristiques de l'axe des passes;
- le troisième pôle, situé dans l'espace défini par la portion négative de l'axe 2 et la portion positive de l'axe 1, attire surtout les échantillons représentatifs des baies côtières; il est essentiellement déterminé par la variable Pélécytopodes et, à moindre degré par l'envasement et le classement; ces deux échantillons justifient la distinction, au sein du domaine côtier, entre la frange côtière et les baies côtières (aires de décantation côtières);
- le dernier et quatrième pôle se place à l'extrémité positive de l'axe 1 et attire les échantillons référables aux aires de décantation centrales et secondairement ceux de la plaine lagonaire *s.s.*; leur répartition est fortement liée à celle des variables vase, taille moyenne, Mollusques, Crustacés et, à un degré moindre, aux variables sables très fins, Echinodermes, débris réduits et agrégats.

Selon le premier axe, nous observons donc la différenciation progressive des compartiments les plus externes (passes et arrière-récif), qui se positionnent du côté négatif, des unités de la plaine *s.s.* et du domaine côtier, qui restent sensiblement groupées à proximité du barycentre, et enfin des aires de décantation qui tendent à se placer vers l'extrémité positive de l'axe (aires de décantation centrales et baies côtières).

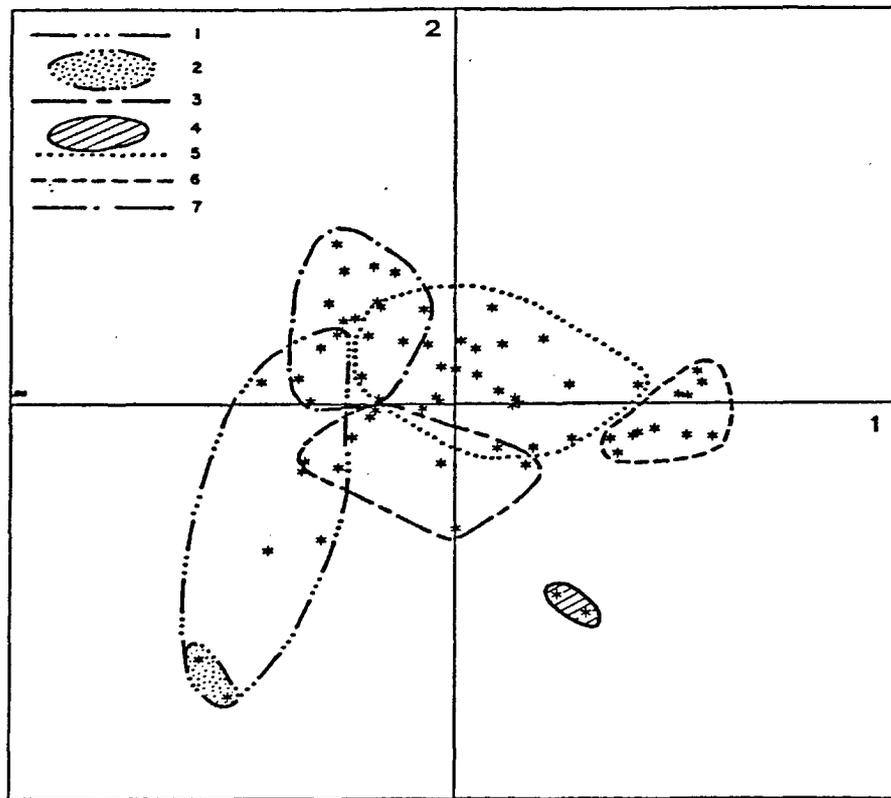


Figure 78B.- ACP sur l'ensemble des paramètres sédimentologiques (données centrées-réduites). Projection des observations (1 : passes; 2 : axe des passes; 3 : frange côtière; 4 : baies côtières; 5 : plaine lagonaire *s.s.*; 6 : aires de décantation; 7 : lagon périphérique).

Suivant l'axe 2, nous observons la différenciation des zones des passes vis à vis des zones d'arrière-récif, du domaine côtier vis à vis de la plaine *s.s.* et des baies côtières vis à vis des aires centrales de décantation.

Il apparaît ainsi que l'axe 1 traduit essentiellement l'influence d'un gradient physiographique et hydrodynamique : les nuages de points qui matérialisent les différentes unités sédimentaires s'échelonnent graduellement le long de cet axe, depuis les zones externes à énergie relativement forte ou modérée (passes et arrière-récif) au pôle négatif, jusqu'aux zones internes (aires de décantation) de basse énergie au pôle positif. Il conditionne en outre la répartition gaussienne des particules : les sédiments des zones internes sont caractérisés par une asymétrie fortement négative liée à un excès de particules fines; les sédiments des zones externes présentent au contraire une asymétrie très positive qui résulte de l'addition de matériel autochtone à la phase grossière (au niveau des passes) ou du lessivage de la phase fine (au niveau des zones d'arrière-récif). Nous noterons que parmi les constituants biogènes, les proportions de débris indéterminés (fortes au niveau des zones externes) et d'agrégats (relativement élevées au niveau des zones internes) reflètent sensiblement le gradient hydrodynamique. Cet axe permet en outre

de mettre en évidence un gradient dans le potentiel d'oxydo-réduction, comme en témoignent les proportions relativement fortes des débris oxydés au niveau des zones externes mieux oxygénées et des débris réduits au niveau des aires internes plus calmes.

Le deuxième axe est aussi en relation avec la physiographie et l'hydrodynamisme mais sa signification est plus délicate à établir. Il met toutefois en évidence :

- l'influence, au niveau des passes, de la fréquence des articles d'*Halimeda* (et à un degré moindre des Rhodophycées et des Bryozoaires) sur la granulométrie et le classement des sédiments : à ce niveau, les sédiments riches en *Halimeda* (>20%) sont à tendance grossière ( $Mz < -0,5 \phi$ ) et hétérométriques ( $D_{\phi} > 1 \phi$ );
- un gradient d'énergie entre les zones de passes, d'arrière-récif et de la plaine, qui se traduit essentiellement par l'opposition entre les sédiments grossiers, médiocrement classés et à normalité peu ou moyennement accusée des zones de passes (valeurs indiquant un milieu de relativement haute énergie) et les sédiments dans l'ensemble plus fins, mieux classés et à normalité plus accusée des zones d'arrière-récif ou de la plaine (énergie moindre au regard de la granulométrie);
- des modalités de dépôt distinctes entre les différentes aires de décantation (vase > 40%) : au niveau des baies côtières, les sédiments sont fortement hétérométriques (non classés) et à normalité peu ou très peu accusée alors qu'au niveau des aires de décantation centrales de la plaine, ils sont au contraire plutôt bien ou très bien classés et leur normalité peut être très accusée; dans le premier cas, l'importante hétérogénéité serait liée à l'envasement des fractions grossières résultant d'une diminution progressive du pouvoir de charge de courants unidirectionnels (délestage des fines en excès) alors que dans le second cas, les modalités de dépôt seraient la conséquence d'une sédimentation sous l'influence de courants faibles (voir chapitre 3).

### 5.3.- Caractérisation des faciès sédimentaires et conclusions

Les différentes analyses réalisées montrent que dans l'ensemble, la répartition des associations de constituants biogènes est en phase avec la zonation physiographique et hydrodynamique du Grand Lagon Nord. L'ordination des échantillons en espace réduit reflète directement leur appartenance aux grandes unités sédimentaires et met en évidence les principales variations dans la composition biogène et granulométrique des sédiments; ces variations sont le plus sou-

vent graduelles (recouvrement entre les nuages de points matérialisant les différents compartiments) et plus rarement tranchées. Les zones de recouvrement signalent l'existence de faciès de transition et matérialisent la notion de continuum sédimentaire déjà évoquée à plusieurs reprises. L'analyse détaillée de la position des variables et des échantillons (fig. 76 à 78) montre qu'à chacun des compartiments correspondent sensiblement des assemblages de variables bien spécifiques; l'interprétation des liens entre variables et assemblages de variables permet ainsi de caractériser avec précision les différents faciès, tant sous l'angle granulométrique que de la composition relative de la biophase ou du niveau d'énergie :

- les zones de passes sont caractérisées par l'association qualitative des *Halimeda*, Rhodophycées, Bryozoaires et secondairement des tubes calcaires, sur sables grossiers propres (vase < 10%) et hétérométriques (moyennement à non classés); quantitativement les Algues Calcaires sont prédominantes (>35%) et surtout les articles d'*Halimeda* (>20%); la fraction granulométrique la mieux représentée est celle des graviers (>25%); ces caractères sont particulièrement accusés au niveau de l'axe même des passes, où la biophase est composée à plus de 50% par les Algues Calcaires pour une granulométrie très grossière ( $Mz < -2 \phi$ ), et un envasement très faible (< 3%); ce faciès correspond au milieu de plus haute énergie relative rencontré, bien que les actions hydrodynamiques sur les sédiments ne soient pas très marquées en regard des valeurs des indices granulométriques (taille moyenne élevée, mauvais classement, normalité peu accusée); l'essentiel des constituants de la biophase seraient autochtones et leur dépôt *in situ* contribuerait aux valeurs fortement positives de l'asymétrie et à l'hétérométrie des sédiments;
- les zones d'arrière-récif sont bien caractérisées par la présence des Scléactiniaires (>15%), qui leur sont inféodés, associés aux débris indéterminés, tubes calcaires et, à un degré moindre, aux Mollusques indifférenciés, Alcyonaires et grains roux; du point de vue de la granulométrie, il s'agit surtout de sables fins ou moyens bien classés et faiblement envasés (<10%); les fractions des sables grossiers et fins y sont bien représentées mais les sables moyens prédominent; quantitativement, les Scléactiniaires sont en compétition, soit avec les Foraminifères qui peuvent devenir dominants lorsque les proportions de sables fins augmentent (faciès de transition avec la plaine), soit avec les *Halimeda* à l'approche des passes (faciès de transition avec les zones de passes); ce faciès correspond à un milieu d'énergie relativement élevée mais seule la phase fine du sédiment subirait un transport notable (lessivage), entraînant ici aussi l'apparition de valeurs positives de l'asymétrie; comme dans le milieu précédent, la composition de la biophase détermine en grande partie les caractères granulométriques du sédiment;

- la plaine lagonaire apparaît comme le milieu le plus diversifié et le plus difficile à caractériser; la plupart des constituants fondamentaux peuvent y être dominants au gré de variations locales importantes; dans l'ensemble, les Foraminifères sont abondants mais entrent en compétition avec les Mollusques, voire les *Halimeda* au contact avec le domaine côtier ou les abords de passes (faciès de transition); qualitativement nous y rencontrons l'association en proportions variables des Foraminifères, Mollusques, *Halimeda*, Echinodermes, Crustacés et débris réduits; du point de vue granulométrique, les fractions des sables fins et très fins y sont les mieux représentées; la tendance est à milieu d'énergie modérée où, cependant, les agents hydrodynamiques présentent une bonne compétence vis à vis des sédiments (les sables fins, bien classés, à la normalité plutôt accusée y sont fréquents); l'envasement y est modéré à très fort;
- les aires de décantation centrales sont caractérisées par l'assemblage Mollusques-Crustacés à fort pourcentage de débris réduits et d'agrégats; c'est dans ce milieu que les Ptéropodes et les Ostracodes, très faiblement représentés par ailleurs, sont les plus fréquents; sous l'angle quantitatif leur biophase met en compétition les Pélécytopodes, les Foraminifères et les Gastéropodes (faciès des vases à Turritelles et à Cérithes); la biophase serait partiellement allochtone; ce faciès correspond à un milieu de très basse énergie à tendance réductrice (sédiments très fins, bien classés, envasement et profondeur importants, fortes proportions de débris réduits et d'agrégats); les variations quantitatives de la biophase sont ici peu différentes de celles observées au niveau de la plaine mais nous constatons une substitution des *Halimeda* par les Crustacés lorsque la teneur en vase augmente; la différenciation entre plaine et aires de décantation se fait donc surtout sur la base des caractères texturaux et granulométriques : envasement plus fort (>45%), sédiments plus fins, mieux classés et à la normalité plus accusée;
- la frange côtière est caractérisée par une biophase à fortes proportions d'*Halimeda*; il faut ici faire la distinction entre les espèces de substrats meubles plus ou moins envasés rencontrées dans le domaine côtier (*H. incrassata*, *macroloba*, *discoïdea*, *simulans*) des espèces de substrats durs caractéristiques des sédiments de passes (*H. opuntia*, *copiosa*); cette différenciation spécifique des *Halimeda* pourrait résulter de l'influence des apports terrigènes (GARRIGUE, comm. pers.); qualitativement l'association *Halimeda*-Mollusques est la plus fréquente; hormis la présence de fortes proportions d'*Halimeda*, les sédiments du domaine côtier diffèrent peu de ceux de la plaine lagonaire, si ce n'est par un classement légèrement moins bon et une normalité un peu moins accusée; l'envasement y est similaire et, comme la plaine lagonaire, ce faciès correspond à un niveau d'énergie modérée;

- les sédiments des baies côtières qui appartiennent au "domaine côtier *s.l.*" présentent pourtant des caractéristiques très différentes; la biophase est ici très nettement dominée par les Pélécytopodes (41 à 65%), le sédiment est très envasé (>45%) et fortement hétérométrique (non classé); les modalités de dépôt diffèrent donc de celles des aires de décantation centrales de la plaine; nous avons vu, au chapitre 3, que les sédiments des baies côtières consistaient en une fraction coquillière très grossière et colmatée par une fraction fine abondante; les huîtres forment cette fraction coquillière et leur présence indique une légère dessalure des eaux et la présence d'apports terrigènes; cela peut expliquer en partie la différence de biophase entre aires de décantation centrales et côtières ou entre les baies et le reste du domaine côtier; ce milieu correspond à un niveau d'énergie extrêmement faible.

Il faut remarquer que cette caractérisation des faciès sédimentaires résume en fait les tendances les plus fréquentes mises en évidence par l'analyse en composantes principales. La dispersion des points au sein de chaque ensemble et le recouvrement entre les différents ensembles sont tout de même notables. L'ordination en espace réduit montre ainsi que les caractères granulométriques et la composition bioclastique sont susceptibles de variations locales parfois considérables. L'évolution dans l'espace des divers paramètres sédimentologiques (voir § 2) a montré que ces variations pouvaient être le reflet d'une différence des caractères géomorphologiques au sein d'une unité physiographique donnée : les sédiments des zones d'arrière-récif pourront ainsi présenter, en fonction de la déclivité de la pente interne ou de la distance à la passe la plus proche, de fortes similitudes avec les sédiments de la plaine ou des zones de passes; de la même façon, les sédiments de passes pourront présenter des caractéristiques granulométriques, texturales et bioclastiques sensiblement différentes en fonction, par exemple, de la profondeur, de la largeur et de l'orientation aux vents dominants, de la passe dans laquelle ils auront été prélevés.

Les données de bionomie benthique nous ont fait ici cruellement défaut; leur introduction dans l'analyse d'inertie aurait permis une meilleure compréhension de la répartition des faciès sédimentaires et des processus sédimentogénétiques et par là même une utilisation plus performante de l'outil statistique. Néanmoins, les fortes corrélations entre la nature des constituants dominants et la granulométrie des substrats associés, les connaissances générales sur la nature et la répartition des peuplements benthiques en milieu récifo-lagonaire, la distribution des principaux bioclastes et de leurs assemblages ainsi que le faible hydrodynamisme régnant en général dans le Grand Lagon Nord sont autant d'éléments en faveur d'une sédimentation biogène autochtone ou para-autochtone prépondérante. Les données récentes de bionomie benthique recueillies lors de la dernière campagne de dragages dans le Grand Lagon Nord (novembre 1989), en cours d'exploitation, tendent à montrer que la répartition des principaux bioclastes serait en

phase avec la distribution des peuplements générateurs (RICHER de FORGES & GARRIGUE, comm. pers.). La composition de la biophase serait donc liée en grande partie à la distribution des peuplements benthiques actuels comme cela est signalé dans le lagon sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie (MASSE *et al.*, à paraître) et dans le lagon de Mayotte (MASSE *et al.*, 1989; THOMASSIN *et al.*, 1989).

Dans l'ensemble, l'analyse en composantes principales confirme les résultats obtenus par l'emploi des méthodes sédimentologiques classiques. Elle permet cependant une approche plus fine par la mise en évidence de zones de recouvrement entre les divers faciès sédimentaires (faciès de transition) qui traduisent une différenciation graduelle et progressive entre les différentes unités et non pas brutale comme les méthodes classiques auraient pu le laisser penser. Son utilisation offre par ailleurs une représentation optimale des variations existantes à l'intérieur d'une même unité.

En dépit de la concordance importante existant entre la granulométrie et la composition de la biophase, il n'a pas été possible de trouver une relation simple entre ces données qui aurait permis d'extrapoler ce modèle de différenciation faciologique à l'ensemble de la zone étudiée.

## 6.- SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS A L'ETUDE DES BIOPHASES

L'analyse des constituants biogènes a été réalisée sur 66 échantillons représentatifs des 5 unités sédimentaires mises en évidence par les données texturales et granulométriques de 206 échantillons.

Pélécytopodes, Foraminifères, *Halimeda*, Gastéropodes et Scléactiniaires se révèlent être les participants majeurs à la sédimentogénèse de la fraction sableuse. Les Mollusques et les Foraminifères se montrent très ubiquistes et leur contribution à l'élaboration des biophases sédimentaires est très importante voire prépondérante sur l'ensemble des compartiments lagunaires. Les Pélécytopodes sont dans l'ensemble plus fréquents que les Gastéropodes; localement, ces derniers peuvent toutefois devenir dominants, soit au niveau des zones externes par le biais d'espèces de substrats durs ou à affinités récifales, soit au niveau des zones internes très envasées par l'intermédiaire d'une phase biosomatique à Cerithiidae (*Rhinoclavis sordidula*) et Turritellidae (*Turritella sp.*) (faciès des vases à Turritelles). Les articles d'*Halimeda* sont fortement prépondérants dans les zones de passes (espèces de substrats durs telles que *H. opuntia*, *H. copiosa*) et dans le domaine côtier à l'exclusion des fonds de baies (espèces de substrats meubles plus ou moins vaseux telles que *H. dicoïdea*, *H. simulans*, ou de substrats meubles plus envasés telles que *H. incrassata*, *H. macroloba*). Les Scléactiniaires, étroitement inféodés aux sables propres d'arrière-récif, traduisent la faible contribution directe de l'édifice récifal à la sédimentogénèse de la plaine lagunaire; les formes libres des genres *Trachyphyllia*, *Heteropsammia* ou *Heterocyathus*, associées aux fonds meubles plus envasés de la plaine sont très peu fréquentes.

Certains constituants mineurs peuvent avoir localement une importance significative de conditions de dépôt particulières : les forts pourcentages de Crustacés (Ostracodes et indifférenciés) sont caractéristiques des aires de décantation de la plaine; les Bryozoaires sont relativement abondants dans les sédiments de passes; les Rhodophycées se rencontrent surtout au niveau des passes et des hauts-fonds. Les zones centrales de décantation constituent des aires

d'accumulation pour les tests de Ptéropodes et les Spongiaires sont plus fréquents au niveau des hauts-fonds. Les spicules d'éponges et d'Alcyonaires, les pelotes fécales, les Scaphopodes, les Brachiopodes ou les otolithes n'ont qu'un rôle très réduit dans l'élaboration des biophases sédimentaires du Grand Lagon Nord. Les pourcentages élevés de débris indéterminés apparaissent caractéristiques des environnements de plus haute énergie relative (passes, pentes internes et hauts-fonds) tandis que les agrégats et les débris réduits sont indicateurs de basse énergie (zones internes). Les pourcentages d'éléments oxydés et de débris réduits permettent d'appréhender l'évolution du potentiel d'oxydo-réduction entre les zones externes bien oxygénées et les zones internes plus calmes.

Le transfert latéral des particules sableuses (>0,063 mm) d'origine continentale est très limité : à quelques centaines de mètres de la zone littorale, la composition de la fraction sableuse est déjà exclusivement organogène.

La nombre de biofaciès relevés - près d'une trentaine à partir de la classification ordonnée des trois premiers constituants de chaque échantillon - dénote la complexité et la diversité de la biophase lagonaire. C'est une caractérisation binominale et ordonnée qui a finalement été retenue, après regroupement des différentes catégories de Mollusques et d'Algues Calcaires. Les biofaciès majeurs ainsi mis en évidence permettent de différencier les compartiments lagonaire périphériques, occupés par les faciès à base d'Algues Calcaires et de Scléractinaires (ALGMOL, MOLCOR mais aussi ALGCOR et FORCOR), de la plaine proprement dite, occupée par les faciès à base de Foraminifères et de Mollusques (MOLFOR et FORAMOL). Les biofaciès MOLFOR et FORAMOL règnent indistinctement sur la plaine mais ils peuvent être localement remplacés par le biofaciès MOLALG, dans les zones de transition avec les compartiments périphériques, ou, plus rarement, par le biofaciès MOLCRU au niveau des aires centrales très envasées. Le biofaciès ALGMOL est étroitement associé aux environnements de plus haute énergie relative (passes, abords de passes ou courants "forts" au niveau de la plaine) ainsi qu'au domaine côtier, à l'exclusion des fonds de baies. Le biofaciès MOLCOR est limité aux zones d'arrière-récif et, occasionnellement, aux hauts-fonds de la plaine. Les biofaciès ALGCOR et FORCOR apparaissent comme des faciès de transition entre, respectivement, les zones de passes et d'arrière-récif et les zones d'arrière-récif et la plaine lagonaire.

A partir de la composition moyenne de la biophase de chaque compartiment, une opposition affirmée est mise en évidence entre les zones externes où domine l'association Algues-Mollusques et la plaine lagonaire où l'association Mollusques-Foraminifères est prédominante. La distinction de sous-faciès, par l'association des trois premiers constituants, offre ici une meilleure caractérisation des différentes unités : le sous-faciès HalForCor est ainsi associé aux

zones de passes et à leurs abords, PelHalFor au domaine côtier, ForPelGast au lagon périphérique (pente interne), ForPelHal à la plaine et enfin PelGastFor aux aires de décantation centrales. Passes et aires de décantation apparaissent comme deux milieux extrêmes aux caractères affirmés (milieux polaires) dont les biophases sont parfaitement antagonistes et se partagent les valeurs moyennes minimales et maximales de la plupart des constituants.

D'un point de vue qualitatif quatre assemblages caractéristiques ont été mis en évidence : un assemblage à *Halimeda*, Rhodophycées, Bryozoaires et tubes calcaires, spécifique aux aires de plus haute énergie relative (passes, abords de passes et/ou "forts" courants de fonds); un assemblage à Foraminifères et Echinodermes caractéristique de la plaine lagonaire; un assemblage à Mollusques (Pélécytopodes, Gastéropodes, Ptéropodes) et Crustacés à fort pourcentage de débris réduits et d'agrégats signale les aires de décantation centrales; enfin, l'association de Scléractiniaux, d'un fort pourcentage de débris indéterminés et, à un degré moindre, de Mollusques indifférenciés, Alcyonaires et éléments oxydés, apparaît typique des sédiments de pentes internes et de haut-fonds (zones d'arrière-récif).

Le domaine côtier est apparu scindé en deux ensembles : la frange côtière, dont la biophase est dominée par les *Halimeda* et les fonds de baies côtières, où les Pélécytopodes (essentiellement de grosses coquilles d'huîtres) sont très nettement prépondérants. Les différences observées dans la composition de la biophase des aires de décantation centrales et côtières (fonds de baies) sont attribuées à l'influence des apports terrigènes fins ainsi qu'à une légère dessalure des eaux au niveau du domaine côtier.

Quantitativement, les biophases des sédiments de la plaine et des aires de décantation centrales diffèrent peu, tout au moins dans la fréquence des principaux constituants; leur distinction se fait essentiellement sur la base des données granulométriques et texturales. Le cas contraire est celui des sédiments de la plaine et de la frange côtière dont les caractéristiques granulométriques sont similaires : c'est surtout la composition de leur biophase qui permet alors de les différencier. Nous rappellerons que le caractère majeur du domaine côtier est d'être le seul compartiment lagonaire appartenant au faciès des sédiments carbonatés impurs.

La plaine lagonaire, qui est le milieu le plus représentatif du Grand Lagon Nord au regard de la superficie occupée, apparaît suivant l'échelle d'observation comme un milieu homogène ou hétérogène : homogène vis à vis de l'ensemble des autres compartiments, en particulier périphériques, desquels elle se différencie relativement bien; hétérogène en ce sens qu'un examen détaillé de la granulométrie, texture ou composition biogène de ses échantillons représentatifs révèle, au gré des conditions hydrodynamiques, de la répartition des communautés benthiques

et probablement des phénomènes de bioturbation, un milieu complexe, d'une grande diversité tant quantitative que qualitative et dont la biophase est apparue comme la plus composite.

Dans l'ensemble, la granulométrie, la texture et la composition biogène des sédiments permettent donc d'aboutir à une définition précise des faciès sédimentaires du Grand Lagon Nord : à chacune des unités sédimentaires mises en évidence au chapitre 3, correspondent des constituants ou des assemblages de constituants bien spécifiques. La différenciation faciologique serait ici le reflet de l'influence d'un gradient physiographique et hydrodynamique opposant les zones externes de relativement haute énergie aux zones internes de basse énergie. En outre, les fortes corrélations enregistrées entre la composition de la biophase des divers compartiments et la nature granulométrique des substrats associés, le faible niveau énergétique régnant globalement sur ce lagon et les récentes données recueillies au cours de la dernière campagne de bionomie benthique dans le Grand Lagon Nord, sont en faveur d'une sédimentation biogène autochtone ou para-autochtone prépondérante. La composition de la biophase reflèterait ainsi, en grande partie, la distribution des peuplements benthiques actuels.

Les limites entre les différents faciès sont généralement graduelles, avec parfois l'apparition de faciès de transition réunissant des sédiments d'origine diverse (interpénétration des faciès). Nous avons mis en évidence à plusieurs reprises l'existence d'un continuum sédimentaire, tant dans l'évolution des paramètres granulométriques et texturaux que dans celle de la composition biogène des sédiments. Ces variations progressives se font bien ressentir lorsque l'évolution des biophases est examinée avec comme point de départ la plaine lagonaire, qui se place entre deux milieux polaires aux caractères plus franchement accusés : les zones de passes et les aires de décantation. La plaine constitue un milieu d'énergie modérée sur sédiments sablo-vaseux pour un envasement modéré à fort. La taille moyenne indique des sables fins ou très fins dont le classement est faible ou moyen. Les tests les plus abondants y sont ceux des Mollusques, des Foraminifères et les articles d'*Halimeda* (biofaciès MOLFOR, FORAMOL ou MOLALG) mais l'association qualitative des Foraminifères et des Echinodermes en est plus caractéristique. A l'approche des aires de décantation, les Crustacés se substituent progressivement aux articles d'*Halimeda*, Foraminifères et Pélécy-podes devenant prépondérants; nous observons aussi localement une dominance des Gastéropodes sur fonds très envasés (faciès à Turritelles et Cérithes). Inversement, à l'approche des compartiments périphériques et de substrats plus durs, les Algues deviennent prépondérantes et l'on observe une augmentation des pourcentages de Scléactiniaires ou de Gastéropodes et la substitution des biofaciès précédents par les biofaciès ALGMOL ou MOLCOR. Parmi les compartiments périphériques une différenciation graduelle s'effectue de la même façon : les *Halimeda* sont prépondérantes dans les milieux de plus haute énergie relative correspondant à des sédiments grossiers et hétérométriques que l'on rencontre

essentiellement au niveau des passes et de leurs abords (biofaciès ALGMOL); à hauteur de la pente interne l'énergie diminue et les Scléactiniaires (biofaciès MOLCOR) puis les Foraminifères (biofaciès FORAMOL) se substituent progressivement aux *Halimeda*, sur des sédiments plus fins et mieux classés.

Par ailleurs, au sein d'un même compartiment lagonaire, les caractères granulométriques et la composition bioclastique sont parfois susceptibles de variations locales de forte amplitude. Ces écarts aux tendances les plus fréquentes seraient le reflet des variations géomorphologiques affectant un même ensemble physiographique : déclivité plus ou moins forte de la pente interne, largeur et profondeur des passes ainsi que leur orientation par rapport aux vents dominants, variations bathymétriques de faible amplitude mais brutales (dômes, hauts-fonds) au niveau de la plaine, avancées d'îles hautes dans le domaine côtier, pour ne citer que quelques exemples.

Enfin, il est apparu évident qu'une meilleure compréhension des mécanismes sédimentaires et du passage des biocénoses à la biophase demande une identification, aussi poussée que le permet l'état de dégradation des bioclastes, des principales espèces productrices. La distinction Pélécytopodes-Gastéropodes ou la détermination des *Halimeda* sans distinction d'espèces sont, à titre d'exemple, nettement insuffisante à une définition performante des environnements de dépôt.

Les comparaisons avec les autres travaux menés sur le même thème s'avèrent délicates tant du fait de la disparité des plans d'échantillonnages et des méthodes adoptées, qu'à cause des différences géomorphologiques et dimensionnelles existant entre les ensembles récifo-lagonaires étudiés. Il n'existe pas vraiment d'équivalent au Grand Lagon Nord néo-calédonien, immense et profond, presque totalement encerclé par un récif barrière, dépourvu ou presque d'îlots coralliens et de récifs intérieurs, de zone littorale, de baies côtières bien développées ou encore de vallées sous-marines débouchant sur les passes.

Le lagon sud-ouest néo-calédonien (DUGAS & DEBENAY, 1978b, 1980, 1981, 1982; CHEVILLON, 1985; DEBENAY, 1985a, 1987a; ADJAS, 1988; CHARDY *et al.*, 1988; CHEVILLON & RICHER de FORGES, 1988; MASSE *et al.*, à paraître) est le siège d'une sédimentation mixte terrigène-organogène et présente une zonation longitudinale, comme d'ailleurs le lagon de la côte est (CHEVILLON, en préparation [a]). Le lagon sud de la Nouvelle-Calédonie, plus ouvert à l'influence océanique est encombré de nombreux îlots et complexes récifaux sans être pourvu de véritable barrière extérieure (THOMASSIN, 1984; CHEVILLON, 1986; CHEVILLON, en préparation [d]). Enfin les autres lagons néo-calédoniens tels que celui du plateau des Chesterfield (EHNY, 1987; RICHER de FORGES *et al.*, 1988; CHEVILLON, en prépara-

tion [b]) ou ceux des atolls de Huon et Surprise (CHEVILLON, en préparation [c]) ne sont pas de dimensions comparables. Nous signalons par ailleurs que si nous disposons pour l'ensemble des lagons néo-calédoniens d'un plan d'échantillonnage identique à celui adopté dans le Grand Lagon Nord, nos résultats ne sont pas assez avancés pour permettre des comparaisons effectives (CHEVILLON, *op. cit.*).

Le lagon de la Grande Barrière australienne, est aussi difficilement comparable au Grand Lagon Nord en raison de son caractère de plateau continental où la barrière extérieure, large et discontinue, se développe sur le rebord externe; les nombreuses études qui y sont menées portent essentiellement sur les sédiments récifaux ou péri-récifaux (MAXWELL *et al.*, 1964; FLOOD & SCOFFIN, 1978; FLOOD *et al.*, 1978; ORME *et al.*, 1978; SCOFFIN & TUDHOPE, 1985) mais plus rarement sur les sédiments de la plaine lagonaire (MAXWELL, 1968; FLOOD & ORME, 1988); c'est un lagon large, moins profond que le Grand Lagon Nord et soumis à une double sédimentation terrigène-organogène très active.

La plupart des autres lagons étudiés sont aussi soumis à une forte influence terrigène, comme les lagons de Mayotte (GUILCHER *et al.*, 1965; EHNY, 1987; MASSE *et al.*, 1989; THOMASSIN *et al.*, 1989), de Bora-Bora ou de Tahiti (GUILCHER *et al.*, 1969).

Enfin les quelques lagons étudiés à sédimentation organogène exclusive tels que Mopélia (GUILCHER, *op. cit.*), Suwarrow (TUDHOPE *et al.*, 1985), ou encore Takapoto et Mataïva (ADJAS, *op. cit.*) sont de dimensions très modestes par rapport au Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie et dans l'ensemble, les tendances sédimentaires qui y sont observées diffèrent passablement.

La complexité et la diversité de ces milieux justifieraient une étude comparative à part entière ce qui dépasserait les objectifs du présent mémoire.

## CONCLUSION

L'étude des paramètres texturaux et granulométriques et de la biophase des sédiments du Grand Lagon Nord de Nouvelle-Calédonie a permis de mettre en évidence six environnements de dépôt relativement bien différenciés : les passes, les zones d'arrière-récif, la plaine lagonaire, les aires de décantation centrales, la frange côtière et les fonds de baies côtières.

(1).- Les passes, qui représentent le milieu de plus haute énergie relative du lagon, sont caractérisées par des sédiments à granulométrie grossière, du type sables graveleux, au classement médiocre; la normalité est moyennement accusée et l'asymétrie fortement positive. Les dépôts sont pratiquement dépourvus de fraction fine et présentent une teinte jaune-orange caractéristique. La composition de leur biophase montre une forte prépondérance des articles d'*Halimeda*, mais elle est aussi caractérisée par l'association qualitative des *Halimeda*, des Rhodophycées, des Bryozoaires et des tubes calcaires. Le faciès biogène ALGgues-MOLlusques (ALGMOL) y est très bien représenté mais la composition moyenne de la biophase détermine un sous-faciès *Halimeda*-Foraminifères-Scléactiniaires (HalForCor). Le caractère alternatif des courants - essentiellement régi par les changements de marée - et l'apport de bioclastes grossiers autochtones au sédiment en place - responsable par ailleurs de l'hétérogénéité des sédiments et des valeurs fortement positives de l'asymétrie - expliquent la faible efficacité des actions hydrodynamiques sur le sédiment.

(2).- Les zones d'arrière-récif représentent les fonds du lagon soumis à l'influence des constructions récifales. Elles se localisent essentiellement sur les pentes internes longeant le récif barrière, mais aussi à proximité des rares platiers intérieurs, des seuils coralliens et des hauts-fonds de la plaine lagonaire. Les sédiments sont généralement des sables moyens ou fins bien ou médiocrement classés; l'asymétrie est positive ou proche de zéro, la normalité moyennement accusée à accusée et l'envasement faible. Les valeurs du classement et de la

normalité témoignent d'une intervention active des agents hydrodynamiques, le niveau d'énergie n'étant pas pour autant très élevé; seule la phase fine des sédiments subirait une exportation notable vers les zones internes de la plaine entraînant l'apparition des valeurs positives de l'asymétrie. Ces sédiments sont exclusivement à teinte dominante claire (blanc ou jaune pâle). Leur biophase est bien caractérisée par la présence des Scléractinaires qui leur sont inféodés, associés aux débris indéterminés, tubes calcaires, Mollusques indifférenciés, Alcyonaires et éléments oxydés. Le biofaciès à base de Mollusques et de Scléractinaires (MOLCOR) est fréquent mais en étroite compétition avec le biofaciès FORaminifères-MOLLusques (FORAMOL). La composition moyenne de la biophase réalise un sous-faciès Foraminifères-Pélécy-podes-Gastéropodes (ForPelGast).

(3).- La plaine lagonaire au sens strict est constituée par les fonds du lagon qui ne sont pas soumis à l'influence des passes, des constructions coralliennes ou du domaine côtier; elle exclut les aires de décantation centrales. Au regard de la superficie occupée, il s'agit du compartiment le plus représentatif du lagon. C'est aussi d'un point de vue sédimentaire le milieu le plus composite. La plaine est essentiellement occupée par des sables vaseux mais les sables grossiers vaseux ou les sables vaseux graveleux sont fréquents. La taille moyenne des sédiments se situe dans les sables fins à très fins, le classement est faible ou bon, l'asymétrie très négative à très positive et la normalité peut être accusée ou très peu accusée. L'envasement est modéré à très fort et les sédiments sont à teinte dominante grise, claire ou foncée. Ce milieu correspond à un niveau d'énergie intermédiaire, plutôt bas, où les variations des indices granulométriques reflètent d'avantage les fluctuations dans la composition bioclastique des sédiments mais probablement aussi les actions des organismes responsables de bioturbation, que les effets des courants sur le fond. La biophase est composée en proportions très variables de Foraminifères, Mollusques, *Halimeda* et, à un degré moindre, de Crustacés, Echinodermes, débris réduits et agrégats. Qualitativement, l'assemblage Foraminifères-Echinodermes semble cependant caractéristique de la plaine. Les biofaciès MOLLusques-FORaminifères (MOLFOR), FORaminifères-MOLLusques (FORAMOL) et secondairement ALGues-MOLLusques (ALGMOL) règnent sur ce compartiment. La composition moyenne de la biophase révèle un sous-faciès Foraminifères-Pélécy-podes-*Halimeda* (ForPelHal).

(4).- Les aires de décantation centrales sont occupées par des sédiments du type vaso-sableux; leur taille moyenne les place dans les sables très fins ou les vases; le classement est bon à très bon, l'asymétrie très fortement négative et la normalité accusée à très accusée. L'envasement correspond à un faciès de vases dominantes ou pures. La teinte des sédiments peut être le gris clair ou le gris foncé. Ce compartiment correspond à un milieu de basse énergie, à tendance réductrice. Les courants, indéniablement faibles, possèdent toutefois une forte compétence vis à

vis de ces sédiments en raison de leur granulométrie très fine. La fraction fine du sédiment serait en partie allochtone - issue du lessivage des sédiments périphériques - mais aussi produite in situ. Vus sous l'aspect de leur biophase, les sédiments des aires de décantation centrales sont caractérisés par un assemblage à Mollusques (Pélicypodes, Gastéropodes et Ptéropodes) et Crustacés (Ostracodes et formes indifférenciées) avec de forts pourcentages de débris réduits et d'agrégats. Bien que toujours en faible proportion, c'est dans ce compartiment du lagon que les Ptéropodes - pour lesquels les dépressions centrales joueraient le rôle de collecteur - et les Ostracodes sont les mieux représentés. Il n'existe pas de biofaciès réellement caractéristique de ce milieu qui, comme le précédent, est essentiellement occupé par les biofaciès MOLFOR et FORAMOL ou très exceptionnellement par le biofaciès MOLCRU. La composition moyenne de la biophase révèle toutefois un sous-faciès à Pélicypodes, Gastéropodes et Foraminifères (PelGastFor). Localement nous rencontrons le faciès des vases à Turrnelles et à Cérithes. Les indices d'une allochtonie partielle de certains constituants de la biophase sont mis en évidence.

(5).- Les sédiments de la frange côtière ne présentent pas de caractéristiques texturales et granulométriques fondamentalement différentes de celles des sédiments de la plaine. Ce compartiment est par contre le seul à subir significativement l'influence des apports terrigènes et correspond au faciès des sédiments carbonatés impurs. L'envasement y est fort à très fort et les sédiments prennent, à l'approche de la Grande Terre, une teinte vert-olive. Comme la plaine lagonaire, ce milieu serait dans l'ensemble d'un niveau d'énergie modéré. La composition de la biophase diffère par contre notablement de celle de la plaine, puisqu'elle est caractérisée par une fréquence élevée des articles d'*Halimeda*. Le biofaciès ALGMOL est le plus fréquent mais l'on y rencontre aussi les biofaciès MOLALG et MOLFOR. La composition moyenne de la biophase traduit un sous-faciès Pélicypodes-*Halimeda*-Foraminifères (PelHalFor).

(6).- Les fonds de baies côtières se distinguent de la frange côtière par la présence de sédiments hétérogènes très fortement envasés, du type sablo-vaseux graveleux ou vaso-sableux graveleux. Ces sédiments, constitués presque uniquement de particules de la taille des graviers ou des vases, résulteraient d'un envasement de bioclastes grossiers autochtones - par délestage de particules fines - consécutif à une diminution progressive du pouvoir de charge de courants unidirectionnels. Ces dépôts sont très mal classés, leur normalité est peu à très peu accusée et l'asymétrie fortement négative. Il s'agit donc de sédiments typiquement peu évolués et d'un milieu de très basse énergie. La biophase est très nettement dominée par les Pélicypodes et plus particulièrement par de grosses coquilles d'huîtres dont la présence indique une certaine dessalure des eaux ainsi que l'influence des apports terrigènes fins; ces apports sont véhiculés par le fleuve Diahot ou par le ruissellement des eaux de pluies le long des versants de l'extrême nord de la Grande Terre.

Les caractéristiques sédimentaires de ces divers environnements résultent en partie de l'influence d'un gradient physiographique et hydrodynamique négatif s'exerçant depuis les zones lagunaires périphériques vers les aires centrales de la plaine. La composition de la biophase et la répartition des principaux bioclastes reflèteraient en outre, assez fidèlement, la nature et la distribution des peuplements générateurs; en d'autres termes, elle traduirait la prépondérance d'une sédimentation biogène autochtone ou para-autochtone. La profondeur n'est pas apparue par contre comme un facteur déterminant dans la zonation sédimentaire.

Les limites entre les différents ensembles, qui sont le plus souvent graduelles, mettent en évidence l'existence d'un continuum sédimentaire entre deux milieux polaires représentés par les zones de passes, à la périphérie du lagon, et par les aires de décantation centrales au niveau de la plaine lagunaire. L'ensemble des paramètres sédimentologiques est par ailleurs susceptible de variations notables au sein d'un même milieu. Ces écarts aux tendances les plus fréquentes sont attribués aux différences géomorphologiques qui affectent parfois une même unité physiographique (largeur et profondeur des passes, déclivité de la pente d'arrière-récif, présence de hauts-fonds, dômes ou seuils coralliens sur les fonds de la plaine, etc...). Ainsi, selon l'échelle d'observation, les différentes unités sédimentaires apparaissent homogènes lorsqu'elles sont examinées les unes par rapport aux autres, mais elles se révèlent assez hétérogènes prises séparément. Ce phénomène est particulièrement net au niveau de la plaine lagunaire. Les sédiments des hauts-fonds et des seuils coralliens offrent des caractéristiques très proches des sédiments d'arrière-récif. Ils représentent une enclave du domaine récifal au sein de la plaine lagunaire.

Plus globalement, le Grand Lagon Nord se présente comme un milieu à l'hydrodynamisme peu actif, où la sédimentation fine est largement prépondérante sur la sédimentation grossière et où l'influence terrigène est réduite : 68% des sédiments sont à fraction dominante plutôt fine (<0,25 mm) pour une taille moyenne située dans les sables fins ou très fins dans 80% des cas; 75% des échantillons présentent un classement moyen à nul (74,7% sont mal ou très mal triés), 78% ont une normalité moyenne à très peu accusée (indiquant un transport réduit) et 57,8% une asymétrie négative à très négative (indiquant un excès de particules dans la phase fine); enfin, la teneur en vase est supérieure à 10% pour 67% des échantillons et seulement 4% des prélèvements titrent moins de 80% de carbonate dans leur fraction fine.

Si les actions hydrodynamiques sont indéniablement peu marquées, les indices granulométriques permettent toutefois la mise en évidence de faibles courants de fonds mettant en communication les aires centrales de la plaine avec les principales passes de la barrière récifale externe. L'évolution de ces indices et la distribution pratiquement concentrique des

faciès d'envasement (envasement croissant de la périphérie vers le centre) tendent à indiquer que le sens du transport, qui n'affecte que les fractions les plus fines, se ferait depuis les zones périphériques où prédominent les phénomènes de lévigation vers les aires centrales où les processus de décantation sont prépondérants.

La fraction fine des sédiments est en majeure partie constituée de calcilutites. De forts indices d'une production fine autochtone sont mis en évidence, plus particulièrement au niveau de la plaine lagonaire. La production de vases carbonatées pures pourrait aussi exister à hauteur de la barrière et des fonds d'arrière-récif, mais celles-ci seraient alors rapidement exportées soit vers l'extérieur du lagon, soit à destination des aires de décantation centrales; là, une fraction fine allochtone, dont l'origine est à rechercher dans les processus de lévigation affectant les sédiments des zones externes, viendrait en effet s'ajouter à la fraction fine produite *in situ*.

Les apports terrigènes dans le Grand Lagon Nord, cantonnés pour l'essentiel au compartiment côtier, sont faibles (<30%) et se limitent exclusivement à la phase fine des sédiments. La part dévolue aux apports terrigènes fins n'excéderait pas 10% à hauteur de la plaine lagonaire. Une partie de ces apports pourrait être éliminée par les principales passes ouvertes à l'ouest et au nord. Le déficit en carbonate relevé au niveau de certaines passes ou de hauts-fonds est attribué à la présence de matériel siliceux biogène fin. La sédimentation organogène carbonatée tend donc à être prépondérante; elle est pratiquement exclusive dans la fraction sableuse des sédiments où le matériel biogène siliceux n'excéderait pas 10%.

La couleur des sédiments, fortement liée à la profondeur, à l'envasement et à la teneur en carbonate des sédiments, est apparue comme un bon marqueur de l'influence continentale même lorsque celle-ci est très réduite et difficilement décelable par les dosages de carbonate. Elle fait l'objet d'une zonation longitudinale et transversale : du sud vers le nord du lagon, les sédiments à teinte dominante foncée laissent progressivement la place aux sédiments à teinte dominante claire; de la périphérie vers le centre du lagon, les sédiments prennent des teintes de plus en plus sombres. La couleur est aussi un paramètre utile, bien que difficilement quantifiable, dans la distinction des faciès sédimentaires.

L'étude de la composition biogène des sédiments a montré que les Mollusques, les Foraminifères, les *Halimeda* et les Scléractiniaires sont les constituants majeurs de la biophase. Les Mollusques et les Foraminifères sont les plus ubiquistes et leur contribution à l'élaboration des sédiments est prépondérante sur l'ensemble des compartiments lagonaire. Les Pélécy-podes sont plus fréquents que les Gastéropodes, mais ces derniers peuvent devenir dominants par le biais d'espèces de substrats durs ou à affinité récifales (zones externes) et par l'intermédiaire

d'une phase biosomatique à Turritelles et Cerithes sur fonds très envasés (aires de décantation). Les *Halimeda* sont prépondérantes à hauteur des passes (espèces de substrats durs) et du domaine côtier (espèces de substrats meubles plus ou moins envasés). Les Scléactinaires sont exclusivement représentés par des formes coloniales; étroitement inféodés aux fonds d'arrière-récif ou, plus rarement, aux hauts-fonds de la plaine, ils traduisent la faible contribution directe de l'édifice récifal à la sédimentogénèse de la plaine lagonaire.

Certains constituants mineurs tels que les Crustacés (aires de décantation), les Bryozoaires (passes), les Rhodophycées (passes et hauts-fonds), les Spongiaires (hauts-fonds) ou encore les Ptéropodes, qui s'accumulent dans les bassins de décantation, peuvent atteindre localement des pourcentages relativement élevés et indiquer des conditions de dépôt particulières. Les spicules de Spongiaires et d'Alcyonaires, les pelotes fécales, les Scaphopodes, les Brachiopodes et les otolithes n'ont qu'un rôle insignifiant dans l'élaboration de la biophase sédimentaire. Les débris indéterminés (zones agitées), les agrégats et les éléments réduits (zones calmes) permettent de suivre l'évolution du gradient hydrodynamique. Les grains roux (oxydés) et les débris réduits permettent en outre d'appréhender les variations du potentiel d'oxydo-réduction.

L'examen de la composition moyenne de la biophase par compartiment montre que l'opposition Algues-Mollusques et Mollusques-Foraminifères est intéressante pour distinguer les compartiments périphériques des compartiments plus internes (plaine et aires de décantation). Il faut cependant remonter à l'assemblage quantitatif des trois premiers constituants pour arriver à la caractérisation de chacun des compartiments. Par ailleurs, les aspects qualitatifs de la biophase (associations caractéristiques) peuvent s'avérer parfois plus intéressants que les relations quantitatives dans la différenciation des faciès sédimentaires.

L'étude des biofaciès, basée sur la classification ordonnée des trois premiers constituants de chaque échantillon indépendamment de leur appartenance aux divers compartiments lagonaires, met en évidence la complexité et la diversité de la biophase : près d'une trentaine de biofaciès ont en effet été répertoriés. Cinq biofaciès majeurs, définis à partir d'une classification binominale, ont été retenus; il s'agit des biofaciès MOLFOR et FORAMOL (plaine et aires de décantation), MOLALG (plaine et transition plaine-périphérie), ALGMOL (passes) et MOLCOR (arrière-récif et hauts-fonds).

Pour caractériser les divers environnements de dépôt, les paramètres texturaux apparaissent plus significatifs que les valeurs des indices granulométriques. L'emploi de ces derniers et leur interprétation ce sont avérés délicats, voire problématiques, ce qu'il faut attribuer à la nature biogène des sédiments étudiés et aux propriétés hydrauliques particulières

des tests, squelettes et thalles carbonatés. Il est apparu aussi qu'une caractérisation et une interprétation performante des conditions du milieu et des processus de passage des biocoenoses à la biophase demandent une identification, aussi poussée que le permet l'état de dégradation des éléments, du genre et de l'espèce des principaux organismes générateurs de sédiment. Tel est notamment le cas pour les différentes espèces de Pélécy-podes, de Gastéropodes ou d'*Halimeda*. Enfin, le rôle des phénomènes de bioturbation, difficile à appréhender et à quantifier dans l'état actuel des connaissances, ne serait pas négligeable et pourrait être déterminant sur la granulométrie des sédiments dans certains milieux.

Malgré ces restrictions et certains points appelant un éclaircissement ultérieur, ce mémoire est une contribution à la connaissance du Grand Lagon Nord néo-calédonien, principalement dans les domaines de la dynamique sédimentaire et de l'origine et de la nature des sédiments lagonaires; il précise en outre les relations existant, au niveau des processus de sédimentogénèse, entre récifs et lagons et entre biocoenoses et biophases. C'est aussi un élément supplémentaire à la compréhension plus globale des milieux récifo-lagonaires des mers chaudes, actuelles ou anciennes. Privilégiant les traits généraux de la sédimentologie du Grand Lagon Nord, il pourra servir de cadre à des travaux détaillés ultérieurs et faire l'objet d'une analyse comparative avec des environnements similaires. A la lumière de ces premiers résultats et de l'enseignement tiré des problèmes rencontrés, une telle étude devrait être étendue à l'ensemble des lagons du territoire de la Nouvelle-Calédonie. L'accent serait mis alors sur le couplage des données sédimentologiques avec celles de la bionomie benthique (programme de reconnaissance et caractérisation des principaux biotopes récifaux et lagonaires), de l'hydrodynamisme (programme de modélisation de l'hydrodynamisme côtier) et des flux d'énergie (programme flux) actuellement en cours d'acquisition par les autres équipes du laboratoire d'Océanographie du centre ORSTOM de Nouméa.

- BIBLIOGRAPHIE -

- ANONYME, 1970.- Notice pour servir à l'établissement de la carte des dépôts meubles. Carte géologique du plateau continental français. *Pub. B.R.G.M.*, 25 p.
- ADJAS A., 1988.- *Sédimentologie comparée de quelques modèles lagonaires actuels des milieux récifaux coralliens du Pacifique (Nouvelle-Calédonie, Polynésie)*. Thèse Doct., Univ. Provence, 340 p.
- ADJAS A., MASSE J.P., MONTAGGIONI L.F., 1989.- Fine grained carbonates in near closed reef environments : Mataiva and Takapoto atolls, Central Pacific Ocean. *Sedim. Geol.* (sous presse).
- ALLING H.L., 1943.- A metric grade scale for sedimentary rocks. *Journ. Geol.*, 41 : 259-269.
- ANDREASEN X., 1928.- Zur zementis des mahlgutes kolloïdchen beiheffe. *Journ. Geol.*, 27 : 349-358.
- ANGLADA F., FROGET C., RECY J., 1975.- Sédimentation ralentie et diagénèse sous-marine au S.E. de la Nouvelle-Calédonie (Dolomitisation, Ferrugination, Phosphatisation). *Sedim. Geol.*, 14 : 301-317.
- ATTERBERG A., 1905.- Die klassifikation der sande und kiese. *Chem. Ztg.*, 29 : 195-198.
- AUBOUIN J., MATTAUER M., ALLEGRE C., 1977.- La couronne ophiolitique péri-australienne : un charriage océanique représentatif des stades précoces de l'évolution alpine. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 285 (D) : 953-956.
- AVIAS J., 1953.- *Contribution à l'étude stratigraphique et paléontologique des formations antécrittacées de la Nouvelle-Calédonie centrale*. Thèse Fac. Sci. Nancy, 276 p.
- AVIAS J., 1959.- Les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie et quelques-uns de leurs problèmes. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7 (1) : 424-430.
- BALTZER F., 1968.- Quelques effets sédimentologiques du cyclone "BRENDA" dans les plaines alluviales de la Dumbéa (côte ouest de la Nouvelle-Calédonie). Etude préliminaire. *Pub. ORSTOM*, Nouméa, 28 p., 3 cartes.
- BALTZER F., 1969.- Les formations végétales associées au delta de la Dumbéa (Nouvelle-Calédonie) et leurs indications écologiques, géomorphologiques et sédimentologiques. *Cah. ORSTOM, sér. Géol.*, Nouméa, 1 (1) : 59-84.
- BALTZER F., 1982.- *Géodynamique de la sédimentation et diagénèse précoce en domaine ultrabasique - Nouvelle-Calédonie*. Trav. et Doc., ORSTOM, Paris, 152, 283 p.
- BALTZER F., TRESCASES J.J., 1971a.- Erosion, transport et sédimentation liés aux cyclones tropicaux dans les massifs d'ultrabasites de Nouvelle-Calédonie. Première approche du bilan général de l'érosion et de la sédimentation sur péridotite en zone tropicale. *Cah. ORSTOM, sér. Géol.*, 3 (2) : 221-244.
- BALTZER F., TRESCASES J.J., 1971b.- Première estimation du bilan de l'altération, de l'érosion et de la sédimentation, sur péridotites, sous le climat tropical de la Nouvelle-Calédonie. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 273 (D) : 2034-2037.
- BATTISTINI R., BOURROUILH F., CHEVALIER J.P., COUDRAY J., DENIZOT M., FAURE G., FISHER J.C., GUILCHER A., HARMELIN-VIVIEN M., JAUBERT J., LABOREL J., MONTAGGIONI L., MASSE J.P., MAUGE L.A., PEYROT-CLAUSADE M., PICHON M., PLANTE R., PLAZIAT J.C., PLESSIS Y.B., RICHARD G., SALVAT B., THOMASSIN B.A., VASSEUR P., WEYDERT P., 1975.- Eléments de terminologie récifale indopacifique. *Tethys*, 7 (1) : 1-111.
- BAUDUIN D., 1981.- Hydrologie. In : *Atlas de la Nouvelle-Calédonie et dépendances*. ORSTOM, Paris, 12 p.

- BELPERIO D.P., HOPLEY D., JOHNSON D.P., 1986.- A field guide to mixed Terrigenous-Carbonate sedimentation in the central Great Barrier Reef Province, Australia. *Australasian Sedimentologists Group Field Guide Series*, BELPERIO A.P. & HARVEY N. (Ed.), 3, 173 p.
- BERRIT G.R., CECCALDI H.J., FRUCTUS X., MARIANI G., PERCIER A., PIBOUBES R., SCHOBERT J., VANNEY J.R., VIGARIE A., WEISS D., 1976.- *Vocabulaire de l'océanologie*. Hachette, Paris, 431 p.
- BERTHOIS L., 1965.- Recherches sur le comportement hydraulique des débris organogènes. *Sedimentology*, 5 : 327-342.
- BERTHOIS L., 1975.- *Les roches sédimentaires. 1. Etude sédimentologique des roches meubles (techniques et méthodes)*. Doin, Paris : 278 p.
- BHAUD M., DUCHENE J.C., 1977.- Observations sur l'efficacité comparée de deux bennes. *Vie & Milieu*, 27 (1a) : 35-53.
- BILYARD G.R., CAREY Jr. A.G., 1979.- Distribution of Western Beaufort Sea Polychaetous Annelids. *Mar. Biol.*, 54 : 329-339.
- BIRD E.C.F., DUBOIS J.P., ILTIS J.A., 1984.- *The impacts of opencast mining rivers and coasts of New Caledonia*. The United Nations University, Tokyo, 53 p.
- BITOUN G., LAUNAY J., 1979.- Carte bathymétrique de la zone économique des 200 milles autour de la Nouvelle-Calédonie. In : LAUNAY J., DUPONT J., MONZIER M., POUTCHKOVSKY A., BITOUN G., 1979.- Esquisse géologique des rides et bassins sédimentaires de la zone océanique des 200 milles autour de la Nouvelle-Calédonie. *Pub. ORSTOM*, Nouméa, 23 p. + 5 pl. h-t.
- BITOUN G., RECY J., 1982.- Origine et évolution du bassin des Loyautés et de ses bordures après la mise en place de la série ophiolitique de Nouvelle-Calédonie. In : *Contribution à l'étude géodynamique du sud-ouest Pacifique*. Trav. et Doc., ORSTOM, Paris, 147 : 505-539.
- BONNEAU M., SOUCHIER B., 1979.- Méthodes pratiques d'analyses des sols. In : *Pédologie : constituants et propriétés des sols*, Masson, Paris, 2 : 440-454.
- BOURCART J., 1941.- Essai d'une classification des matériaux meubles. *Bull. Soc. Géol. France*, 5 : 117-153.
- BOURCART J., 1953.- Sur la nécessité d'étudier les propriétés d'ensemble des sédiments actuels pour en déterminer le faciès. *Rev. Inst. Fr. Pétrole*, 8.
- BRAITHWAITE C.J.R., 1973.- Settling behaviour related to sieve analysis of skeletal sands. *Sedimentology*, 20 : 251-262.
- BRUNEL J.P., 1980.- Régime hydrologique et transports solides en suspension de la rivière OUENGLI. Résultats de la campagne 1979. *Rapp. ORSTOM*, Nouméa, 18 p.
- BUCHANAN J.B., 1984.- Sediment analysis. In : *Methods for the study of marine benthos*. HOLME N.A. & McINTYRE A.D. (Ed.), Blackwell Scientific publications, 2nd ed., pp 41-65.
- CABIOCH G., 1988.- *Récifs frangeants de Nouvelle-Calédonie (Pacifique sud-ouest). Structure interne et influences de l'eustatisme et de la néotectonique*. Pub. Université de Provence, 291 p. + 25 pl.
- CABIOCH G., ANGLADA R., BABINOT F., 1986.- Microfaunes et Paléoenvironnements des récifs frangeants quaternaires de Mamié et Ricaudy (Nouvelle-Calédonie). *Cah. Micropal.*, 1 (1-2) : 5-36.
- CAHET G., GADEL F., 1976.- Bilan du carbone dans des sédiments lagunaires et marins méditerranéens : effets des processus biologiques saisonniers et diagénétiques. *Arch. Hydrobiol.*, 77 (1) : 109-138.

CHAMLEY H., 1966.- Guide des techniques du laboratoire de Géologie Marine de Luminy, 198 p.

→ 1 CHARDY P., CHEVILLON C., CLAVIER J., 1988.- Major benthic communities of the south-west lagoon of New Caledonia. *Coral Reefs*, 7 : 69-75.

2 CHARDY P., CHEVILLON C., CLAVIER J., à paraître.- Sedimentation of particulate matter in the south-west lagoon of New Caledonia. *East. Coast. Shelf Science*.

CHARDY P., GLEMAREC M., LAUREC A., 1976.- Application of inertia methods to benthic marine ecology. Practical implications of the basic options. *Est. Coast. Marine Science*, 4 : 1-27.

CHEVALIER J.P., 1973.- Coral reefs of New Caledonia. In : *Biology and geology of coral reefs*. JONES O.A. & ENDEAN R. (Ed.), New York, Academic Press Inc., Vol. 1, Geol., 1 : 143-166.

3 CHEVILLON C., 1985.- Contribution à l'étude sédimentaire des dépôts du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. La plaine lagonaire. D.E.A. , Univ. Aix-Marseille II, 30 p.

4 CHEVILLON C., 1986.- Les sédiments de la corne sud-est du lagon néo-calédonien : missions de Janvier à Mai 1986, recueil des données. *Rapp. Sci. Techn.*, ORSTOM, Nouméa, 40 : 1-13.

5 CHEVILLON C., en préparation [a].- Sédimentologie descriptive et cartographie des fonds meubles du lagon de la côte est de Nouvelle-Calédonie.

6 CHEVILLON C., en préparation [b].- Sédimentologie descriptive et cartographie des fonds meubles du lagon des îles Chesterfield (Nouvelle-Calédonie).

7 CHEVILLON C., en préparation [c].- Sédimentologie descriptive et cartographie des fonds meubles dans les atolls de Huon et Surprise (Nouvelle-Calédonie).

8 CHEVILLON C., en préparation [d].- Sédimentologie descriptive et cartographie des fonds meubles du lagon sud de Nouvelle-Calédonie.

9 CHEVILLON C., CLAVIER J., 1988.- Sedimentological structure of the northern lagoon of New Caledonia. *Proc. 6<sup>th</sup> Int. Coral Reefs Symp.*, Townsville, Vol. 3, pp 425-430.

10 CHEVILLON C., RICHER de FORGES B., 1988.- Sediments and bionomic mapping on soft bottoms in the south-western lagoon of New Caledonia. *Proc. 6<sup>th</sup> Coral Reefs Symp.*, Townsville, Vol. 2, pp 589-594.

CHRISTIE N.D., 1975.- Relation between sediment texture, species richness and volume of sediment sampled by a grab. *Mar. Biol.*, 3 : 89-96.

CHRISTOFFEL D.A., FALCONER R.K.H., 1972.- Marine magnetic measurement in the S.W. Pacific ocean and the identification of new tectonic features. In : *Antartic Oceanology*. Antarctic Res. Ser., DE HAYES (Ed.), A.G.U. Washington, 19 : 197-209.

CLAVIER J., 1983.- Efficacités comparées d'un carottier manoeuvré en plongée et de deux bennes, sur substrat de sables fins vaseux. *Bull. Soc. Sci. Bretagne*, 55 (1-4) : 93-97.

CLAVIER J., 1984.- Distribution verticale de la macrofaune benthique dans un sédiment fin non exondable. *Cah. Biol. Mar.*, XXV : 141-152.

CLAVIER J., LABOUTE P., 1987.- Connaissance et mise en valeur du lagon nord de la Nouvelle-Calédonie : premiers résultats concernant le bivalve pectinidé *Amusium japonicum balloti* (étude bibliographique, estimation de stock et données annexes). *Rapp. Sci. Techn.*, ORSTOM, Nouméa, 48 : 73 p.

- CLIFTON H.E., 1973.- Role of reef fauna in sediment transport and distribution. *Helgoländer wiss, Meeresunters.*, 24 : 91-101.
- COCHRAN W.G., 1954.- Some methods for strengthening the common  $\chi^2$  tests. *Biometrics*, 10 : 417-451.
- COCHRAN W.G., 1963.- *Sampling techniques*. WILEY J. & Sons, Inc. (Ed.), 413 p.
- COLLOT Y., MISSEGUE F., 1977. Gravity measurements in Loyalty archipelago, southern New Caledonia and Pines island. *Int. Symp. Geodyn. S.W. Pac.*, Nouméa, pp 125-134.
- COLLOT J.Y., MISSEGUE F., 1986.- Extension de la formation des basaltes de la côte ouest et de la zone d'enracinement des péridotites dans le Grand Lagon Nord de la Nouvelle Calédonie : données géophysiques. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, tome 303, II (16) : 1437-1442.
- COLLOT J.Y., MISSEGUE F., EISSEN J.P., RIGOLOT P., 1988a.- Bathymétrie de la région du Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie et des récifs d'Entrecasteaux. *Pub. ORSTOM*, Paris, 1 carte.
- COLLOT J.Y., MISSEGUE F., MALAHOFF A., 1982.- Anomalies gravimétriques et structure de la croûte dans la région de Nouvelle-Calédonie. In : *Contribution à l'étude géodynamique du sud-ouest Pacifique*. Trav. Doc. ORSTOM, 147 : 549-564.
- COLLOT J.Y., RIGOLOT P., MISSEGUE F., 1988b.- Geologic structure of the northern New Caledonia ridge, as inferred from magnetic and gravities anomalies. *Tectonics*, 7 (5) : 991-1013.
- CONAND F., 1987.- *Biologie et écologie des poissons pélagiques du lagon de Nouvelle-Calédonie*. Thèse Doct., Univ. Bretagne Occidentale, 233 p.
- CONNELLY M.E., KEEGAN B.F., SHIN P.K.S., 1982.- Littoral and benthic investigations on the west coast of Ireland. XV - The macrobenthic communities of North Bay (Galway Bay). *Proc. R. Irel. Acad.*, 82 B (8) : 133-152.
- COUDRAY J., 1975.- Les phénomènes de dolomitisation dans les formations récifales et périrécifales Pléistocènes de Nouvelle-Calédonie. *3<sup>ème</sup> Réunion. Ann. Sci. Terre*, Montpellier, p. 110.
- COUDRAY J., 1976.- Recherches sur le Néogène et le Quaternaire marin de la Nouvelle-Calédonie. Contribution de l'étude sédimentologique à la connaissance de l'histoire géologique post-éocène. In : *Expédition Française sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie*. Fond. Singer-Polignac (Ed.), 8 : 1-276.
- 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. *Suppl. Bull. AFEQ*, 1 (50) : 331-340.
- COUDRAY J., 1982.- Les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie : état des connaissances et perspectives de recherche. *Mém. Géol. Univ. Dijon* (livre jubilaire G. Lucas, Géologie sédimentaire), 7 : 63-72.
- COUDRAY J., DELIBRIAS G., 1972.- Variations du niveau marin au dessus de l'actuel en Nouvelle-Calédonie depuis 6000 ans. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 275 (D) : 2623-2626.
- COUDRAY J., THOMASSIN B.A., 1985.- Géomorphologie comparée des récifs barrières de Nouvelle-Calédonie et de Mayotte. *Proc. 5<sup>th</sup> Int. Coral Reef Congr.*, Tahiti, 2 : 91.
- COUDRAY J., THOMASSIN B.A., VASSEUR P., 1985.- Géomorphologie comparée des récifs barrières de Nouvelle-Calédonie et de Mayotte. *Proc. 5<sup>th</sup> Int. Coral Reef Congr.*, Tahiti, 6 : 427-432.
- CREEN Y., 1952.- Mesures gravimétriques en Nouvelle-Calédonie. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 236 (1) : 105-106.

- CREEN Y., 1953.- Anomalies gravimétriques et magnétiques liées aux roches basiques de Nouvelle-Calédonie. *Ann. Geophys.*, 9 (4) : 291-299.
- DAGNELIE P., 1973.- *Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques. La statistique descriptive et les fondements de l'inférence statistique.* Presses agronomiques de Gembloux, 1 : 378 p.
- DAGNELIE P., 1975.- *Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques. Les méthodes de l'inférence statistique.* Presses agronomiques de Gembloux, 2 : 463 p.
- DANDONNEAU Y., DEBENAY J.P., DUGAS F., FOURMANOIR P., MAGNIER Y., ROUGERIE F., 1981.- Le lagon de la Grande Terre. Présentation d'ensemble. Sédimentologie et Hydrologie du sud-ouest. In : *Atlas de la Nouvelle-Calédonie et dépendances.* ORSTOM, Paris, planche 8.
- DANIEL J., DUPONT J., 1981.- La Nouvelle-Calédonie : présentation d'ensemble. II.a.- Bathymétrie. In : *Atlas de la Nouvelle-Calédonie et dépendances.* ORSTOM, Paris, planches 1-2-3-7.
- DAVIS W.M., 1925.- Les côtes et les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie. *Ann. Géogr.*, 34 : 244-558.
- DAVIS W.M., 1928.- The coral reefs problem. *Am. Geog. Soc., Spec. Pub.*, 9 : 596 p.
- DEBENAY J.P., 1985a.- *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 Nouvelle-Calédonie.* Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille II, 200 p + annexes.
- DEBENAY J.P., 1985b.- Le lagon sud-ouest et la marge insulaire sud de Nouvelle-Calédonie : importance et répartition des foraminifères de grande taille. *Océanogr. trop.*, 20 (2) : 171-192.
- DEBENAY J.P., 1985c.- Le genre *Amphistegina* dans le lagon de Nouvelle-Calédonie. *Rev. Micropal.*, 28 (3) : 167-180.
- DEBENAY J.P., 1986.- Un modèle de lagon actuel transposable à des paléoenvironnements récifaux : le lagon sud-ouest de Nouvelle Calédonie. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, tome 303, II (1) : 63-66.
- DEBENAY J.P., 1987a.- Répartition des sédiments carbonatés et relation avec l'hydrodynamisme dans un environnement récifal complexe : le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. *Bull. Soc. géol. France*, 4 : 769-776.
- DEBENAY J.P., 1987b.- Sedimentology in the Southwestern Lagoon of New Caledonia, SW Pacific. *Journ. Coast. Res.*, 3 (1) : 77-91.
- DEBENAY J.P., 1988a.- Recent foraminifera tracers of oceanic water movements in the southwestern lagoon of New Caledonia. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 65 : 59-72.
- DEBENAY J.P., 1988b.- Dynamique sédimentaire au débouché de la baie du Prony (Nouvelle-Calédonie) : dispersion des lutites et des tests d'un foraminifère : *Operculina bartschi* (Cushman). *Rev. Paléobiol.*, Vol. Spéc. 2 : 765-770.
- DEBENAY J.P., 1988c.- Foraminifera larger than 0.5 mm in the southwestern lagoon of New Caledonia : distribution related to abiotic properties. *Journ. Foraminifer. Res.*, 18 (2) : 158-175.
- DE VAUGELAS J., 1985.- Sediment reworking by callianassid mud-shrimp in tropical lagoons : a review with perspectives. *Proc. 5<sup>th</sup> Coral Reef Congr.*, Tahiti, 6 : 617-622.
- DE VAUGELAS J., SAINT LAURENT M., 1984.- Premières données sur l'écologie de *Callichirus laurae* de Saint Laurent sp. nov. (Crustacé Décapode Callianassidae) : son action bioturbatrice sur les formations sédimentaires du golfe d'Aqaba (Mer Rouge). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 298, III (6) : 147-152.

- DOUMENGE F., 1966.- *L'homme dans le Pacifique sud*. Pub. Soc. Océanistes, 19, 636 p.
- DUBOIS J., 1969.- Contribution à l'étude structurale du sud-ouest du Pacifique d'après les ondes sismiques observées en Nouvelle-Calédonie et aux Nouvelles-Hébrides. *Ann. Géophys.*, 25 (4) : 923-972.
- DUBOIS J.P., 1981.- La Nouvelle-Calédonie : présentation d'ensemble. I.- Les archipels océaniques. In : *Atlas de la Nouvelle-Calédonie et dépendances*. ORSTOM, Paris, planches 1-2-3-7.
- DUBOIS J., LAUNAY J., RECY J., 1973.- Les mouvements verticaux en Nouvelle-Calédonie et aux îles Loyautés et l'interprétation de certains d'entre eux dans l'optique de la tectonique des plaques. *Cah. ORSTOM, Sér. Géol.*, 5 (1) : 3-24.
- DUBOIS J., LAUNAY J., RECY J., 1974.- Uplift movements in New-Caledonia - Loyalty islands area and their plate tectonics interpretation. *Tectonophysics*, 24 : 133-150.
- DUBOIS J., LAUNAY J., RECY J., MARSHALL J., 1977.- New Hebrides trench : subduction rate from associated lithospheric bulge. *Can. J. Earth Sci.*, 14 : 250-255.
- DUGAS F., 1973.- La sédimentation dans le sud du lagon de la Nouvelle-Calédonie (du Mont Dore au canal de la Havannah). *Rapp. ORSTOM*, Nouméa, 13 p.
- DUGAS F., 1974.- La sédimentation en baie de Saint-Vincent (côte ouest de la Nouvelle Calédonie). *Cah. ORSTOM, sér. Géol.*, Nouméa, 6 (1) : 1-62.
- DUGAS F., DEBENAY J.P., 1978a.- Interférence des failles flexures littorales et de l'érosion karstique sur les constructions coralliennes : le lagon de la Nouvelle-Calédonie. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 287 (D) : 1091-1094.
- DUGAS F., DEBENAY J.P., 1978b.- Carte sédimentologique et carte annexe du lagon de Nouvelle-Calédonie au 1/50000<sup>e</sup>, feuille "Mont Dore". *Notice explicative n°76*, ORSTOM, Paris, 20 p.
- DUGAS F., DEBENAY J.P., 1980.- Carte sédimentologique et carte annexe du lagon de Nouvelle-Calédonie au 1/50000<sup>e</sup>, feuille "Tontouta". *Notice explicative n°86*, ORSTOM, Paris, 44 p.
- DUGAS F., DEBENAY J.P., 1981.- Carte sédimentologique et carte annexe du lagon de Nouvelle-Calédonie au 1/50000<sup>e</sup>, feuille "Prony". *Notice explicative n°91*, ORSTOM, Paris, 35 p.
- DUGAS F., DEBENAY J.P., 1982.- Carte sédimentologique et carte annexe du lagon de Nouvelle-Calédonie au 1/50000<sup>e</sup>, feuille "Nouméa". *Notice explicative n°95*, ORSTOM, Paris, 45 p.
- DUGAS F., VILLE P., COUDRAY J., 1980.- Etude sismique du lagon sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie (sud-ouest Pacifique). Paléomorphologies successives et comportement au Quaternaire supérieur du littoral de l'île. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 290 (D) : 963-966.
- DUNHAM R.J., 1962.- Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In : *Classification of carbonate rocks*. HAM W.E. (Ed.), Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem., 1 : 108-121.
- DUPON J.F., 1981.- La Nouvelle-Calédonie : présentation d'ensemble II.b.- Oro-hydrographie. In : *Atlas de la Nouvelle-calédonie et dépendances*. ORSTOM, Paris, Planches 1-2-3-7.
- DUPONT J., LAUNAY J., RAVENNE C., DE BROIN C.E., 1975.- Données nouvelles sur la ride de Norfolk (sud-ouest Pacifique). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 281 (D) : 605-608.
- EADE J.V., 1988.- The Norfolk Ridge System and its margins. In : *The ocean basins and margins. Vol. 7B : The Pacific Ocean*. NAIRN A., STEHLI F. & UYEDA S. (Ed.), New York : Plenum Publ. Corp., 303-324.

- EHNY F., 1987.- *Sédimentologie et diagénèse précoce en milieu périrécifal : les pentes de quelques îles volcaniques coralliennes Ouest-Indopacifique : I. Mayotte, Bancs du Geysier-Zélé et du Leven (N.O. canal de Mozambique, O. Indien) et I. Chesterfield (Mer de Corail, O. Pacifique)*. Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille II, 349 p.
- EMIG C.C., 1981.- Observations sur l'écologie de *Lingula Reevei* Davidson (Brachiopoda : Inarticulata). *Journ. exp. mar. Biol. Ecol.*, 52 : 47-61.
- EMIG C.C., 1984.- Importance du sédiment dans la distribution des Lingules. *Lethaia*, 17 : 115-123.
- FIENBERG S.E., 1980.- *The analysis of cross-classified categorical data*. M.I.T Press, Cambridge, 198 p.
- FLOOD P.G., ORME G.R., 1988.- Mixed siliciclastic/carbonate sediments of the northern Great Barrier Reef province, Australia. In : *Carbonate-clastic transitions*. DOYLE L.J. & ROBERTS H.H. (Ed.), Elsevier, pp 175-205.
- FLOOD P.G., ORME G.R., SCOFFIN T.P., 1978.- An analysis of the textural variability displayed by inter-reef sediments of the Impure Carbonate Facies in the vicinity of the Howick Group. *Phil. Trans. R. Soc. Lond., Sér. A*, 291 : 73-83.
- FLOOD P.G., SCOFFIN T.P., 1978.- Reefal sediments of the northern Great Barrier Reef. *Phil. Trans. R. Soc. Lond., A*, 29 : 5-71.
- FOLK R.L., 1964.- *Petrology of sedimentary rocks*. Austin, Hemphill's, 154 p.
- FOLK R.L., 1966.- A review of grain-size parameters. *Sedimentology*, 6 : 73-93.
- FOLK R.L., WARD W.C., 1957.- Brazos river bar : a study of significance of grain size parameters. *Journ. Sedim. Petrol.*, 27 : 3-26.
- FONTES J.C., LAUNAY J., MONZIER M., RECY J., 1977.- Genetic hypothesis on the ancient and recent reef complex in New-Caledonia. *Int. Symp. Geodyn. S.W. Pac.*, Nouméa, pp 289-300.
- FRIEDMAN G.M., 1961.- Distinction between dune, beach, and river sands from their textural characteristics. *Journ. Sedim. Petrol.*, 31 (4) : 514-529.
- FRIEDMAN G.M., 1962.- On sorting, sorting coefficients, and the lognormality of the grain size distribution of sandstones. *Journ. Geol.*, 70 : 737-756.
- FRIEDMAN G.M., 1967.- Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. *Journ. Sedim. Petrol.*, 37 : 327-354.
- FRONTIER S., 1976.- Etude de la décroissance des valeurs propres dans une analyse en composantes principales : comparaison avec le modèle du bâton brisé. *Journ. exp. mar. Biol. Ecol.*, 25 : 67-75.
- FRONTIER S., 1983.- *Stratégies d'échantillonnage en écologie*. Collection d'écologie, Masson, 17 : 492 p.
- GARRIGUE C., 1985.- *Répartition et production organique et minérale des macrophytes benthiques du lagon de Nouvelle-Calédonie*. Thèse Doct., Univ. Sciences et Techniques du Languedoc, 270 p.
- GOREAU T.F., GOREAU N., GOREAU T.J., 1979.- Coraux et récifs coralliens. *Pour la Science*, pp 77-88.
- GRIFFITHS J.R., 1971.- Reconstruction of the south-west Pacific margin of Gondwanaland. *Nature*, 234 : 203-207.
- GUILCHER A., 1958.- *Coastal and submarine morphology*. METHUEN & WILEY (Ed.), Londres, New York, 274 p.

- GUILCHER A., 1963.- Quelques caractères des récifs barrières et de leur lagons. *Bull. Ass. Géogr. Fr.*, n° 314-315, pp 2-15.
- GUILCHER A., 1965.- Grand récif Sud, récifs et lagon de Tuo (Nouvelle-Calédonie). In : *Expédition française sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie*. Fond. Singer-Polignac (Ed.), 1 : 137-240.
- GUILCHER A., BERTHOIS L., DOUMENGE F., MICHEL A., SAINT-REQUIER A., ARNOLD R., 1969.- Les récifs et lagons coralliens de Mopéla et Bora-Bora (îles de la Société) et quelques autres récifs et lagons de comparaison (Tahiti, Scilly, Tuamotu occidentales) : morphologie, sédimentologie, fonctionnement hydrologique. *Mém. ORSTOM*, Paris, 38 : 1-103.
- GUILCHER A., BERTHOIS L., LE CALVEZ Y., BATTISTINI R., CROSNIER A., 1965.- Les récifs coralliens et le lagon de l'île Mayotte (Archipel des Comores, Océan Indien) : géomorphologie, sédimentologie, hydrologie, foraminifères. *Mém. ORSTOM*, Paris, 11 : 1-210.
- GUILLAUMIN A., VEILLON J.M., 1969.- Plantes des archipels Huon et Chesterfield. *Bull. Mus. Nat. Hist. nat.*, Paris, 41 (2) : 606-607.
- GUILLOIN J.H., 1973.- Geology of New Caledonia and Loyalty islands. Mesozoic Cenozoic orogenic belt. *Geol. Soc. London*, pp 445-452.
- GULINCK X., 1943.- Sur la précision des analyses granulométriques par tamisage. *Bull. Soc. Belge Géol. Paléontol. Hydrol.*, 2 (2) : 206-213.
- GUY B., 1977.- Nouvelles observations sur la formation du Goa N'Doro (Nouvelle-Calédonie). *Int. Symp. Geodyn. S.W. Pac.*, Nouméa, pp 283-288.
- HAEBERLE F.R., 1952.- The d'Entrecasteaux reef group. *Am. Journ. Sci.*, 250 : 28-34.
- HAILS J.R., SEWARD-THOMPSON B., CUMMINGS L., 1973.- An appraisal of the significance of sieve intervals in grain size analysis for environmental interpretation. *Journ. Sedim. Petrol.*, 43 : 889-893.
- HAM W.E., PRAY L.C., 1962.- Modern concepts and classification of carbonate rocks. In : *Classification of carbonate rocks*. W.E. HAM (Ed.), Am. Assoc. Petrol. Geologists, Mém., 1 : 2-19.
- HAYES D.E., RINGIS J., 1973.- Seafloor spreading in the Tasman sea. *Nature*, 243 : 454-458.
- HELLER R., 1974.- *Manuel de statistique biologique*. Gauthiers-Villars, Paris, Bruxelles, Montréal, 290 p.
- HUBBARD J.A.E.B., 1983.- The plain man's guide to enigmatic coral reefs. *Mercian Geologist*, 9 (1) : 1-30.
- ILTIS J., 1981.- Géomorphologie. In : *Atlas de la Nouvelle-Calédonie et dépendances*. ORSTOM, Paris, planche 13.
- INMAN D.L., 1949.- Sorting of sediments in the light of fluid mechanics. *Journ. Sedim. Petrol.*, 19 : 51-70.
- INMAN D.L., 1952.- Measures for describing the size distribution of sediments. *Journ. Sedim. Petrol.*, 2 (3) : 125-145.
- JAMES N.P., GINSBURG R.N., 1979.- The seaward margin of Belize barrier and atolls reefs : morphology, sedimentology, organism distribution and late quaternary history. *Spec. publ. Int. Assoc. Sedimentologists*. Blackwell Scientific Publications, 3 : 1-191.
- JARRIGE F., RADOK R., KRAUSE G., RUAL P., 1975.- Currents in the lagoon of Nouméa. *Pub. ORSTOM (Nouméa), HLIO (Adelaïde) & Flinders Univ. of South Australia*. 5 p. + 27 figures.

- JONES M.R., 1987.- Surficial sediments of the western Gulf of Carpentaria, Australia. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 38 : 151-167.
- KRUMBEIN W.C., 1934.- Size frequency distributions of sediments. *Journ. Sedim. Petrol.*, 4 (2) : 65-77.
- KRUMBEIN W.C., 1936.- Application of logarithmic moments to size frequency distribution of sediments. *Journ. Sedim. Petrol.*, 6 : 35-47.
- KRUMBEIN W.C., 1938.- Size frequency distributions and the normal phi curve. *Journ. Sedim. Petrol.*, 8 (3) : 84-90.
- KRUMBEIN W.C., PETTJOHN F.J., 1938.- *Manual of sedimentary petrology*. Appleton Century Crofts, New York, 549 p.
- KUENEN P.H., 1951.- An argument in favor of glacial control of coral reefs. *Journ. Geol.*, 59 : 503-507.
- LA BILLARDIERE J.J.H. de, 1800.- *Relation du voyage à la recherche de La Pérouse, fait par ordre de l'Assemblée Constituante, pendant les années 1791-1792 et pendant la 1<sup>ère</sup> et la 2<sup>ème</sup> année de la République française*. JANSEN H.J. (Ed.), Paris, 2 vol.
- LAPOUILLE A., 1982.- Etude des bassins marginaux fossiles du sud-ouest du Pacifique : bassin Nord-d'Entrecasteaux, bassin Nord-Loyautés, bassin Sud-Fidjien. In : *Contribution à l'étude géodynamique du sud-ouest Pacifique*. Trav. et Doc., ORSTOM, Paris, 147 : 409-438.
- LARSONNEUR C., 1977.- La cartographie des dépôts meubles du plateau continental français : méthode mise au point et utilisée en Manche. *Journ. Rech. Océanogr.*, 2 (2) : 33-39.
- LATHAM M., 1977.- On geomorphology of northern and western new caledonian ultramafic massifs. *Int. Symp. Geodyn. S.W. Pac., Nouméa*, pp 235-244.
- LAUNAY J., 1972.- La sédimentation en baie de Dumbéa (côte ouest, Nouvelle Calédonie). *Cah. ORSTOM, sér. Géol.*, Nouméa, 4 (1) : 25-51.
- LAUNAY J., RECY J., 1972.- Variations relatives du niveau de la mer et néotectonique en Nouvelle-Calédonie au Pléistocène supérieur et à l'Holocène. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, XIV (1) : 47-65.
- LAUREC A., CHARDY P., DE LA SALLE P., RICKAERT M., 1979.- Use of dual structures in inertia analysis. Ecological implications. In : *Multivariate methods in ecological work*. ORLOCI L., RAO R.A. & STITELER W.M. (Ed.), International Co-operative Publishing House, Fairland, Maryland, pp 127-174.
- LEGENDRE L., LEGENDRE P., 1984a.- *Ecologie numérique. 1. Le traitement multiple des données écologiques*. Collection d'écologie, Masson & Presses de l'Univ. Québec, 12 : 260 p.
- LEGENDRE L., LEGENDRE P., 1984b.- *Ecologie numérique. 2. La structure des données écologiques*. Collection d'écologie, Masson & Presses de l'Univ. Québec, 13 : 335 p.
- LEWIS M.S., 1968.- The morphology of the fringing coral reefs along the east cost of Mahé, Seychelles. *Journ. Geol.*, 76 : 140-153.
- LIE U., PAMATMAT M.M., 1965.- Digging characteristics and sampling efficiency of the 0.1 m<sup>2</sup> Van Veen grab. *Limnol. Oceanogr.*, 10 : 379-384.
- MACINTYRE I.G., GRAUS R.R., REINTHAL P.N., LITTLER M.M., LITTLER D.S., 1987.- The Barrier Reef sediment apron : Tobacco Reef, Belize. *Coral Reefs*, 6 : 1-12.
- MAIKLEM W.R., 1967.- Black and brown speckled foraminiferal sand from the southern part of the Great Barrier Reef. *Journ. Sedim. Petrol.*, 37 (4) : 1023-1030.

- MAIKLEM W.R., 1968.- Some hydraulic properties of bioclastic carbonate grains. *Sedimentology*, 10 : 101-109.
- MARTINS L.R., 1965. Significance of Skewness and Kurtosis in environmental interpretation. *Journ. Sedim. Petrol.*, 35 : 768-770.
- MASON C.C., FOLK R.L., 1958.- Differentiation of beach, dune and eolian flat environments by size analysis, Mustang Island, Texas. *Journ. Sedim. Petrol.*, 28 (2) : 211-226.
- MASSE J.P., 1968.- Contribution à l'étude actuelle des sédiments actuels du plateau continental de la région de Dakar (République du Sénégal). *Rapp. Lab. Géol. Fac. Sciences n°23*, Dakar, 81 p.
- MASSE J.P., 1983.- Biophases carbonatées des milieux néritiques récents; relations avec les peuplements, distribution et aspects historiques. *Bull. Soc. géol. France*, (7), t. XXV, n°4, 533-542.
- MASSE J.P., ACQUAVIVA M., THOMASSIN B., 1989.- Bioclastic sedimentary environments in the coral reefs and lagoon of Mayotte Island (Comoro Archipelago, Mozambique Channel, S.W. Indian Ocean). *Journ. Coast. Res.*, 5(3), 419-432.
- MASSE J.P., ACQUAVIVA M., THOMASSIN B.A., VERNIER E., à paraître.- Bioclastic sedimentary environments in the coral reef lagoon of Nouméa (S.W. New Caledonia).
- MAXWELL W.G.H., 1968.- *Atlas of the Great Barrier Reef*. Elsv. Publ. Comp., Amsterdam, London, New York : 258 p.
- MAXWELL W.G.H., JELL J.S., McKELLAR R.G., 1964.- Differentiation of carbonate sediments in the Heron Island Reef. *Journ. Sedim. Petrol.*, 34 (2) : 294-308.
- McLEAN R.F., STODDART D.R., 1978.- Reef island sediments of the northern Great Barrier Reef. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, A, 291 : 101-117.
- McLOUGHLIN R.J., YOUNG P.C., 1985.- Sedimentary provinces of the fishing grounds of the north west shelf of Australia : grain-size frequency analysis of surficial sediments. *Aust. J. Mar. Freshw. Res*, 36 : 671-681.
- MOIOLA R.J., WEISER D., 1968.- Textural parameters : an evaluation. *Journ. Sedim. Petrol.*, 38 : 45-53.
- MONTAGGIONI L., 1971.- Premières observations sur la répartition granulométrique et minéralogique des sables volcaniques littoraux de l'île de la Réunion (Océan Indien). *Tethys*, suppl. 1 : 299-324.
- MONTAGGIONI L., MAHE J., 1980.- Caractérisation faciologique des sédiments récifaux de l'île Maurice par l'analyse factorielle des correspondances. *Oceanol. Acta*, 3 (4) : 409-420.
- MONTROUZIER X., 1876.- Notes d'histoire naturelle des îles Huon et Surprise. *Bull. Soc. Géogr.*, Paris, 12 (6) : 645-648.
- MONTROUZIER X., 1877.- Histoire naturelle des îles Huon et Surprise, notes de zoologie et de botanique. *Rev. Mar. Col.*, Paris, 52 : 616-618.
- MORLIERE A., CREMOUX J.L., 1981.- Observations de courants dans le lagon, de Février à Août 1981. *Rapp. Sci. Techn.*, ORSTOM, Nouméa, 19, 54 p.
- NAIR R.R., HASHIMI N.H., 1986.- Influence of estuaries on shelf sediment texture. *Journ. Coast. Res.*, 2 (2) : 199-203.
- ODIN G.S., 1985.- La "verdine", faciès granulaire vert, marin et côtier, distinct de la glaucaunie : distribution actuelle et composition. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 301, Sér. II, 2 : 105- 108.

- ODIN G.S., DEBENAY J.P., FROGET C., RIGOLOTT P., 1987.- Le faciès verdine : néoformation d'une phyllite en milieu subtrécifal. *Géodyn.*, 2 (1) : 27-41.
- ORME G.R., 1977.- Aspect of sedimentation in the coral reef environment. *In : Biology and Geology of coral reefs*, JONES O.A. & ENDEAN R. (Ed.); Academic Press, 4 : 129-182.
- ORME G.R., FLOOD P.G., SARGENT G.E.G., 1978.- Sedimentation trends in the lee of outer (ribon) reefs, Northern Region of the Great Barrier Reef Province. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, A, 291 : 85-99.
- PARIS J.P., 1981.- *Géologie de la Nouvelle-Calédonie : un essai de synthèse*. Mém. B.R.G.M. n°113, B.R.G.M. Nouvelle-Calédonie, 278 p.
- PARIS J.P., LILLE R., 1977a.- New caledonia : Evolution from Permian to Miocene. Mapping data and hypotheses about geotectonics. *Int. Symp. Geodyn. S.W. Pac.*, Nouméa, pp 195-208.
- PARIS J.P., LILLE R., 1977b.- La Nouvelle-Calédonie du Permien au Miocène : données cartographiques, hypothèses géotectoniques. *Bull. B.R.G.M.*, Vol. 2, IV (1) : 79-95.
- PISIER G., 1979.- Les "petites dépendances" de la Nouvelle-Calédonie. *Bull. Soc. Etud. Hist. Nouvelle Calédonie*, Nouméa, 41 : 9-32.
- PITTMAN W.C., HERRON E.M., HEIRTZLER J.R., 1968.- Magnetic anomalies in the Pacific and seafloor spreading. *Journ. Geophys. Res.*, 73 (b) : 2069-2085.
- POIZAT C., 1970.- Hydrodynamisme et sédimentation dans le golfe de Gabes (Tunisie). *Tethys*, 2 (1) : 267-296.
- POLLACK J.M., 1961.- Significance of compositional and textural properties of South Canadian River channel sands. *Journ. Sedim. Petrol.*, 31 : 15-37.
- POUTCHKOWSKY A., RECY J., 1982.- Apports de la géologie terrestre et données nouvelles de microtectonique. *In : Contribution à l'étude géodynamique du sud-ouest Pacifique*. Trav. et Doc., ORSTOM, Paris, 147 : 485-503.
- RANCUREL P., 1974.- Compte-rendu d'une visite à l'île Surprise. *Pub. ORSTOM*, Nouméa, 5 p.
- RECY J., 1982.- Présentation et étude de la mise en place des péridotites de Nouvelle-Calédonie dans leur contexte régional. *In : Contribution à l'étude géodynamique du sud-ouest Pacifique*. Trav. et Doc., ORSTOM, Paris, 147 : 481-483.
- RECY J., DUBOIS J., DANIEL J., DUPONT J., LAUNAY J., 1977.- Fossil subduction zones. Examples in the south-west Pacific. *Int. Symp. Geodyn. S.W. Pac.*, Nouméa, pp 345-355.
- RECY J., DUPONT J., 1981.- Le sud-ouest du Pacifique : données structurales. *In : Atlas de la Nouvelle-Calédonie et dépendances*. ORSTOM, Paris, planche 5.
- RICHER de FORGES B., 1986.- La campagne Musorstom IV en Nouvelle-Calédonie (mission du N.O. Vauban, septembre-octobre 1985). *Rapp. Sci. Techn.*, ORSTOM, Nouméa, 38 : 31 p.
- RICHER de FORGES B., BARGIBANT G., 1985.- Le lagon nord de la Nouvelle-Calédonie et les atolls de Huon et Surprise. *Rapp. Sci. Techn.*, ORSTOM, Nouméa, 37 : 23 p.
- RICHER de FORGES B., BARGIBANT G., MENO J.L., GARRIGUE C., 1987.- Le lagon sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie. Observations préalables à la cartographie bionomique des fonds meubles. *Rapp. Sci. Techn.*, ORSTOM, Nouméa, 45 : 72 p.

- RICHER de FORGES B., CHEVILLON C., LABOUTE B., BARGIBANT G., MENOUE J. L., TIRARD P., 1988.- La campagne CORAIL 2 sur le plateau des îles Chesterfield (N.O. "Coriolis" et N.O. "Alis", 18 juillet au 6 août 1988). *Rapp. sci. techn., Sci. Mer, Biol. mar.*, ORSTOM, Nouméa, 50 : 1-68.
- RIGOLOTT P., 1989.- *Origine et évolution géodynamique du "système" ride de Nouvelle-Calédonie / Norfolk (S.O. Pacifique) : synthèse des données de géologie et de géophysique marine, étude des marges et bassins associés.* Thèse Doct., Géol. Géophys., Univ. Bretagne Occidentale, 310 p + cartes annexes.
- RINGIS J., 1972.- *The structure and the history of the Tasman Sea on the South-East Australian Margin.* Ph. D. School of Applied Geology University, New south Wales, 338 p.
- RISBEC J., 1931.- Quelques remarques sur l'allure des récifs frangeants en Nouvelle-Calédonie. *Pub. Inst. Océanog. Indochine*, 335-343.
- RIVIERE A., 1952a.- Sur la représentation graphique de la granulométrie des sédiments meubles. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 6 (2) : 1.
- RIVIERE A., 1952b.- Expression analytique générale de la granulométrie des sédiments meubles. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 6 (2) : 155-167.
- RIVIERE A., 1954.- Généralisation de la méthode des faciès granulométriques. Evaluation de la dispersion aléatoire. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 238 : 2326-2328.
- RIVIERE A., 1960.- Généralisation de la méthode des faciès granulométriques par extension de la notion d'indice d'évolution. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 250 : 2917-2916.
- RIVIERE A., PIMENTA J., RAZAVET C., FRIDMAN R., VERNHET S., 1951b.- Sur l'interprétation géologique de la granulométrie des sédiments argileux et argilo-vaseux. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 234 : 2298-2300.
- RIVIERE M.A., RIVIERE A., 1962.- Possibilité d'une expression gaussienne très approchée de la granulométrie de nombreux sédiments. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 254 : 3396-3398.
- RIVIERE A., SALLE C., VERNHET S., 1951a.- Sur certaines anomalies apparentes des roches argileuses et leur interprétation géologique. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 232 : 1858-1860.
- ROUGERIE F., 1981.- Les courants dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. In : DUGAS F. & DEBENAY J.P. : *Carte sédimentologique et carte annexe du lagon de Nouvelle-Calédonie au 1150000<sup>e</sup>, feuille "Prony". Notice explicative n°91*, ORSTOM, Paris, pp 19-24.
- ROUGERIE F., 1986.- *Le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie : spécificité hydrologique, dynamique et productivité.* Etudes & Thèses, ORSTOM, Paris, 233 p.
- ROUTHIER P., 1953.- Etude géologique du versant occidental de la Nouvelle-Calédonie entre le col de Boghen et la pointe d'Arama. *Mém. Soc. Géol. Fr.*, 32 (67) : 1-127.
- SALEN-PICARD C., MASSE J.P., BOURCIER M., à paraître.- Importance écologique des seuils d'envasement dans les peuplements benthiques circalittoraux de Méditerranée occidentale : implications paléocéologiques.
- SALVAT B., 1964.- Prospections faunistiques en Nouvelle-Calédonie dans le cadre de la mission d'études des récifs coralliens. *Cah. Pac.*, 6 : 77-119.
- SALVAT B., 1965.- Etude préliminaire de quelques fonds meubles du lagon calédonien (Additif). *Cah. Pac.*, 7 : 101-106.
- SCOFFIN T.P., TUDHOPE A.W., 1985.- Sedimentary environments of the Central Region of the Great Barrier Reef of Australia. *Coral Reefs*, 4 : 81-93.

- SHEPARD F.P., YOUNG R., 1961.- Distinguishing between beach and dune sands. *Journ. Sedim. Petrol.*, 31 : 196-214.
- SHIN E.A., 1968.- Burrowing in recent lime sediments of Florida and the Bahamas. *Journ. Paleontol.*, 42 (4) : 879-894.
- SHOR G.G., KIRK H.K., MENARD H.W., 1971.- Crustal structure from gravity and seismic measurements. *Journ. Geol. Res.*, 69 : 1521-1544.
- SIEGEL S., 1956.- *Non parametric statistics for the behavioral sciences*. Int. Stud. Edit., 312 p.
- SMITH W., McINTYRE A.D., 1954.- A spring-loaded bottom-sampler. *Journ. Mar. Biol. Ass.*, U.K., 33 : 257-264.
- STEVENS G., 1980.- *New Zealand adrift. The theory of continental drift in a New Zealand setting*. A.H. & A.W. REED Ltd. (Ed.), 442 p.
- STODDART D.R., 1978.- Mechanical analysis of reef sediments. In : *Coral reefs : research methods*. JOHANNES R.E. & STODDART D.R. (Ed.). Unesco, Paris, pp 53-65.
- TAISNE B., 1965.- Organisation et hydrographie. In : *Expédition Française sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie*. Fond. Singer-Polignac (Ed.), 8 : 51-82.
- TAYAMA R., 1952.- Coral reefs of the South Seas. *Bull. Hydrogr. Office*, Tokyo, XI (941), 292 p.
- TESTAU J.L., CONAND F., 1983.- Estimation des surfaces des différentes zones du lagon de Nouvelle-Calédonie. *Rapp. ORSTOM*, Nouméa, 5 p.
- THAMDRUP M.M., 1938.- Der Van Veen-Bodengreifer. Vergleichsversuche über die Leistungsfähigkeit des Van Veen- und des Petersen-Bodengreifers. *Journ. Const. perm. int. Explor. Mer.*, 13 : 206-213.
- THOMASSIN B.A., 1978.- *Les peuplements des sédiments coralliens de la région de Tuléar (SW de Madagascar). Leur insertion dans le contexte côtier indopacifique*. Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille II, 494 p + annexes.
- THOMASSIN B.A., 1979.- Rapport sur le programme "Recherches sur les écosystèmes récifaux et lagunaires de Nouvelle-Calédonie". CNRS/ATP n°3393 et 4067. CNRS/LA n°41. Marseille, 43 p.
- THOMASSIN B.A., 1981.- Etude de l'impact du projet "NORCAL" sur l'environnement marin de Nouvelle-Calédonie. Phase II-a : étude préliminaire. III-Océanographie : benthos. Contrat COFREMI : BRGM 1604, 108 p.
- THOMASSIN B.A., 1983.- Le Beach-rock : faunes et flores littorales susceptibles d'être fossilisées dans les Beach-rocks indopacifiques. *Trav. de la maison de l'Orient*, 8 : 139-150.
- THOMASSIN B.A., 1984.- Les récifs coralliens dans l'Indopacifique ouest : grands types de constructions et successions des phases d'édification. *Océanis*, 10 (1) : 1-49.
- THOMASSIN B.A., ARNOUX A., COUDRAY J., FROGET C., GOUT B., KOUYOU MONTZAKIS G., MASSE J.P., REYRE Y., REYS J.P., VACELET E., 1989.- La sédimentation actuelle dans le lagon de l'île de Mayotte (île volcanique à récif-barrière, S.W. Océan Indien) et son évolution récente en liaison avec les apports terrigènes. *Bull. Soc. géol. France* (sous presse).
- THOMASSIN B.A., COUDRAY J., 1981.- Presence of wide hardgrounds areas in lagoonal bottoms of the coral reef complex of Noumea (SW New Caledonia). *Proc. 4<sup>th</sup> Coral Reefs Symp.*, Manila, 1 : 511-522.

- THOMASSIN B.A., DAUMAS R., LABORDE P., VACELET E., 1986.- Résultats de la mission 1981-1 "Importance et rôle du matériel organique et bactérien dans le complexe récifal du S.W. de la Nlle-Calédonie" (28 sept. au 11 nov. 1981). Non publié.
- THOMASSIN B.A., MASSE J.P., 1985.- Les récifs coralliens actuels et leur contrôle sur l'environnement : aspects morphologiques, biologiques et sédimentologiques. *Tethys*, 11 (3-4) : 288-301.
- THOMASSIN B.A., VASSEUR P., 1981.- The coral reef complexes of the S. W. coast of New Caledonia : building and geomorphology. *Proc. 4<sup>th</sup> Int. Coral Reef Symp.*, Manila, 18-22 May 1981, 1 : 596.
- TRASK P.D., 1930.- Mechanical analysis of sediments by centrifuge. *Econ. Geol.*, 25 : 581 - 599.
- TRASK P.D., 1932.- *Origin and environment of source sediment of petroleum*. Houston, 323 p.
- TRESCASES J.J., 1969.- Premières observations sur l'altération des péridotites en Nouvelle-Calédonie. *Cah. ORSTOM, sér. Géol.*, Nouméa, 1 (1) : 27-57.
- TRESCASES J.J., 1975.- L'évolution géochimique supergène des roches ultrabasiques en zone tropicale et la formation des gisements nickelifères de Nouvelle-Calédonie. *Mém. ORSTOM, Sér. Géol.*, 78, 260 p.
- TUDHOPE A.W., SCOFFIN T.P., STODDART D.R., WOODROFFE C.D., 1985.- Sediments of Suvarrow atoll. *Proc. 5<sup>th</sup> Int. Coral Reef Congr.*, Tahiti, 6 : 611-616.
- VAN DOLAH R.F., KNOTT D.M., WENNER E.L., MATHEWS T.D., KATUNA M.P., 1984.- Benthic and sedimentological studies of the Georgetown ocean dredged material disposal site. *South Carolina Mar. Resour. Center Techn. Rep. n°59*, 97 p.
- VAN VEEN J., 1933.- Onderzoek naar het zandtransport van rivierem. *De Ingenieur*, 48 : 159 p.
- VILLIERS L., CHRISTIEN D., SEVERE A., 1987.- Investigations sur l'écologie des sables lagunaires biogènes de l'atoll de Mururoa (Tuamotu, Polynésie Française). *Notes et Documents*, ORSTOM, Tahiti, 36 : 1-98.
- VISHER G.S., 1969.- Grain size distributions and depositional processes. *Journ. Sedim. Petrol.*, 39 (3) : 1074-1106.
- WARREN G., 1974.- Simplified form of the Folk-Ward skewness parameter. *Journ. Sedim. Petrol.*, 44 : 259 p.
- WENTWORTH C.K., 1922.- A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journ. Geol.*, 30 : 377-392.
- WENTWORTH C.K., 1933.- Fundamental limits to the sizes of clastic grains. *Science*, 77 : 633-634.
- WEYDERT P., 1971.- Sédimentologie et hydrodynamique d'une coupe de la partie médiane du grand récif de Tuléar (SW Madagascar). *Tethys*, suppl. 1 : 237-280.
- WEYDERT P., 1973.- *Morphologie et sédimentologie des formations récifales de la région de Tuléar (SW de Madagascar)*. Thèse Sciences, Univ. Aix-Marseille II, 640 p.
- WEYDERT P., 1976.- Manuel de sédimentologie et d'arénologie. *Pub. Lab. Sédim. Mar. Luminy*, Marseille, 61 p.
- WIENS H.J., 1962.- *Atoll environment and ecology*. Yale University Press, New Haven & London, 532 p.
- WIGLEY R.L., 1967.- Comparative efficiencies of Van Veen and Smith-McIntyre grab samplers as revealed by motion pictures. *Ecology*, 48 (1) : 168-169.

**- TABLE DES MATIERES -**

	Pages
<b>AVANT-PROPOS ET REMERCIEMENTS</b> .....	3
<b>SOMMAIRE</b> .....	6
<b>RESUME - ABSTRACT</b> .....	7
<b>INTRODUCTION</b> .....	8
<b>CHAPITRE 1 : CADRE GENERAL ET PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE</b> .....	11
Table des matières du Chapitre 1 .....	12
<b>1.- PRESENTATION GENERALE DE LA NOUVELLE-CALEDONIE</b> .....	13
1.1.- La Nouvelle-Calédonie dans le Pacifique .....	13
1.2.- Le Territoire de la Nouvelle-Calédonie .....	13
1.3.- L'île principale ou "Grande Terre" .....	14
1.3.1.- Aperçu structural et géotectonique .....	14
1.3.2.- Orographie .....	18
1.3.3.- Hydrographie et précipitations .....	18
<b>2.- VUE D'ENSEMBLE SUR LE COMPLEXE RECIFAL ET LES LAGONS DE LA NOUVELLE-CALEDONIE ..</b>	22
2.1.- Géomorphologie .....	22
2.2.- Hydrologie et hydrodynamisme .....	25
2.2.1.- La marée .....	25
2.2.2.- Les vents et les houles .....	26
2.2.3.- Les courants .....	27
2.3.- Les apports terrigènes .....	28
<b>3.- PRESENTATION DE LA ZONE ETUDIEE : LE GRAND LAGON NORD</b> .....	30
3.1.- Bref aperçu historique .....	30
3.2.- Situation géographique et morphologie .....	32
3.3.- Bathymétrie .....	33
3.4.- Cadre géologique .....	34
3.5.- Conclusion .....	37
<b>CHAPITRE 2 : METHODES D'ETUDE ET TRAITEMENT DES DONNEES</b> .....	39
Table des matières du Chapitre 2 .....	40
<b>1.- PLAN D'ECHANTILLONNAGE</b> .....	41
<b>2.- ENGIN ET METHODE DE PRELEVEMENT</b> .....	43
<b>3.- COULEUR DES SEDIMENTS</b> .....	45
3.1.- Détermination de la couleur .....	45
3.2.- Coefficient de contingence .....	45

	Pages
<b>4.- GRANULOMETRIE</b> .....	47
4.1.- Tamisage .....	47
4.2.- Représentations graphiques utilisées .....	48
4.2.1.- Histogrammes de fractions .....	48
4.2.2.- Courbes cumulatives semi-logarithmiques .....	48
4.3.- Calcul des indices granulométriques .....	49
4.3.1.- Détermination des paramètres de position .....	49
4.3.2.- Indices centraux .....	49
4.3.3.- Indices de dispersion .....	50
4.3.4.- Indices de forme .....	52
4.4.- Remarques sur l'utilisation et l'interprétation des indices granulométriques .....	54
4.4.1.- Contraintes méthodologiques .....	54
4.4.2.- Problèmes liés à la nature des sédiments .....	55
<b>5.- ANALYSE DE LA TENEUR EN CARBONATE</b> .....	57
<b>6.- ETUDE DES CONSTITUANTS BIOCLASTIQUES</b> .....	58
6.1.- Localisation des échantillons analysés par comptages .....	58
6.2.- Technique de comptage .....	58
6.3.- Avantages et inconvénients de la méthode .....	59
<b>7.- ORDINATION EN ESPACE REDUIT</b> .....	61
7.1.- Généralités .....	61
7.2.- Démarche adoptée .....	61
7.3.- Remarques .....	62
<b>CHAPITRE 3 : TEXTURE, GRANULOMETRIE, FRACTION TERRIGENE ET COULEUR DES SEDIMENTS</b> . . . .	64
Table des matières du Chapitre 3 .....	65
<b>1.- CARACTERISTIQUES TEXTURALES D'ENSEMBLE DES SEDIMENTS</b> .....	66
1.1.- Variations texturales mises en évidence par les histogrammes de fractions .....	66
1.1.1.- Distribution des sédiments selon la fraction dominante .....	66
1.1.2.- Identification des populations granulométriques .....	69
1.2.- Classification des sédiments d'après les types sédimentaires .....	73
1.3.- Etude globale des variations texturales par l'ACP .....	76
<b>2.- INDICES GRANULOMETRIQUES ET DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE</b> .....	82
2.1.- Granulométrie des sédiments .....	82
2.1.1.- Répartition des sédiments d'après les valeurs de la taille moyenne ( $M_z$ ) .....	82
2.1.2.- Répartition des sédiments d'après les valeurs de la médiane ( $Md_\phi$ ) .....	87
2.2.- Appréciation des zones d'énergie par les valeurs de l'asymétrie ( $S_{ki}$ ) .....	90
2.3.- Appréciation de l'hétérogénéité des sédiments par les indices de dispersion .....	93
2.3.1.- Etalement dimensionnel des sédiments ( $G_t$ ) .....	93
2.3.2.- Répartition des sédiments selon les valeurs du classement ( $D_\phi$ ) .....	94
2.3.3.- Répartition des sédiments selon les valeurs du triage ( $\sigma_i$ ) .....	98
2.4.- Appréciation des effets hydrodynamiques sur le fond par les valeurs de la normalité ( $K_g$ ) .....	101
2.5.- Confrontation des indices granulométriques .....	104
<b>3.- ENVASEMENT ET SEDIMENTATION TERRIGENE</b> .....	111
3.1.- Répartition des sédiments selon leur teneur en vase .....	111
3.2.- Teneur en carbonate de la fraction fine et relation avec les apports terrigènes .....	119

	Pages
<b>4.- COULEUR DES SEDIMENTS ET RELATION AVEC LES APPORTS TERRIGENES</b> .....	126
4.1.- Distribution de la couleur des sédiments .....	126
4.2.- Relation de la couleur avec les autres paramètres .....	130
4.3.- Origine de la couleur des sédiments .....	132
<b>5.- SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS A L'ETUDE GRANULOMETRIQUE ET TEXTURALE</b> .....	135
<b>CHAPITRE 4 : BIOPHASES CARBONATEES</b> .....	140
Table des matières du Chapitre 4 .....	141
<b>1.- COMPOSITION BIOGENE DES SEDIMENTS</b> .....	142
1.1.- Généralités .....	142
1.2.- Constituants identifiés .....	142
1.3.- Importance relative des différents constituants .....	144
. Constituants majeurs .....	145
. Constituants mineurs .....	147
<b>2.- VARIATIONS DANS LA COMPOSITION BIOCLASTIQUE SUIVANT DEUX TRANSECTS</b> .....	149
2.1.- Transect longitudinal sud-nord .....	149
2.1.1.- Description du transect .....	149
2.1.2.- Variations des constituants .....	149
2.1.3.- Variations des autres paramètres sédimentologiques .....	150
2.2.- Transect transversal ouest-est .....	153
2.2.1.- Description du transect .....	153
2.2.2.- Variations des constituants .....	153
2.2.3.- Variations des autres paramètres sédimentologiques .....	155
<b>3.- FACIES BIOGENES</b> .....	157
3.1.- Biofaciès MOLLusques-FORaminifères (MOLFOR) .....	157
3.2.- Biofaciès ALGues-MOLLusques (ALGMOL) .....	158
3.3.- Biofaciès MOLLusques-ALGues (MOLALG) .....	160
3.4.- Biofaciès FORaminifères-MOLLusques (FORAMOL) .....	160
3.5.- Biofaciès MOLLusques-CORaux (MOLCOR) .....	160
<b>4.- BIOPHASES CARACTERISTIQUES DES MILIEUX SEDIMENTAIRES</b> .....	164
4.1.- Les sédiments de passes .....	164
4.2.- Les sédiments du domaine côtier .....	165
4.3.- Les sédiments de la plaine lagonaire (plaine <i>s.l.</i> ) .....	166
. Lagon périphérique .....	166
. Aires de décantation .....	167
. Plaine lagonaire (plaine <i>s.s.</i> ) .....	168
4.4.- Synthèse comparative de la biophase des différentes unités .....	170
<b>5.- APPROCHE ANALYTIQUE MULTIVARIEE DE LA COMPOSITION BIOCLASTIQUE DES SEDIMENTS</b> .....	172
5.1.- Exploitation des constituants biogènes .....	172
5.1.1.- Caractéristiques majeures de la biophase .....	172
5.1.2.- Mise en évidence des associations d'éléments biogènes .....	177
5.2.- Exploitation combinée des bioclastes et des autres paramètres .....	182
5.2.1.- Analyse de la projection des variables .....	183
5.2.2.- Analyse de la projection des observations .....	186
5.3.- Caractérisation des faciès sédimentaires et conclusions .....	189

	Pages
<b>6.- SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS A L'ETUDE DES BIOPHASES</b> .....	194
<b>CONCLUSION</b> .....	200
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	207
<b>TABLE DES MATIERES</b> .....	221
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	225
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	229
<b>ANNEXES</b>	
- Annexe 1 : liste et coordonnées des stations de prélèvement .....	230
- Annexe 2 : histogrammes de fréquences et courbes cumulatives semi-logarithmiques .....	234
- Annexe 3 : valeurs des indices granulométriques .....	244
- Annexe 4 : matrice de corrélation de l'ensemble des paramètres étudiés sur les 66 échantillons analysés par comptages .....	249
- Annexe 5 : composition biogène des échantillons analysés par comptages pour quelques principaux constituants .....	251
- Annexe 6 : modèle de fiche de comptage .....	254

- LISTE DES FIGURES -

	Pages
1.- Le territoire de la Nouvelle-Calédonie .....	14
2.- Carte morphologique du Pacifique sud-ouest avec tracé de la zone économique néo-calédonienne .....	15
3.- (A) : Reconstitution approximative des contours de la marge orientale du Gondwana il y a environ 150 M.A. (B) : Situation actuelle (d'après Griffiths, 1971 & Stevens, 1980 modifié par Grandperrin & Richer de Forges, comm. pers.) .....	16
4.- Courbe hypsographique des deux versants de la Grande Terre (d'après Dupon, 1981) .....	18
5.- Réseau hydrographique de la Grande Terre de Nouvelle-Calédonie (d'après Bird <i>et al.</i> , 1984) .....	19
6.- Esquisse pluviométrique de la Grande Terre .....	20
7.- Apports d'eaux (en m <sup>3</sup> /an) dans divers secteurs du lagon (d'après Conand, 1987) .....	21
8.- Le complexe récifal et les lagons néo-calédoniens .....	23
9.- Les lagons sud-ouest et sud de la Nouvelle-Calédonie .....	24
10.- Vitesses et directions des vents enregistrées à Nouméa. Moyennes de 1951 à 1965 .....	26
11.- Carte de situation du complexe récifal nord de la Nouvelle-Calédonie .....	31
12.- Toponymie et bathymétrie du Grand Lagon Nord .....	32
13.- Carte géologique simplifiée de la Nouvelle-Calédonie (d'après Paris, 1981) .....	34
14.- Bloc diagramme bathymétrique de la partie septentrionale de la ride de Nouvelle-Calédonie (d'après Rigolot, 1989) .....	35
15.- Carte bathymétrique de la région nord (d'après Collot <i>et al.</i> , 1988b) .....	36
16.- Schéma structural du secteur nord de la ride de Nouvelle-Calédonie (d'après Collot <i>et al.</i> , 1989) .....	37
17.- Carte de localisation des prélèvements .....	42
18.- La benne Neyrpic .....	43
19.- Distribution de fréquence de la fraction dominante sur l'ensemble du lagon .....	67
20.- Carte de répartition de la fraction dominante .....	68
21.- Carte de répartition des populations granulométriques .....	71
22.- Carte de répartition des types sédimentaires .....	74
23.- ACP sur les variables texturales des sédiments	
(a) : Projection des variables .....	77
(b) : Projection des observations .....	79

	Pages
24.- Localisation des populations d'échantillons définies par l'ACP .....	80
25.- Fréquence des valeurs de la taille moyenne (Mz).	
(a) : par intervalles de 0,1 $\phi$	
(b) : selon les fractions théoriques de Weydert (1971, 1976) .....	83
26.- Carte de répartition des valeurs ( $\phi$ ) de la taille moyenne (Mz) .....	84
27.- Relation entre la granulométrie des sédiments et la profondeur de prélèvement .....	85
28.- Relation entre la taille moyenne (Mz) et la teneur en vase des sédiments .....	87
29.- Fréquence des valeurs de la médiane ( $Md_{\phi}$ ) selon les fractions théoriques .....	87
30.- Carte de répartition des valeurs ( $\phi$ ) de la médiane ( $Md_{\phi}$ ) .....	88
31.- Signification de la médiane dans le cas de certaines distributions bimodales (d'après Weydert, 1976) .....	89
32.- Relation entre la médiane ( $Md_{\phi}$ ) et la taille moyenne (Mz) des sédiments .....	89
33.- Fréquence des valeurs de l'asymétrie ( $S_{ki}$ ) .....	90
34.- Carte de répartition des valeurs de l'asymétrie .....	91
35.- Relation entre l'asymétrie ( $S_{ki}$ ) et la profondeur de prélèvement .....	93
36.- Fréquence des valeurs du classement ( $D_{\phi}$ ) par intervalles de 0,1 $\phi$ .....	95
37.- Carte de répartition des sédiments selon les valeurs ( $\phi$ ) du classement .....	96
38.- Diagramme de dispersion profondeur - classement .....	97
39.- Carte de répartition des valeurs ( $\phi$ ) du triage ( $\sigma_i$ ) .....	99
40.- Fréquence des valeurs du triage ( $\sigma_i$ ) .....	100
41.- Relation entre le triage et la profondeur de prélèvement .....	101
42.- Fréquence des valeurs de la normalité ( $K_g$ ) .....	102
43.- Carte de répartition des valeurs de la normalité ( $K_g$ ) .....	103
44.- Diagramme de dispersion profondeur - normalité .....	104
45 à 48.- Confrontation des indices granulométriques taille moyenne, classement et normalité .....	106
49.- Diagramme de dispersion asymétrie - classement .....	110
50.- Distribution de fréquence des différents faciès d'envasement .....	112
51.- Carte de répartition de la teneur en vase des sédiments .....	113
52.- Relation entre l'envasement et la profondeur .....	115

	Pages
53.- Relation entre l'envasement et l'indice de normalité (Kg) .....	116
54.- Relation entre la teneur en vase et la teneur en sable très fin .....	118
55.- Relation entre la teneur en carbonate et la profondeur de prélèvement .....	120
56.- Carte de répartition de la teneur en carbonate des sédiments (fraction < 63 µ) .....	121
57.- Relation entre la teneur en vase et en carbonate des sédiments .....	123
58.- Région côtière. Zonation des faciès et sous-faciès déterminés par la teneur en vase et en carbonate des sédiments .....	125
59.- Localisation de l'embouchure du Diahot vis à vis de la zone étudiée .....	125
60.- Carte de répartition des sédiments selon leur couleur .....	127
61.- Variations de la fréquence des couleurs observées en fonction de la bathymétrie .....	129
62.- Diagramme de dispersion montrant la relation entre la couleur des sédiments, l'envasement et la bathymétrie .....	129
63.- Fréquences observées des différentes couleurs du sédiment .....	130
64.- Stéréogramme en blocs montrant la répartition des valeurs dans le tableau de contingence couleur - carbonate .....	134
65.- Fréquences moyennes des constituants sur l'ensemble des échantillons analysés .....	144
66.- Proportions des différents groupes de Mollusques sur l'ensemble des échantillons analysés .....	145
67.- Proportions de Rhodophycées et articles d' <i>Halimeda</i> sur l'ensemble des échantillons analysés .....	146
68.- Proportions des constituants majeurs en relation avec la proportion de constituants mineurs sur l'ensemble des échantillons analysés .....	146
69.- Proportions de Crustacés indifférenciés et d'Ostracodes sur l'ensemble des échantillons analysés .....	147
70.- Proportions des constituants mineurs sur l'ensemble des échantillons .....	148
71.- Variations dans la composition bioclastique et les paramètres granulométriques et texturaux suivant un transect longitudinal sud-nord .....	151
72.- Variations dans la composition bioclastique et les paramètres granulométriques et texturaux suivant un transect transversal ouest-est .....	154
73.- Composition moyenne des biofaciès pour les principaux constituants .....	159
74.- Distribution des faciès biogènes .....	161
75.- Composition moyenne de la biophase des milieux sédimentaires .....	167

	Pages
<b>76.- ACP sur les constituants biogènes des sédiments (données centrées)</b>	
A <sub>1</sub> : projection des variables dans le plan 1-2 .....	173
B <sub>1</sub> : projection des variables dans le plan 1-3 .....	174
A <sub>2</sub> : projection des observations dans le plan 1-2 .....	176
B <sub>2</sub> : projection des observations dans le plan 1-3 .....	177
<b>77.- ACP sur les constituants biogènes des sédiments (données centrées-réduites)</b>	
A : projection des variables .....	178
B : projection des observations .....	180
<b>78.- ACP sur l'ensemble des paramètres sédimentologiques (données centrées-réduites)</b>	
A : projection des variables .....	185
B : projection des observations .....	188

**- LISTE DES TABLEAUX -**

	<b>Pages</b>
1.- Limites et termes des fractions granulométriques théoriques; comparaisons des échelles de Wentworth (1922) et de Weydert (1971) .....	50
2.- Schématisation de la méthode de comptage des constituants bioclastiques .....	59
3.- Limites des classes dimensionnelles des tailles de grains et des types sédimentaires .....	73
4.- Résultats des tests de corrélation non paramétriques entre la couleur et différentes variables .....	131
5.- Fractions granulométriques analysées par comptages pour chaque échantillon .....	143
6.- Fréquence des principaux biofaciès et sous-faciès dans les différents milieux physiographiques .....	163
7.- Tableau comparatif des caractères granulométriques et texturaux et de la composition des biophases associés aux différents milieux sédimentaires .....	169

**Annexe 1**

---

**Liste et coordonnées des stations de prélèvement**

N°	Sonde (m)	Position		N°	Sonde (m)	Position			
		Lat.S	Long.E			Lat.S	Long.E		
001	23	20°00'7	-	163°52'4	053	33	19°53'7	-	163°43'8
002	23	19°58'0	-	163°52'7	054	31	19°53'9	-	163°47'0
003	27	19°54'5	-	163°52'9	055	30	19°56'6	-	163°46'7
004	29	19°51'7	-	163°52'7	056	50	19°29'5	-	163°31'5
005	29	19°56'1	-	163°50'1	057	40	19°32'2	-	163°31'7
006	23	19°55'5	-	163°57'0	058	51	19°28'6	-	163°28'3
007	25	19°52'6	-	163°56'5	059	42	19°26'1	-	163°31'5
008	25	19°49'8	-	163°56'5	060	55	19°24'8	-	163°34'0
009	26	19°46'7	-	163°53'3	061	56	19°29'3	-	163°25'4
010	30	19°42'4	-	163°56'3	062	47	19°32'0	-	163°21'9
011	37	19°44'0	-	163°52'9	063	40	19°35'0	-	163°22'3
012	35	19°46'9	-	163°52'9	064	45	19°35'6	-	163°25'6
013	31	19°50'0	-	163°52'8	065	50	19°31'8	-	163°25'7
014	10	20°06'1	-	164°04'9	066	48	19°32'7	-	163°28'5
015	12	20°03'0	-	164°01'6	067	33	19°35'6	-	163°34'5
016	15	20°00'4	-	163°59'7	068	34	19°38'4	-	163°34'7
017	20	19°57'2	-	163°59'4	069	32	19°41'9	-	163°34'6
018	23	19°54'7	-	163°59'2	070	21	19°44'5	-	163°37'6
019	25	19°52'5	-	163°59'6	071	27	19°47'5	-	163°37'3
020	25	19°49'5	-	163°59'2	072	29	19°50'0	-	163°37'5
021	26	19°57'0	-	163°50'0	073	27	19°53'1	-	163°37'4
022	29	19°51'9	-	163°49'9	074	26	19°52'8	-	163°40'8
023	34	19°48'7	-	163°49'7	075	14	19°56'0	-	163°40'8
024	36	19°45'9	-	163°49'9	076	33	19°55'9	-	163°44'9
025	38	19°42'4	-	163°49'9	077	30	19°59'7	-	163°46'8
026	37	19°44'0	-	163°46'5	078	30	20°02'1	-	163°47'2
027	36	19°44'4	-	163°44'0	079	28	20°02'1	-	163°50'6
028	39	19°47'0	-	163°43'8	080	26	20°05'4	-	163°51'3
029	35	19°49'0	-	163°46'7	081	23	20°04'4	-	163°54'7
030	36	19°46'3	-	163°46'6	082	16	20°02'1	-	163°56'9
031	40	19°38'9	-	163°46'7	083	22	20°02'4	-	163°53'4
032	41	19°35'6	-	163°47'0	087	22	20°08'1	-	163°50'2
033	35	19°37'5	-	163°50'0	088	21	20°10'6	-	163°51'1
034	40	19°40'4	-	163°50'1	089	24	20°10'8	-	163°53'5
035	35	19°39'7	-	163°53'1	090	15	20°10'6	-	163°56'7
036	34	19°36'5	-	163°52'8	091	20	20°10'7	-	163°59'9
037	40	19°33'0	-	163°50'1	092	34	19°59'0	-	163°34'8
038	47	19°32'0	-	163°46'9	093	30	19°50'0	-	163°34'8
039	45	19°31'0	-	163°46'8	094	31	19°46'5	-	163°34'6
040	47	19°34'0	-	163°43'6	095	36	19°47'0	-	163°31'9
041	49	19°31'5	-	163°43'5	096	40	19°43'2	-	163°28'7
042	50	19°31'6	-	163°40'3	097	38	19°44'4	-	163°31'4
043	45	19°34'5	-	163°40'3	098	32	19°42'9	-	163°34'7
044	39	19°32'9	-	163°37'0	099	39	19°40'6	-	163°31'8
045	46	19°30'1	-	163°37'0	100	40	19°37'4	-	163°31'8
046	52	19°27'1	-	163°36'6	101	35	19°34'5	-	163°31'7
047	50	19°28'8	-	163°33'8	102	42	19°34'9	-	163°28'7
048	35	19°36'9	-	163°40'0	103	40	19°37'5	-	163°28'7
049	44	19°37'4	-	163°43'5	104	42	19°41'8	-	163°28'5
050	40	19°40'5	-	163°43'7	105	39	19°40'8	-	163°25'9
051	35	19°41'6	-	163°40'9	106	43	19°38'0	-	163°25'4
052	33	19°50'4	-	163°43'8	107	57	19°29'0	-	163°23'1

N°	Sonde (m)	Position		N°	Sonde (m)	Position			
		Lat.S	Long.E			Lat.S	Long.E		
108	56	19°28'7	-	163°20'0	160	52	19°16'7	-	163°34'8
109	43	19°28'8	-	163°17'0	161	53	19°16'8	-	163°38'0
110	48	19°26'0	-	163°16'8	162	46	19°16'8	-	163°41'0
111	40	19°25'4	-	163°14'8	163	35	19°16'7	-	163°44'0
112	51	19°22'7	-	163°17'0	164	34	19°19'8	-	163°44'2
113	37	19°22'8	-	163°14'0	165	53	19°20'0	-	163°38'0
114	46	19°20'0	-	163°14'0	166	58	19°20'0	-	163°34'8
115	37	19°17'0	-	163°14'0	167	59	19°23'2	-	163°35'0
116	52	19°25'8	-	163°20'0	168	54	19°23'0	-	163°37'5
117	53	19°22'7	-	163°19'7	169	52	19°22'9	-	163°41'2
118	60	19°20'2	-	163°16'6	170	43	19°23'1	-	163°44'1
119	63	19°17'2	-	163°16'7	171	37	19°23'2	-	163°47'2
120	60	19°17'0	-	163°11'0	172	33	19°26'2	-	163°47'0
121	63	19°14'2	-	163°10'8	173	38	19°29'0	-	163°50'0
122	50	19°14'2	-	163°08'0	174	50	19°29'2	-	163°41'0
123	57	19°10'8	-	163°08'0	175	50	19°29'0	-	163°44'0
124	64	19°11'0	-	163°11'0	176	44	19°28'8	-	163°47'0
125	64	19°10'8	-	163°13'8	177	48	19°26'0	-	163°44'0
126	36	19°08'0	-	163°16'6	178	54	19°26'0	-	163°40'8
127	60	19°11'1	-	163°16'2	179	55	19°26'0	-	163°38'0
128	63	19°13'8	-	163°13'8	180	50	18°51'0	-	163°27'0
129	65	19°13'8	-	163°16'8	181	35	18°52'8	-	163°26'8
130	63	19°17'0	-	163°20'0	182	37	18°54'5	-	163°28'1
131	64	19°20'0	-	163°20'0	183	31	18°56'0	-	163°29'2
132	61	19°23'0	-	163°23'0	184	33	18°57'4	-	163°31'5
133	59	19°26'0	-	163°23'3	185	33	18°59'4	-	163°31'2
134	57	19°26'1	-	163°25'8	186	33	19°01'0	-	163°32'2
135	50	19°23'2	-	163°25'8	187	35	19°00'0	-	163°34'5
136	59	19°20'2	-	163°25'8	188	32	18°58'0	-	163°33'2
137	59	19°20'0	-	163°23'2	189	33	18°56'4	-	163°32'7
138	59	19°16'2	-	163°23'7	190	37	18°55'0	-	163°31'3
139	57	19°16'8	-	163°25'3	191	38	18°53'3	-	163°30'0
140	48	19°14'2	-	163°26'1	192	41	18°51'3	-	163°28'8
141	53	19°14'1	-	163°23'3	193	79	19°03'8	-	163°06'3
142	61	19°14'0	-	163°20'0	194	55	19°20'6	-	163°32'4
143	45	19°11'0	-	163°19'5	195	58	19°23'6	-	163°32'2
144	43	19°11'0	-	163°23'2	196	52	19°26'7	-	163°32'7
145	40	19°10'9	-	163°26'0	197	55	19°27'0	-	163°35'7
146	41	19°10'3	-	163°30'7	198	41	19°08'9	-	163°35'0
147	36	19°10'2	-	163°33'2	199	36	19°03'6	-	163°36'0
148	47	19°11'0	-	163°35'0	200	38	19°05'3	-	163°38'0
149	52	19°11'1	-	163°37'1	201	41	19°08'2	-	163°38'2
150	45	19°11'0	-	163°41'0	202	54	19°20'0	-	163°40'0
151	38	19°11'3	-	163°44'0	203	47	19°31'2	-	163°30'0
152	30	19°14'0	-	163°43'8	204	50	19°28'9	-	163°28'2
153	47	19°14'3	-	163°41'2	205	48	19°25'7	-	163°28'6
154	54	19°14'3	-	163°38'0	206	56	19°22'3	-	163°28'6
155	47	19°14'4	-	163°34'4	207	55	19°19'6	-	163°27'0
156	64	19°14'3	-	163°32'2	208	37	19°06'2	-	163°15'8
157	43	19°14'4	-	163°29'0	209	45	19°06'0	-	163°13'3
158	49	19°17'2	-	163°29'0	210	49	19°06'4	-	163°10'0
159	53	19°17'0	-	163°32'1	211	51	19°06'8	-	163°06'3

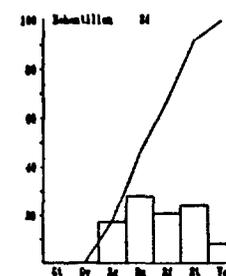
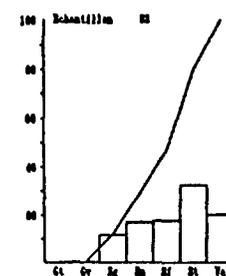
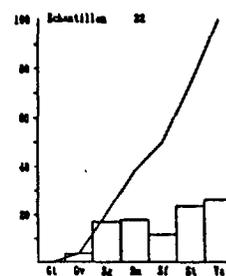
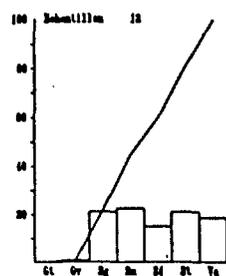
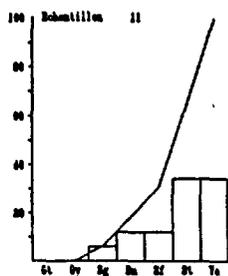
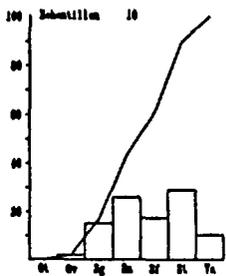
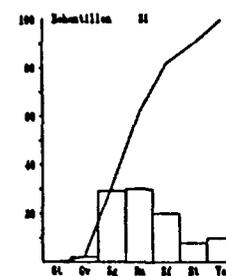
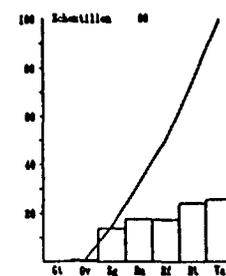
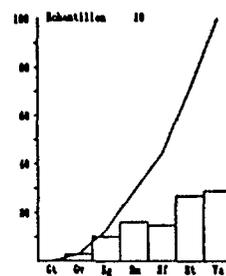
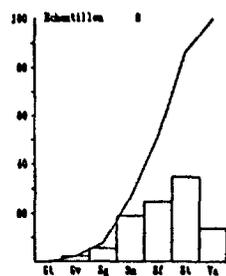
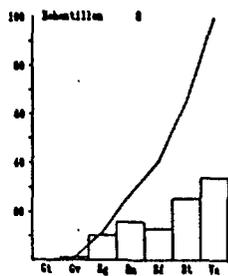
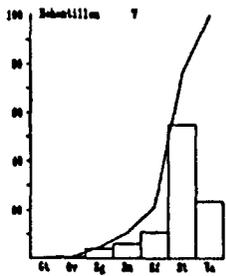
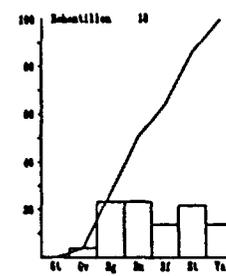
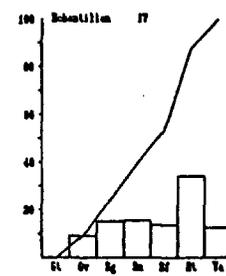
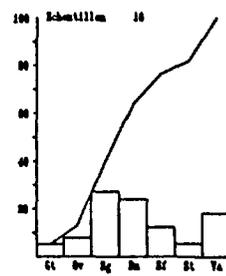
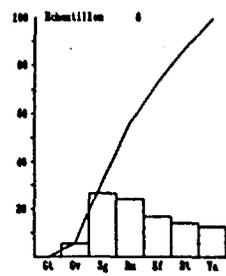
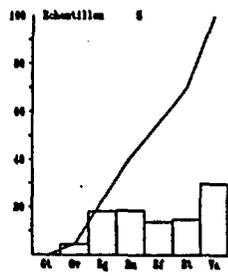
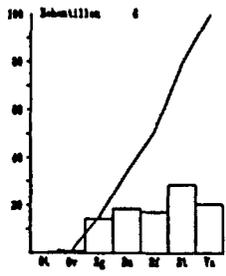
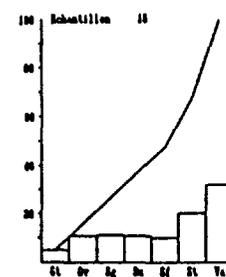
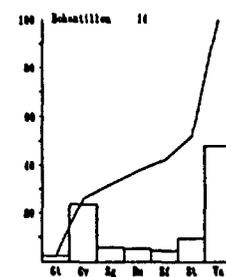
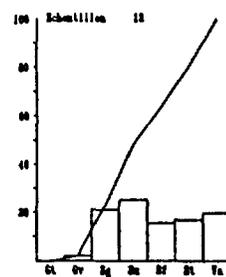
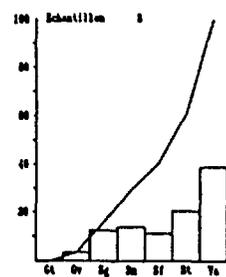
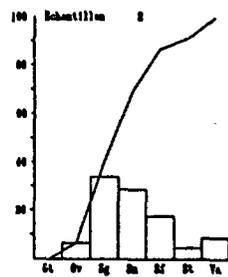
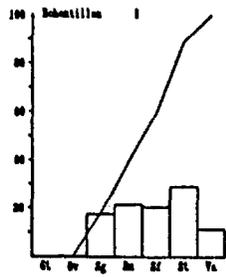
N°	Sonde (m)	Position		
		Lat.S	-	Long.E
212	54	19°20'0	-	163°40'0
213	47	19°31'2	-	163°30'0
214	50	19°28'9	-	163°28'2
215	48	19°25'7	-	163°28'6
216	56	19°22'3	-	163°28'6
217	55	19°19'6	-	163°27'0
218	37	19°06'2	-	163°15'8
219	48	19°06'0	-	163°13'3
220	50	19°06'4	-	163°10'0
221	51	19°06'8	-	163°06'3

## **Annexe 2**

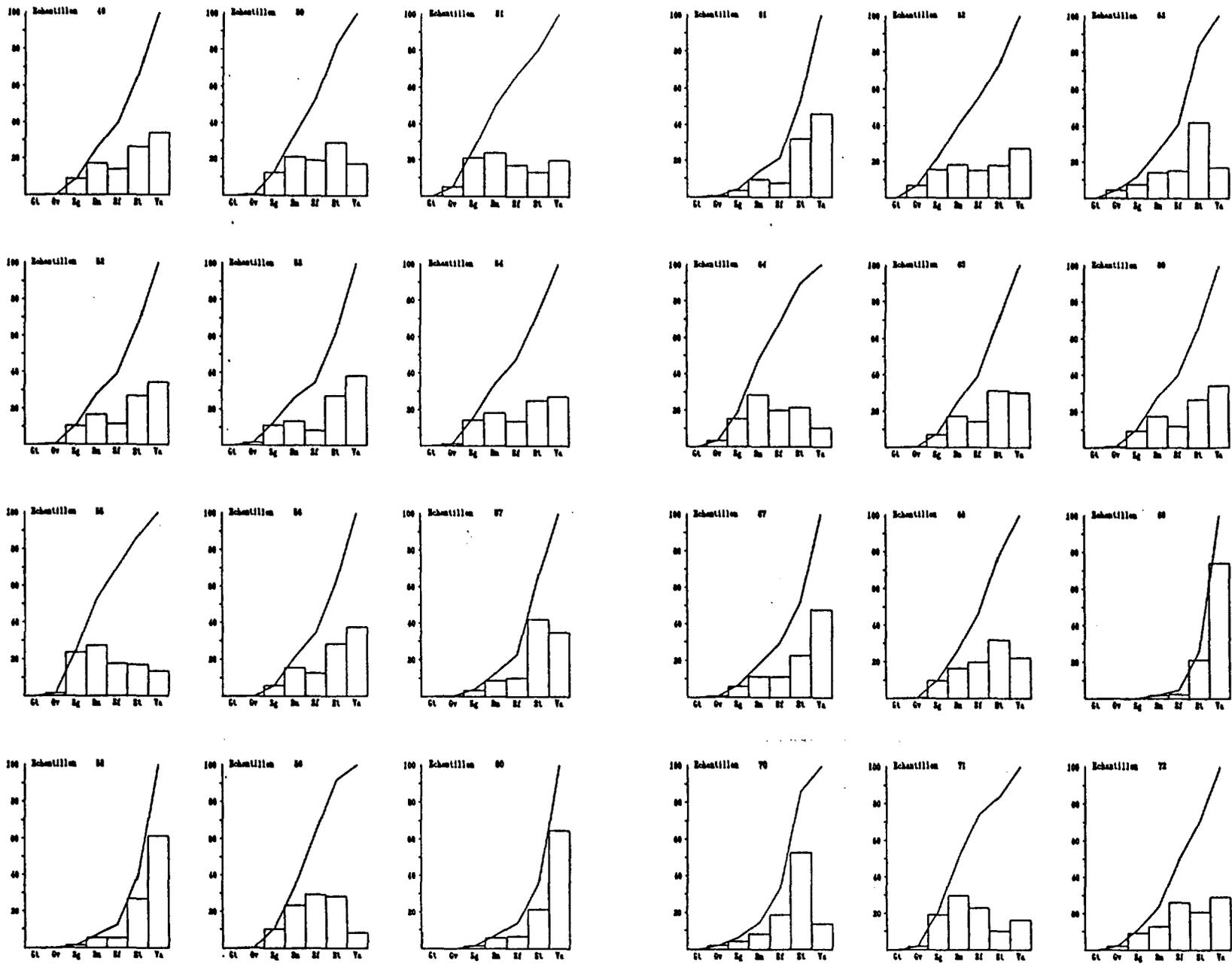
---

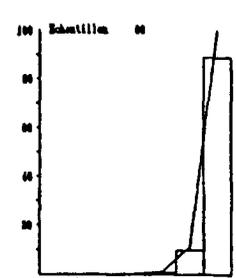
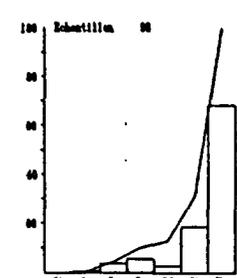
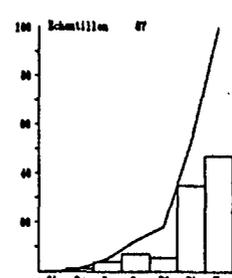
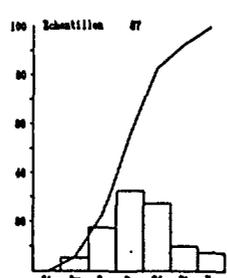
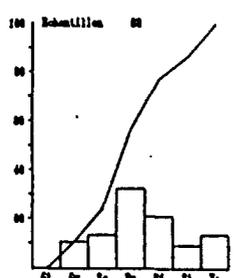
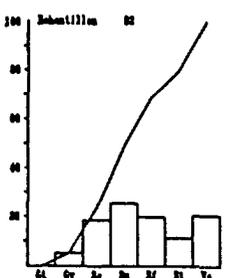
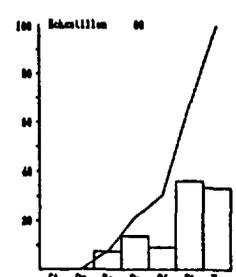
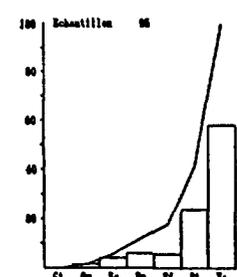
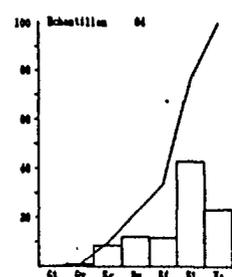
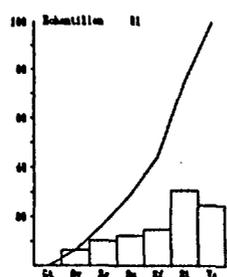
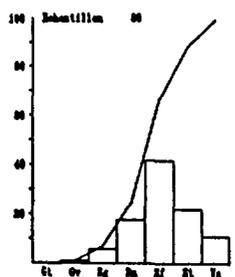
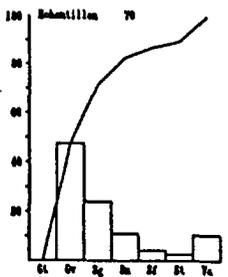
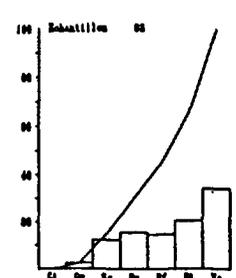
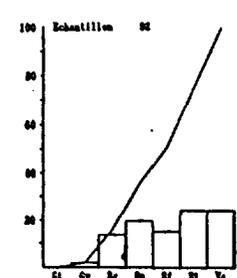
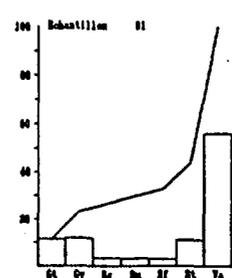
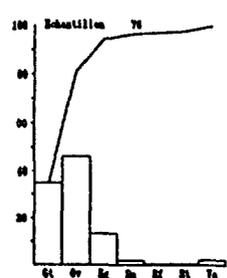
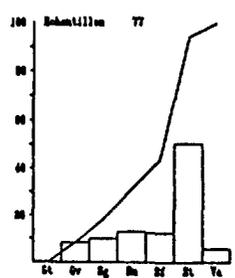
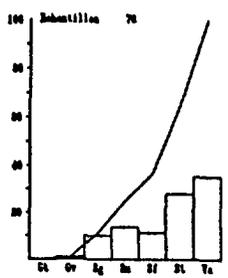
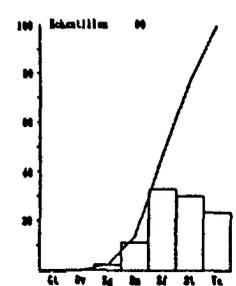
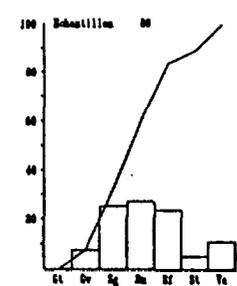
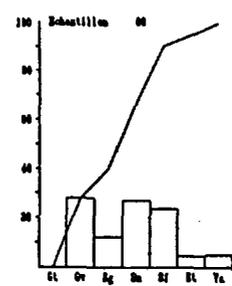
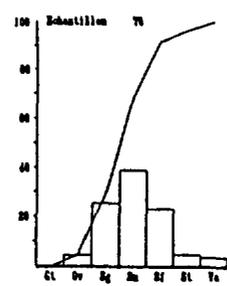
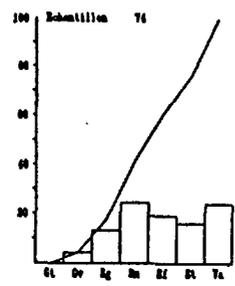
### **Histogrammes de fréquences et courbes cumulatives semi-logarithmiques**

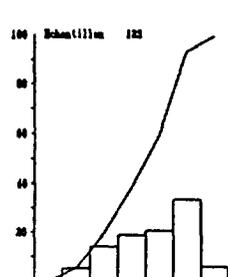
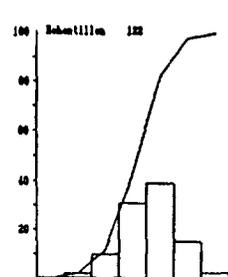
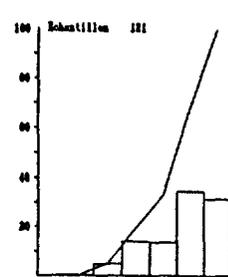
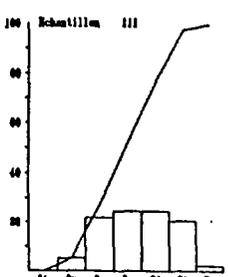
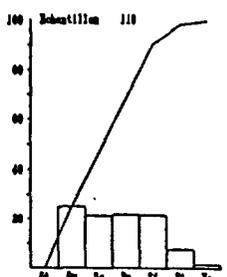
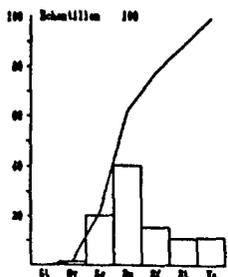
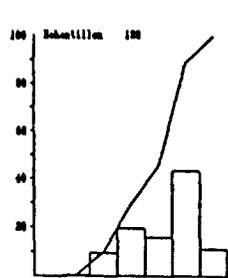
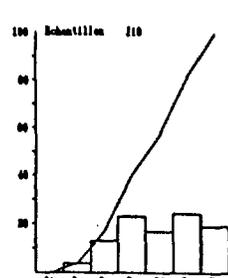
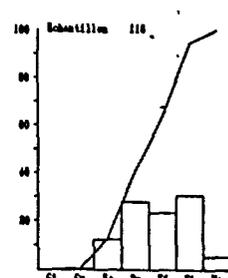
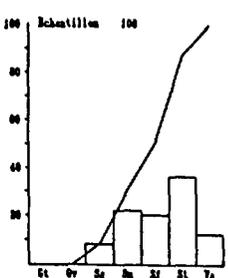
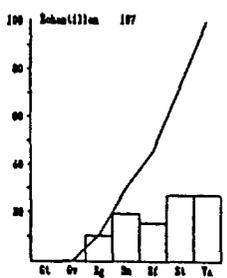
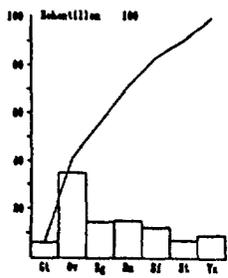
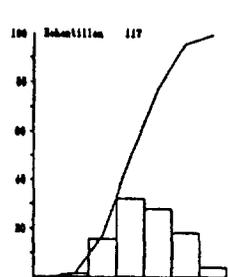
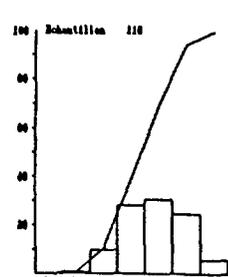
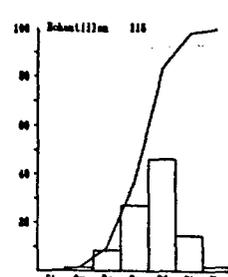
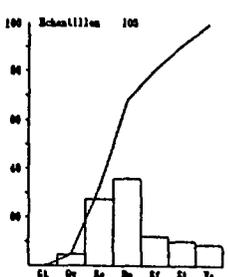
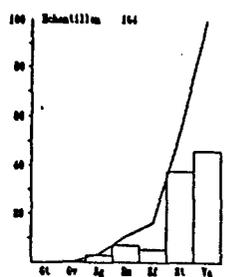
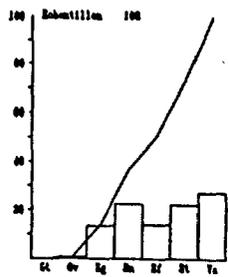
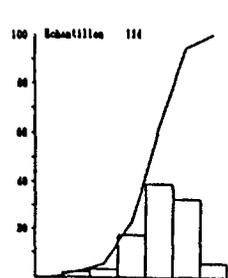
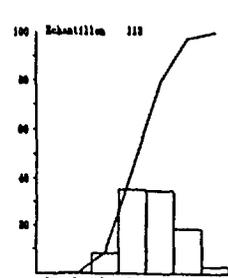
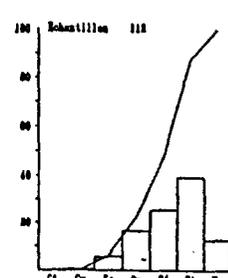
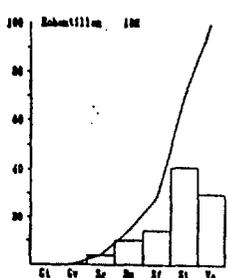
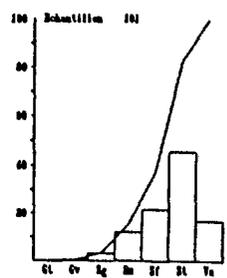
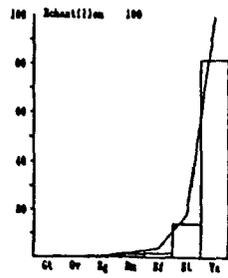
**Abréviations : Gt, Galets (> 20 mm); Gv, Gravieres (2,5 à 20 mm); Sg, Sables grossiers (1 à 2,5 mm); Sf, Sables fins (0,5 à 1 mm); St, Sables très fins (0,25 à 0,5 mm); Va, Vase (< 0,063 mm).**

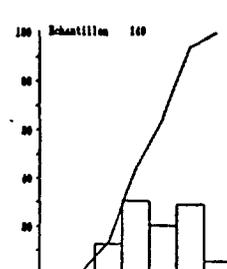
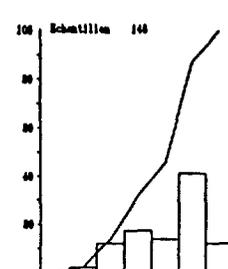
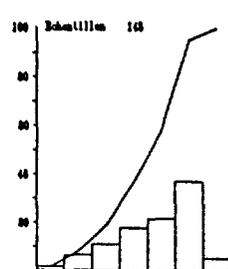
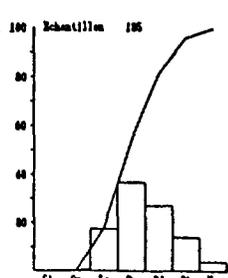
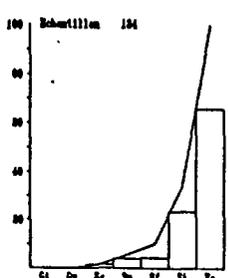
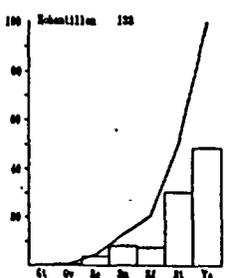
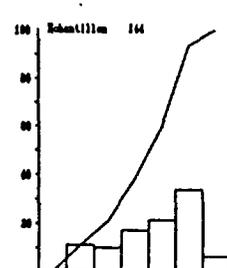
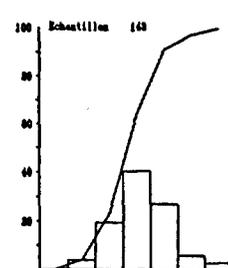
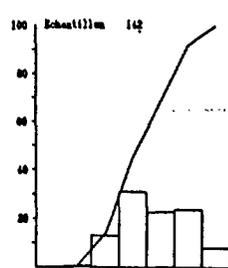
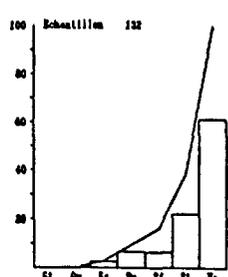
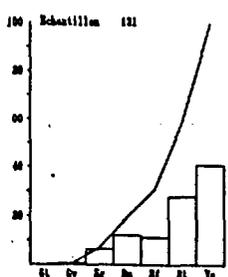
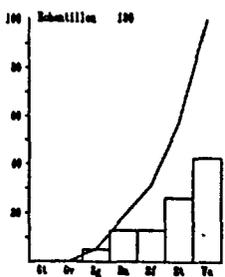
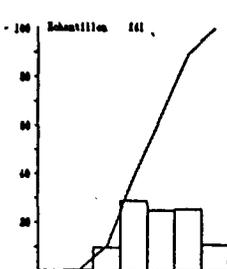
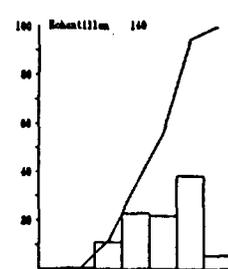
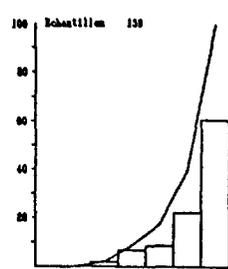
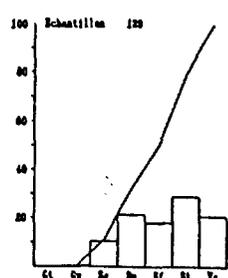
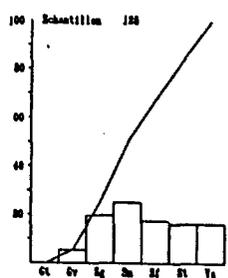
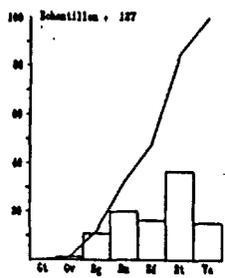
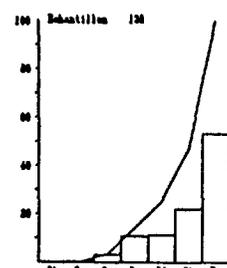
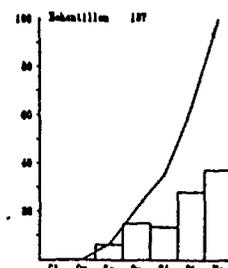
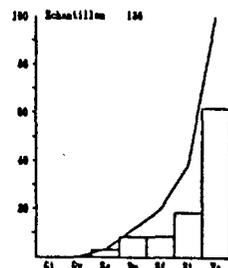
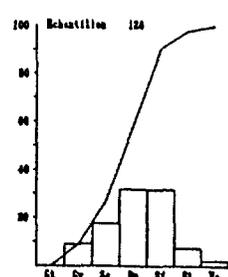
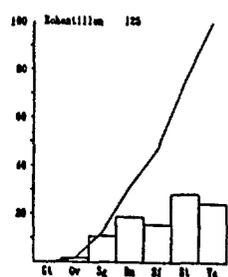
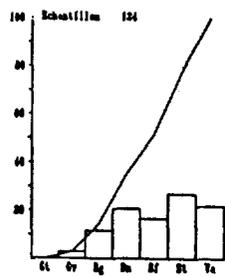


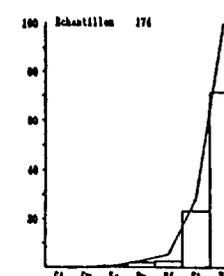
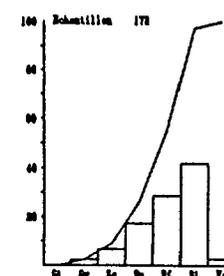
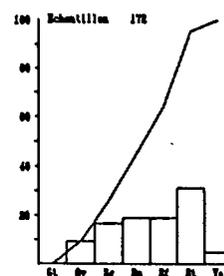
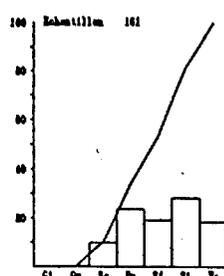
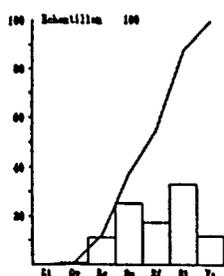
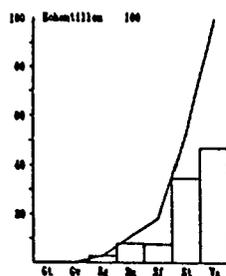
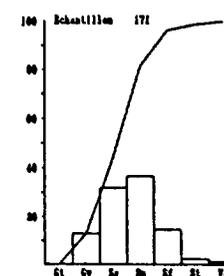
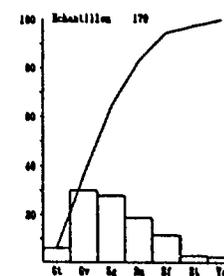
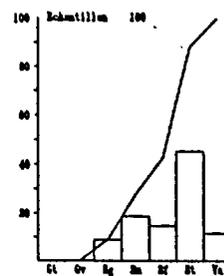
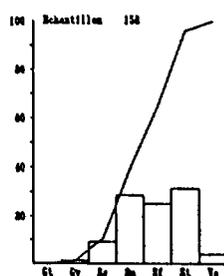
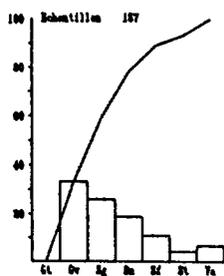
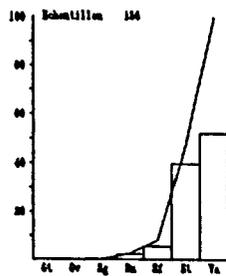
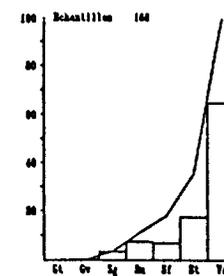
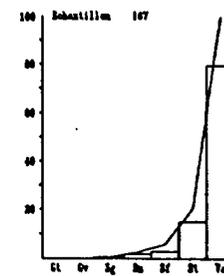
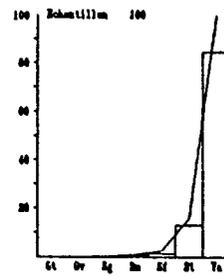
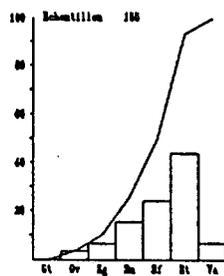
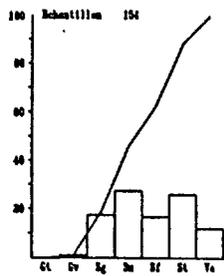
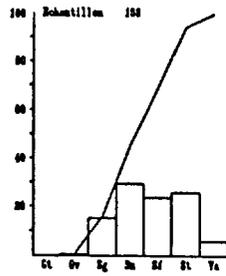
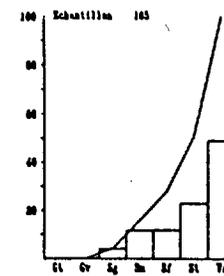
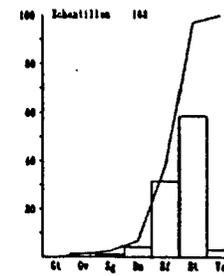
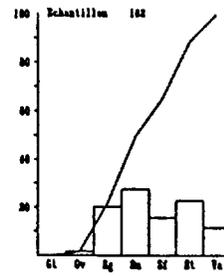
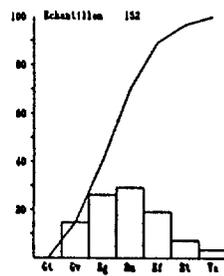
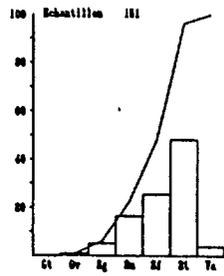
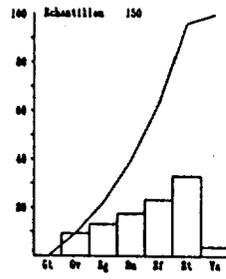


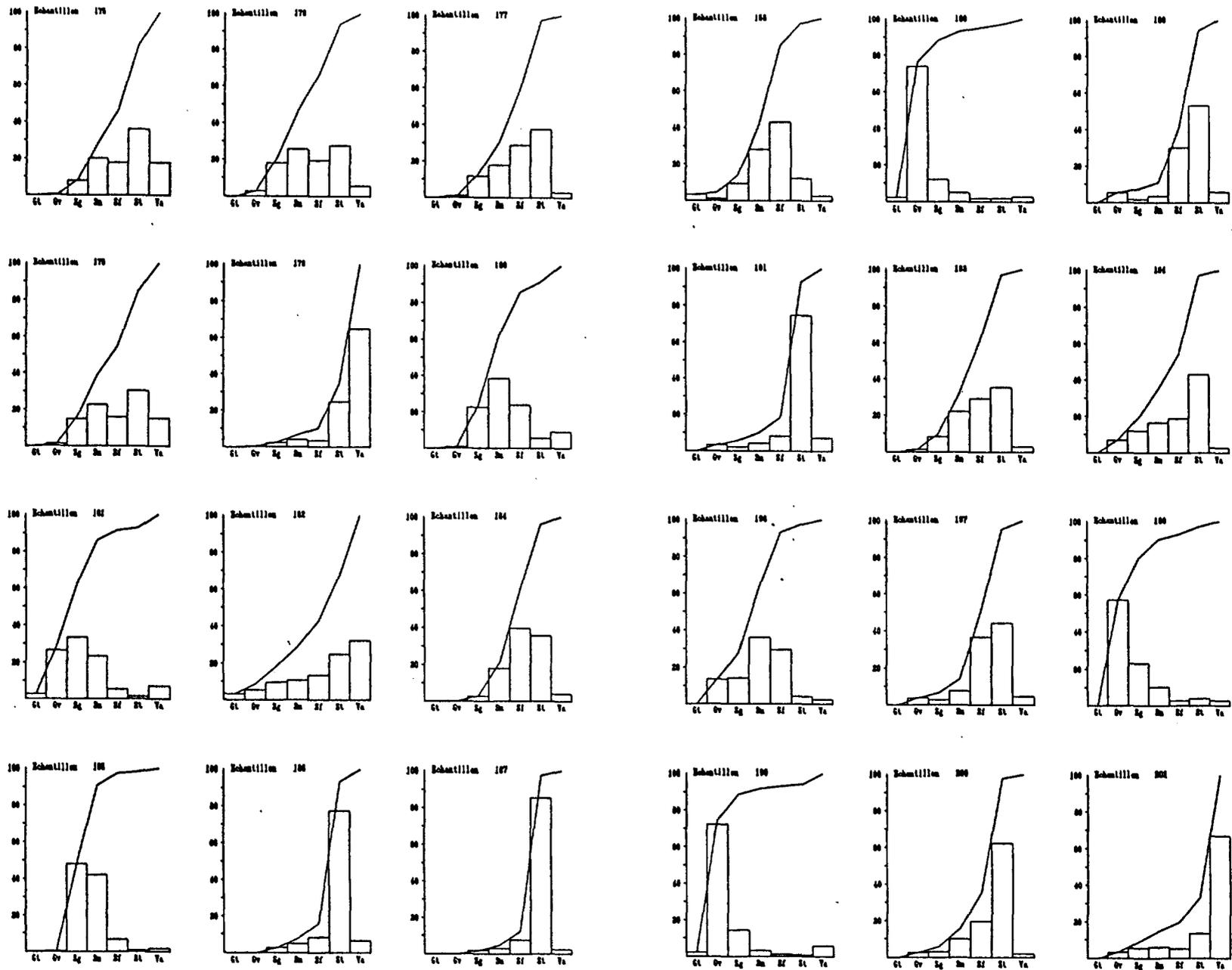














### Annexe 3

---

#### Valeurs des indices granulométriques

Abréviations : N° : numéro d'échantillon; Pr : profondeur de prélèvement (en m); Ca : teneur en carbonate de la fraction fine (en %); Va : teneur en vase (en %); Md<sub>φ</sub> : médiane; Mz : taille moyenne; D<sub>φ</sub> : classement; σ<sub>i</sub> : triage; Kg : normalité; Ski : asymétrie; Fh : facteur hydrodynamique (les valeurs des indices sont exprimées en phi).

N°	Pr (m)	Ca (%)	Va (%)	MdØ	Mz	DØ	ri	Kg	Ski	Fh
1.00	26.00	81.01	11.23	1.52	1.67	1.36	1.79	0.84	0.11	-0.52
2.00	26.00	79.02	8.64	0.33	0.41	0.97	1.68	1.37	0.17	0.40
3.00	30.00	88.48	38.95	2.91	2.50	1.84	2.05	0.67	-0.31	-1.17
4.00	32.00	92.30	20.46	1.94	2.06	1.57	1.91	0.74	0.04	-0.83
5.00	32.00	87.65	29.86	1.62	1.86	2.01	2.16	0.62	0.10	-1.39
6.00	26.00	86.82	12.79	0.75	1.16	1.31	2.03	0.97	0.26	-0.34
7.00	28.00	94.95	23.58	3.03	2.94	0.90	1.42	1.07	-0.17	0.17
8.00	28.00	90.47	33.88	2.73	2.51	1.70	1.93	0.69	-0.21	-1.02
9.00	29.00	94.29	13.81	1.94	2.08	1.22	1.66	0.89	0.07	-0.33
10.00	33.00	97.94	10.30	1.39	1.63	1.34	1.77	0.85	0.15	-0.49
11.00	40.00	93.29	34.58	3.10	2.81	1.37	1.71	0.77	-0.27	-0.60
12.00	38.00	92.30	18.77	1.34	1.70	1.64	2.01	0.73	0.20	-0.91
13.00	34.00	91.80	19.62	1.11	1.61	1.64	2.05	0.74	0.28	-0.90
14.00	13.00	76.03	48.05	3.58	1.87	2.98	3.17	0.61	-0.70	-2.36
15.00	15.00	78.19	32.08	2.22	1.81	2.22	2.83	0.85	-0.32	-1.37
16.00	18.00	79.85	18.08	0.41	1.11	1.31	2.69	1.42	0.17	0.10
17.00	23.00	92.79	12.49	1.75	1.60	1.61	2.23	0.93	-0.16	-0.68
18.00	26.00	89.64	13.77	0.97	1.37	1.54	2.00	0.78	0.26	-0.76
19.00	28.00	98.60	29.01	2.44	2.35	1.69	1.95	0.71	-0.12	-0.98
20.00	28.00	94.67	25.78	2.00	2.15	1.72	1.94	0.68	0.04	-1.03
21.00	29.00	84.00	9.95	0.61	0.80	0.98	1.66	1.19	0.27	0.22
22.00	32.00	88.81	26.33	2.00	2.01	1.89	2.09	0.65	-0.03	-1.24
23.00	37.00	91.47	20.26	2.17	2.20	1.47	1.84	0.77	-0.03	-0.70
24.00	39.00	91.60	8.25	1.18	1.46	1.19	1.69	0.93	0.22	-0.26
25.00	41.00	91.13	32.20	2.75	2.55	1.60	1.86	0.71	-0.20	-0.88
26.00	41.00	88.64	20.33	1.66	1.97	1.56	1.89	0.74	0.16	-0.81
27.00	40.00	92.79	24.96	1.31	1.75	1.92	2.10	0.64	0.22	-1.28
28.00	43.00	87.98	69.15	4.26	3.91	0.58	1.13	1.43	-0.59	0.85
29.00	38.00	94.45	34.72	2.80	2.51	1.75	1.95	0.67	-0.24	-1.08
30.00	39.00	89.81	14.10	1.18	1.55	1.39	1.90	0.84	0.24	-0.55
31.00	43.00	89.64	28.04	1.93	2.19	1.72	1.90	0.67	0.11	-1.05
32.00	44.00	93.62	31.98	2.29	2.33	1.78	1.92	0.64	-0.03	-1.14
33.00	38.00	95.62	14.98	1.29	1.70	1.26	1.84	0.92	0.25	-0.34
34.00	43.00	91.47	23.01	2.22	2.25	1.58	1.86	0.72	-0.03	-0.86
35.00	38.00	90.47	26.10	2.93	2.63	1.24	1.79	0.92	-0.28	-0.32
36.00	37.00	91.30	6.01	2.66	2.55	0.79	1.18	1.00	-0.18	0.21
37.00	43.00	90.47	9.21	1.22	0.84	1.90	2.63	0.87	-0.20	-1.03
38.00	50.00	92.63	42.63	3.61	3.30	1.03	1.44	0.93	-0.38	-0.11
39.00	49.00	90.64	42.62	3.47	2.98	1.37	1.70	0.75	-0.41	-0.62
40.00	50.00	90.14	35.80	2.86	2.67	1.58	1.75	0.66	-0.18	-0.92
41.00	52.00	95.95	55.79	4.09	3.55	0.98	1.46	1.02	-0.61	0.05
42.00	53.00	88.64	54.29	4.06	3.22	1.18	1.78	0.95	-0.68	-0.23
43.00	48.00	91.13	23.50	2.47	2.40	1.47	1.80	0.76	-0.10	-0.71
44.00	42.00	87.81	17.75	1.44	1.86	1.45	1.85	0.79	0.24	-0.66
45.00	50.00	94.29	26.65	1.98	2.19	1.71	1.90	0.67	0.08	-1.04
46.00	55.00	93.46	59.84	4.15	3.54	0.96	1.47	1.02	-0.65	0.05
47.00	54.00	90.80	20.35	1.54	1.97	1.49	1.84	0.76	0.24	-0.73
48.00	38.00	90.14	12.17	1.24	1.60	1.08	1.72	1.06	0.26	-0.02
49.00	47.00	94.29	34.12	2.78	2.57	1.65	1.85	0.67	-0.20	-0.98
50.00	43.00	89.97	17.28	1.82	2.00	1.45	1.82	0.79	0.09	-0.66
51.00	38.00	85.82	19.61	0.99	1.50	1.62	2.14	0.78	0.27	-0.85
52.00	42.00	87.81	34.24	2.82	2.55	1.70	1.90	0.67	-0.23	-1.03
53.00	36.00	87.98	38.20	3.12	2.65	1.71	1.96	0.69	-0.36	-1.02
54.00	33.00	86.15	27.15	2.17	2.20	1.78	1.97	0.67	-0.04	-1.11

N°	Pr (m)	Ca (Z)	Va (Z)	HdØ	Mz	DØ	ri	Kg	Ski	Fh
55.00	33.00	87.15	13.39	0.91	1.36	1.31	1.92	0.90	0.30	-0.41
56.00	53.00	88.98	37.49	3.11	2.77	1.52	1.75	0.68	-0.28	-0.83
57.00	43.00	89.31	34.82	3.27	3.04	1.09	1.52	0.89	-0.27	-0.19
58.00	54.00	89.97	61.17	4.17	3.73	0.81	1.26	1.08	-0.59	0.26
59.00	45.00	89.64	8.15	1.54	1.73	1.10	1.57	0.96	0.15	-0.14
60.00	58.00	92.96	64.67	4.21	3.72	0.79	1.29	1.13	-0.63	0.34
61.00	59.00	89.47	46.15	3.74	3.22	1.12	1.58	0.88	-0.50	-0.23
62.00	50.00	92.46	27.35	1.67	1.85	1.95	2.27	0.72	0.01	-1.23
63.00	43.00	92.63	16.78	2.42	2.24	1.33	1.83	0.91	-0.18	-0.42
64.00	48.00	88.15	10.50	1.12	1.45	1.22	1.80	0.96	0.23	-0.27
65.00	53.00	91.47	30.05	2.71	2.55	1.56	1.79	0.69	-0.16	-0.87
66.00	51.00	89.81	33.96	2.78	2.54	1.70	1.90	0.67	-0.22	-1.03
67.00	36.00	90.97	47.84	3.79	3.09	1.43	1.77	0.76	-0.57	-0.67
68.00	37.00	84.16	22.04	2.24	2.29	1.44	1.80	0.78	-0.02	-0.67
69.00	35.00	88.48	74.08	4.31	4.05	0.38	0.87	1.56	-0.52	1.18
70.00	24.00	85.82	13.76	2.63	2.54	1.00	1.47	1.04	-0.15	0.04
71.00	30.00	86.65	16.23	0.97	1.54	1.05	1.97	1.13	0.34	0.08
72.00	32.00	86.32	29.02	2.00	2.27	1.54	1.89	0.76	0.09	-0.78
73.00	30.00	92.13	33.49	3.45	3.44	0.79	0.97	0.73	-0.01	-0.06
74.00	29.00	85.99	23.68	1.45	1.88	1.75	2.02	0.71	0.20	-1.04
75.00	17.00	87.98	3.62	0.52	0.49	0.76	1.31	1.27	0.09	0.51
76.00	36.00	86.49	35.43	2.95	2.61	1.65	1.91	0.71	-0.29	-0.94
77.00	33.00	88.81	5.68	2.24	1.84	1.35	1.97	1.00	-0.38	-0.35
78.00	33.00	77.85	2.25	-3.34	-3.02	1.40	1.69	0.75	0.33	-0.64
79.00	31.00	80.18	10.49	-1.18	-1.05	1.53	2.45	1.14	0.21	-0.39
80.00	29.00	81.67	11.11	1.60	1.88	0.87	1.52	1.18	0.22	0.32
81.00	26.00	80.68	24.78	2.36	2.20	1.66	2.15	0.84	-0.20	-0.82
82.00	19.00	80.34	20.34	1.06	1.57	1.55	2.12	0.82	0.26	-0.73
83.00	25.00	80.18	13.38	0.81	1.15	0.93	2.19	1.66	0.13	0.74
87.00	25.00	84.99	7.35	0.83	0.85	0.83	1.58	1.46	0.10	0.63
88.00	24.00	87.98	5.05	0.37	-0.17	1.49	2.26	1.07	-0.22	-0.42
89.00	27.00	80.84	10.98	0.63	0.61	1.02	1.78	1.39	0.06	0.37
90.00	18.00	85.49	23.31	2.22	2.53	1.26	1.50	0.74	0.21	-0.52
91.00	23.00	77.69	56.11	4.09	1.88	2.61	3.42	0.76	-0.84	-1.85
92.00	37.00	88.98	24.33	1.92	2.08	1.74	1.97	0.69	0.05	-1.05
93.00	33.00	91.30	34.21	2.47	2.35	1.80	2.01	0.67	-0.13	-1.13
94.00	34.00	87.98	23.24	2.75	2.52	1.32	1.78	0.85	-0.22	-0.47
95.00	39.00	88.98	58.12	4.12	3.50	0.99	1.55	1.08	-0.65	0.09
96.00	43.00	90.80	33.36	3.07	2.73	1.42	1.78	0.77	-0.29	-0.65
97.00	41.00	88.64	47.17	3.82	3.37	1.03	1.51	1.00	-0.51	-0.03
98.00	35.00	87.81	68.44	4.25	3.78	0.67	1.34	1.47	-0.65	0.80
99.00	42.00	80.01	88.85	4.43	4.43	0.29	0.53	1.59	-0.27	1.30
100.00	43.00	89.14	81.88	4.38	4.29	0.31	0.70	1.84	-0.42	1.53
101.00	38.00	86.15	16.98	2.55	2.53	1.10	1.45	0.85	-0.04	-0.25
102.00	45.00	89.47	30.04	3.02	2.86	1.21	1.56	0.81	-0.19	-0.40
103.00	43.00	90.47	27.18	1.95	2.14	1.79	1.95	0.65	0.07	-1.14
104.00	45.00	90.30	46.10	3.77	3.45	0.99	1.39	0.97	-0.44	-0.03
105.00	42.00	87.98	8.90	0.49	0.77	0.94	1.72	1.25	0.31	0.30
106.00	46.00	89.31	9.29	-0.55	-0.63	2.02	2.76	0.91	0.04	-1.11
107.00	60.00	90.70	27.25	2.32	2.33	1.66	1.87	0.68	-0.04	-0.98
108.00	59.00	96.70	12.49	1.94	2.02	1.28	1.64	0.83	0.05	-0.45
109.00	47.00	92.40	11.28	0.70	1.15	0.87	1.73	1.33	0.38	0.46
110.00	51.00	88.40	1.57	0.14	-0.19	1.32	2.06	1.06	-0.19	-0.26
111.00	43.00	90.20	2.34	0.91	0.96	1.03	1.64	1.05	0.06	0.01

Nº	Pr (m)	Ca (Z)	Va (Z)	MdØ	Mz	DØ	vi	Kg	Ski	Fh
112.00	54.00	97.40	12.55	2.10	2.17	1.13	1.54	0.88	0.04	-0.25
113.00	40.00	90.00	2.81	1.17	1.32	0.71	1.24	1.24	0.19	0.52
114.00	49.00	90.50	5.63	1.70	1.88	0.87	1.34	1.02	0.16	0.14
115.00	40.00	73.30	1.91	1.28	1.20	0.63	1.13	1.40	-0.04	0.77
116.00	55.00	89.40	5.88	1.36	1.57	0.97	1.49	1.04	0.17	0.07
117.00	56.00	92.90	4.13	1.02	1.20	0.84	1.45	1.20	0.18	0.37
118.00	63.00	89.90	5.43	1.40	1.60	1.14	1.54	0.88	0.14	-0.25
119.00	66.00	90.40	19.00	1.60	1.88	1.57	1.96	0.77	0.13	-0.80
120.00	63.00	92.90	11.21	2.21	2.09	1.29	1.66	0.83	-0.10	-0.46
121.00	66.00	91.90	31.70	2.94	2.72	1.40	1.68	0.72	-0.20	-0.68
122.00	53.00	86.20	2.53	1.18	1.19	0.70	1.22	1.34	0.04	0.65
123.00	60.00	91.90	6.33	1.53	1.53	1.31	1.79	0.89	-0.03	-0.42
124.00	67.00	92.00	21.76	1.91	2.08	1.61	1.93	0.74	0.05	-0.87
125.00	67.00	90.90	24.40	2.20	2.23	1.64	1.91	0.71	-0.03	-0.93
126.00	39.00	84.00	2.24	0.73	0.57	0.83	1.55	1.47	-0.17	0.64
127.00	63.00	90.20	15.19	2.09	2.07	1.40	1.77	0.81	-0.04	-0.59
128.00	66.00	94.40	16.20	0.99	1.46	1.46	2.10	0.88	0.24	-0.58
129.00	68.00	91.00	20.71	1.98	2.14	1.52	1.83	0.74	0.06	-0.77
130.00	66.00	90.70	42.51	3.41	2.95	1.44	1.71	0.71	-0.39	-0.74
131.00	67.00	90.50	40.88	3.34	2.88	1.46	1.79	0.75	-0.39	-0.70
132.00	64.00	89.90	61.42	4.17	3.62	0.91	1.40	1.04	-0.64	0.14
133.00	62.00	87.70	48.78	3.90	3.32	1.10	1.55	0.91	-0.56	-0.19
134.00	60.00	90.00	65.93	4.23	3.81	0.70	1.20	1.22	-0.60	0.52
135.00	53.00	87.90	3.86	0.87	1.00	0.78	1.33	1.27	0.20	0.49
136.00	62.00	88.40	61.78	4.17	3.48	1.02	1.51	0.95	-0.67	-0.07
137.00	62.00	90.00	37.16	3.07	2.76	1.53	1.76	0.69	-0.27	-0.83
138.00	62.00	90.50	53.01	4.04	3.30	1.26	1.60	0.77	-0.63	-0.49
139.00	60.00	91.00	60.56	4.16	3.57	0.95	1.40	0.97	-0.63	0.02
140.00	51.00	92.40	5.58	1.72	1.78	1.19	1.55	0.84	0.02	-0.36
141.00	56.00	91.70	10.83	1.45	1.74	1.18	1.64	0.91	0.22	-0.27
142.00	64.00	92.20	8.20	1.22	1.54	1.11	1.61	0.97	0.25	-0.15
143.00	48.00	86.50	2.91	0.66	0.63	0.68	1.25	1.36	0.06	0.67
144.00	46.00	89.90	6.36	1.55	1.43	1.34	2.11	1.10	-0.17	-0.24
145.00	43.00	86.90	5.04	1.63	1.57	1.28	1.94	1.07	-0.17	-0.21
148.00	50.00	97.00	12.47	2.19	2.03	1.39	1.77	0.83	-0.13	-0.56
149.00	55.00	95.70	5.65	1.27	1.54	1.15	1.56	0.89	0.19	-0.27
150.00	48.00	94.20	3.80	1.44	1.35	1.28	1.97	1.06	-0.16	-0.22
151.00	41.00	90.40	3.75	2.08	2.05	1.01	1.36	0.86	-0.08	-0.15
152.00	33.00	84.50	3.44	0.31	0.26	1.03	1.78	1.37	-0.05	0.34
153.00	50.00	94.00	5.85	1.21	1.47	1.09	1.57	0.95	0.20	-0.14
154.00	57.00	93.70	11.91	1.25	1.57	1.37	1.81	0.84	0.22	-0.53
155.00	50.00	94.70	6.77	2.03	1.99	1.09	1.60	0.99	-0.10	-0.10
156.00	67.00	95.70	52.21	4.02	3.70	0.83	1.10	0.85	-0.46	0.02
157.00	46.00	86.40	6.65	-0.47	-0.61	1.45	2.33	1.15	0.03	-0.30
158.00	52.00	92.90	3.93	1.42	1.61	1.08	1.47	0.90	0.12	-0.18
159.00	56.00	95.00	47.10	3.81	3.39	1.04	1.44	0.91	-0.48	-0.12
160.00	55.00	96.00	11.93	1.72	1.87	1.34	1.72	0.82	0.09	-0.52
161.00	56.00	95.50	18.52	1.83	2.07	1.45	1.79	0.76	0.12	-0.69
162.00	49.00	94.90	11.57	1.01	1.40	1.36	1.86	0.86	0.27	-0.50
163.00	38.00	88.00	3.08	2.40	2.41	0.83	1.07	0.83	-0.04	-0.00
165.00	56.00	95.20	49.08	3.90	3.19	1.36	1.65	0.73	-0.59	-0.64
166.00	61.00	94.70	84.32	4.40	4.40	0.30	0.60	1.76	-0.29	1.46
167.00	62.00	93.90	79.37	4.36	4.17	0.32	0.84	2.04	-0.51	1.72
168.00	57.00	89.20	64.66	4.21	3.56	0.90	1.47	1.08	-0.67	0.18

N°	Pr (m)	Ca (Z)	Va (Z)	MdØ	Mz	DØ	ri	Kg	Ski	Fh
169.00	55.00	94.40	11.66	2.31	2.16	1.28	1.64	0.83	-0.13	-0.45
170.00	46.00	90.00	2.49	-0.66	-0.97	1.50	2.13	0.92	-0.16	-0.59
171.00	40.00	83.00	1.34	0.14	0.04	0.82	1.36	1.27	-0.22	0.44
172.00	36.00	90.40	4.67	1.26	1.24	1.39	2.02	0.98	-0.10	-0.40
173.00	48.00	90.40	2.75	1.82	1.86	1.01	1.45	0.95	-0.04	-0.06
174.00	53.00	95.00	71.46	4.29	3.99	0.48	0.93	1.29	-0.53	0.81
175.00	53.00	94.00	17.76	2.21	2.22	1.38	1.73	0.79	-0.02	-0.59
176.00	47.00	95.90	5.60	1.15	1.34	1.22	1.70	0.88	0.14	-0.34
177.00	51.00	91.90	2.79	1.67	1.71	1.07	1.50	0.91	-0.02	-0.15
178.00	57.00	93.90	15.07	1.71	1.87	1.47	1.84	0.79	0.08	-0.68
179.00	58.00	94.90	64.95	4.21	3.81	0.71	1.23	1.25	-0.60	0.53
180.00	26.00	82.30	8.89	0.69	0.73	0.76	1.43	1.49	0.20	0.73
181.00	21.00	73.80	7.06	-0.51	-0.81	1.17	2.20	1.46	-0.05	0.29
182.00	18.00	76.00	32.26	2.57	2.24	1.80	2.46	0.94	-0.33	-0.86
184.00	27.00	89.90	4.02	1.74	1.92	0.85	1.22	0.92	0.18	0.06
185.00	27.00	77.70	2.12	-0.02	-0.10	0.72	1.17	1.28	-0.19	0.57
186.00	35.00	92.40	6.79	2.87	2.87	0.64	1.02	1.23	-0.14	0.59
187.00	24.00	89.00	2.51	2.88	2.88	0.58	0.83	1.02	-0.14	0.43
188.00	18.00	90.70	4.16	1.22	1.13	0.67	1.26	1.57	-0.06	0.89
189.00	53.00	98.20	2.75	-2.39	-2.21	1.01	1.74	1.22	0.28	0.21
190.00	38.00	95.10	5.81	2.33	2.37	0.90	1.47	1.30	-0.17	0.40
191.00	40.00	93.30	7.22	2.85	2.78	0.66	1.21	1.45	-0.24	0.79
193.00	36.00	89.30	2.97	1.61	1.71	1.04	1.45	0.92	0.04	-0.12
194.00	36.00	91.50	2.84	1.78	1.61	1.29	1.84	0.96	-0.22	-0.34
196.00	38.00	89.90	2.52	0.62	0.41	0.82	1.61	1.51	-0.25	0.69
197.00	35.00	89.80	4.72	1.97	2.16	0.89	1.32	1.09	0.04	0.20
198.00	36.00	91.10	2.87	-1.69	-1.60	1.36	2.02	1.05	0.20	-0.30
199.00	40.00	93.10	5.73	-2.33	-2.17	1.05	2.09	1.62	0.35	0.57
200.00	41.00	92.30	2.07	2.46	2.34	0.89	1.27	0.97	-0.24	0.08
202.00	59.00	92.40	66.82	4.24	3.42	0.92	1.75	1.29	-0.73	0.37
203.00	61.00	92.30	65.62	4.22	3.59	0.86	1.52	1.22	-0.68	0.37
204.00	56.00	91.40	53.48	4.05	3.12	1.45	1.89	0.81	-0.69	-0.64
205.00	58.00	94.60	31.38	2.39	2.42	1.66	1.83	0.66	-0.03	-1.00
206.00	45.00	91.10	5.25	-0.03	-0.01	1.76	2.55	0.92	0.02	-0.84
211.00	45.00	89.90	3.83	0.42	0.05	1.04	1.94	1.38	-0.25	0.34
212.00	57.00	92.30	37.07	3.13	2.77	1.50	1.77	0.71	-0.30	-0.79
213.00	50.00	90.60	34.17	2.76	2.52	1.75	1.92	0.66	-0.22	-1.09
214.00	53.00	91.50	46.90	3.77	3.18	1.20	1.67	0.88	-0.53	-0.32
215.00	51.00	90.50	17.80	0.91	1.59	1.18	1.97	1.03	0.38	-0.15
216.00	59.00	88.90	58.15	4.12	3.16	1.53	1.89	0.77	-0.72	-0.76
217.00	58.00	88.90	56.06	4.09	3.40	1.17	1.54	0.83	-0.64	-0.34
218.00	43.00	89.90	4.31	1.58	1.57	1.21	1.66	0.87	-0.05	-0.34
219.00	51.00	89.60	5.41	2.21	1.88	1.17	1.96	1.20	-0.37	0.03
220.00	53.00	93.60	12.35	1.95	1.71	1.61	2.12	0.86	-0.19	-0.75

## Annexe 4

---

### Matrice de corrélation de l'ensemble des paramètres étudiés sur les 66 échantillons analysés par comptages

**Abréviations :** Prof (profondeur); Carb (carbonate); GT (galets); GV (graviers); SG (sables grossiers); SM (sables moyens); SF (sables fins); STF (sables très fins); VA (vase); TMO (taille moyenne); CLA (classement); NOR (normalité); ASY (asymétrie); Pte (Ptéropodes); Pel (Pélécy-podes); Gas (Gastéropodes); Mol (Mollusques indifférenciés); FO (Foraminifères); Hal (*Halimeda*); Rho (Rhodophycées); BRY (Bryozoaires); SCL (Scléractiniaires); ALC (Alcyonaires); Cru (Crustacés indifférenciés); Ost (Ostracodes); ECH (Echinodermes); SPO (Spongiaires); TUB (tubes calcaires); Agr (agrégats); Red (débris réduits); Oxy (grains roux); Ind (indéterminés); OTO (otolithes); BRA (Brachiopodes).

	Prof	Carb	GT	GV	SG	SM	SF	STF	VA	TMO	CLA	MOR	ASY	Pte	Pel	Gas	Mol
Prof	1.00																
Carb	0.55	1.00															
GT	-0.17	-0.36	1.00														
GV	-0.09	-0.17	0.49	1.00													
SG	-0.34	-0.34	0.00	0.28	1.00												
SM	-0.16	-0.03	-0.26	-0.11	0.71	1.00											
SF	-0.09	0.21	-0.29	-0.28	0.13	0.62	1.00										
STF	0.00	0.34	-0.24	-0.44	-0.49	-0.34	0.15	1.00									
VA	0.33	0.01	-0.07	-0.29	-0.60	-0.65	-0.61	-0.08	1.00								
TMO	0.28	0.24	-0.43	-0.76	-0.69	-0.47	-0.18	0.45	0.76	1.00							
CLA	-0.42	-0.27	0.25	0.24	0.05	-0.14	-0.14	-0.04	-0.05	-0.17	1.00						
MOR	0.17	-0.04	-0.14	0.01	0.10	0.14	-0.03	-0.38	0.18	0.03	-0.11	1.00					
ASY	-0.18	0.10	0.07	0.12	0.51	0.57	0.44	-0.04	-0.68	-0.52	-0.39	0.41	1.00				
Pte	0.42	0.12	-0.10	-0.22	-0.43	-0.46	-0.45	-0.08	0.75	0.57	-0.39	0.41	-0.38	1.00			
Pel	-0.25	-0.18	0.16	-0.19	-0.40	-0.55	-0.43	0.18	0.53	0.44	0.46	-0.28	-0.46	0.15	1.00		
Gas	0.34	0.36	-0.36	-0.43	-0.55	-0.41	-0.20	0.40	0.52	0.68	-0.35	0.12	-0.47	0.46	0.30	1.00	
Mol	-0.24	0.02	-0.10	-0.01	0.07	0.25	0.31	0.15	-0.34	-0.16	0.05	-0.05	0.11	-0.36	-0.14	-0.18	1.00
FO	0.42	0.11	-0.12	-0.27	-0.13	0.12	0.19	0.08	0.04	0.17	-0.34	0.17	0.21	0.24	-0.32	-0.05	-0.16
Hal	-0.24	-0.09	0.18	0.40	0.36	-0.01	-0.16	-0.17	-0.22	-0.36	0.39	-0.20	0.19	-0.23	-0.13	-0.50	-0.20
Rho	-0.13	-0.26	0.75	0.69	0.26	-0.05	-0.23	-0.32	-0.30	-0.67	0.00	0.04	0.28	-0.19	-0.20	-0.39	0.08
BRY	0.04	-0.02	0.22	0.70	0.23	-0.06	-0.17	-0.24	-0.26	-0.53	0.08	0.02	0.06	-0.18	-0.14	-0.34	-0.14
SCL	-0.04	-0.05	-0.09	0.09	0.31	0.48	0.48	-0.27	-0.38	-0.34	-0.24	0.33	0.12	-0.22	-0.41	-0.23	0.25
ALC	-0.02	-0.02	-0.10	-0.10	0.10	0.19	0.19	0.13	-0.21	-0.05	-0.13	0.02	0.11	-0.16	-0.22	-0.28	0.41
Cru	0.30	0.05	-0.20	-0.30	-0.38	-0.41	-0.29	0.27	0.48	0.53	-0.28	0.26	-0.28	0.63	0.14	0.25	-0.32
Ost	0.31	0.09	-0.12	-0.24	-0.39	-0.38	-0.34	-0.03	0.64	0.52	-0.28	0.26	-0.28	0.63	0.14	0.25	-0.32
ECH	0.20	0.13	-0.09	-0.24	-0.31	-0.23	0.07	0.43	0.07	0.28	-0.11	-0.15	-0.12	0.11	0.07	0.23	-0.04
SPO	-0.15	-0.06	-0.02	-0.02	0.14	0.02	0.03	0.07	-0.11	-0.06	0.16	-0.17	0.14	-0.11	0.08	-0.18	-0.02
TUB	-0.14	-0.15	-0.05	0.31	0.46	0.33	0.12	-0.27	-0.36	-0.43	0.01	0.11	0.19	-0.26	-0.28	-0.28	0.16
AGR	0.12	0.02	-0.17	-0.20	-0.07	-0.05	-0.10	-0.01	0.23	0.25	0.02	-0.09	0.09	0.15	0.00	0.22	-0.21
Red	0.24	0.22	-0.23	-0.34	-0.16	0.06	-0.03	0.09	0.21	0.32	0.06	-0.26	0.08	0.09	0.02	0.26	-0.13
Oxy	0.08	-0.03	0.06	0.24	0.06	0.07	0.18	-0.12	-0.18	-0.24	0.03	0.00	0.01	-0.11	-0.19	-0.07	0.12
Ind	-0.27	-0.10	-0.17	-0.04	0.31	0.51	0.49	-0.05	-0.46	-0.28	-0.31	0.27	0.10	-0.26	-0.33	-0.08	0.27
OTO	0.08	0.10	-0.03	-0.06	0.09	0.23	-0.01	-0.07	-0.05	-0.04	-0.09	0.11	0.20	-0.05	-0.12	-0.12	0.19
BRA	0.04	0.05	-0.03	-0.02	0.11	0.06	0.12	0.01	-0.10	-0.05	-0.05	0.00	0.07	-0.02	-0.16	-0.15	0.06

	FO	Hal	Rho	BRY	SCL	ALC	Cru	Ost	ECH	SPO	TUB	AGR	Red	Oxy	Ind	OTO	BRA
FO	1.00																
Hal	-0.37	1.00															
Rho	-0.14	0.18	1.00														
BRY	-0.19	0.31	0.38	1.00													
SCL	-0.13	-0.13	0.05	0.06	1.00												
ALC	-0.03	0.00	0.04	0.02	0.23	1.00											
Cru	-0.14	-0.24	-0.25	-0.22	-0.26	-0.14	1.00										
Ost	0.36	-0.16	-0.22	-0.23	-0.25	-0.16	0.19	1.00									
ECH	0.14	-0.31	-0.19	-0.07	-0.09	0.11	0.30	0.06	1.00								
SPO	-0.18	0.13	0.00	-0.06	0.05	0.20	0.02	-0.09	0.07	1.00							
TUB	-0.23	0.16	0.22	0.30	0.31	0.04	-0.18	-0.28	-0.06	0.20	1.00						
AGR	0.08	0.01	-0.17	-0.22	-0.35	-0.06	0.28	0.07	0.12	-0.19	-0.29	1.00					
Red	0.19	-0.20	-0.32	-0.34	-0.44	-0.09	0.25	0.12	0.04	-0.08	-0.37	0.48	1.00				
Oxy	0.15	-0.18	0.06	0.14	0.24	0.02	-0.16	-0.08	0.10	-0.05	0.08	-0.15	-0.11	1.00			
Ind	-0.05	-0.29	0.02	0.09	0.53	0.14	-0.24	-0.30	0.06	0.10	0.45	-0.39	-0.45	0.10	1.00		
OTO	0.13	-0.11	-0.01	-0.03	-0.01	0.02	-0.05	0.00	-0.04	-0.05	-0.06	-0.05	0.31	-0.02	-0.10	1.00	
BRA	0.00	0.08	0.03	-0.02	0.30	0.04	-0.03	-0.03	-0.04	-0.05	0.07	-0.12	-0.12	-0.04	-0.01	-0.02	1.00

**Annexe 5**

---

**Composition biogène des échantillons analysés par comptages  
pour quelques principaux constituants**

**N.B. : les abréviations utilisées sont les mêmes que pour l'annexe précédente.**

N°	Pel	Gas	Mol	FO	Hal	Rho	BRY	SCL	Cru	Ost	ECH	SPD	TUB	Agr	Red	Ind
001	21.39	10.90	4.60	17.13	6.09	3.11	0.00	1.36	0.89	0.17	1.27	1.03	0.00	1.03	21.32	9.46
002	22.28	9.15	8.79	16.54	17.73	3.08	2.11	1.23	3.51	0.37	0.13	0.27	0.54	0.55	5.25	8.36
003	23.75	8.54	6.69	18.10	14.76	2.03	0.38	0.50	2.86	0.90	0.11	1.03	0.00	0.74	4.29	15.05
004	34.31	14.22	3.95	14.47	10.65	0.44	0.49	0.03	3.00	1.39	0.20	0.00	0.00	2.15	11.45	2.66
006	15.76	8.10	5.36	6.08	39.79	2.82	0.15	1.99	2.56	0.46	0.31	1.26	0.57	0.59	7.74	5.82
010	23.96	8.40	13.34	6.63	17.79	2.54	0.60	0.79	1.18	0.00	1.19	0.56	0.41	0.17	7.12	14.76
013	32.45	14.63	4.10	11.15	10.91	1.57	0.02	0.94	1.28	0.37	0.37	0.18	0.44	0.25	10.57	10.76
014	41.07	5.92	20.54	2.58	17.81	2.48	0.64	2.52	1.40	0.20	0.49	0.00	0.39	0.29	0.41	3.26
015	20.35	3.53	6.50	9.42	48.75	2.56	0.22	1.38	1.66	0.40	0.20	0.00	1.03	0.20	1.04	2.53
016	16.37	6.88	2.66	14.18	47.31	2.42	0.00	0.43	1.94	0.00	0.64	0.00	0.00	1.07	1.35	4.76
017	24.72	9.73	4.67	5.86	42.49	2.10	0.36	0.64	0.24	1.07	0.43	0.00	0.00	0.60	4.23	2.87
018	24.94	14.06	10.72	9.09	14.96	2.11	0.00	1.90	0.89	0.20	0.81	0.00	0.00	2.99	12.98	4.35
019	24.08	15.99	9.91	7.31	25.88	2.57	0.31	1.12	0.58	0.30	1.21	0.00	0.43	2.05	3.55	4.72
023	33.78	14.57	2.65	11.77	11.44	0.29	0.22	0.67	2.32	1.17	1.85	0.00	0.22	1.15	15.09	2.00
026	11.69	11.69	7.21	24.79	9.91	0.00	0.27	0.20	2.32	0.27	1.11	0.00	0.00	2.90	23.96	3.20
034	25.19	14.90	12.34	17.55	6.38	1.15	0.00	0.06	1.64	0.00	0.03	0.00	0.13	2.08	12.98	5.58
036	14.18	12.23	31.85	9.44	6.21	3.65	0.60	0.46	1.64	0.00	2.62	0.00	0.00	0.58	9.11	6.34
044	9.21	8.26	4.53	33.37	12.04	0.22	0.00	0.00	1.49	0.44	0.91	0.00	0.00	3.18	21.07	4.17
047	13.28	10.72	6.65	32.79	4.27	0.36	0.36	0.01	2.05	1.43	2.51	0.00	0.00	2.74	20.11	1.55
048	12.50	9.39	1.02	22.50	26.74	0.01	0.56	0.17	2.44	1.10	0.32	0.00	0.00	1.43	18.99	2.55
050	17.51	15.92	6.40	21.08	6.86	1.62	0.51	0.05	2.40	0.00	1.77	0.00	0.44	3.04	20.39	1.81
059	10.63	6.40	10.11	19.30	4.43	3.78	0.32	17.02	3.00	0.33	3.85	1.27	0.96	0.42	2.98	13.14
067	19.71	19.46	1.68	13.57	5.26	0.00	0.86	0.00	4.90	1.45	1.58	0.00	0.00	2.57	25.30	2.18
075	12.00	13.92	19.72	1.55	0.96	10.22	0.00	9.46	2.85	0.00	0.00	0.00	0.71	0.12	2.98	25.50
078	16.57	1.65	3.68	18.22	18.50	36.84	2.64	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
081	37.78	19.73	2.14	10.30	2.34	0.64	1.76	0.67	7.39	0.00	3.66	0.00	0.00	2.47	5.11	4.50
082	9.30	5.16	3.38	9.24	35.59	0.00	0.22	0.64	1.83	0.00	0.76	0.00	0.00	7.71	23.48	2.36
088	10.54	12.00	11.07	21.16	0.89	0.44	0.22	0.22	0.00	0.22	0.22	0.00	0.00	0.00	18.74	20.27
091	64.86	5.80	2.65	6.22	3.27	0.13	5.09	1.97	1.88	0.12	1.44	0.44	0.00	0.00	0.19	5.89
099	21.77	13.19	0.74	42.69	0.28	0.28	0.00	0.21	1.07	6.43	1.07	0.00	0.00	0.37	1.02	4.77
100	22.65	18.15	2.46	28.04	0.00	0.00	0.00	0.00	4.29	3.24	0.96	0.00	0.00	1.01	11.35	3.50
105	10.50	8.85	4.54	37.52	0.62	1.40	1.80	1.97	1.41	0.00	0.36	0.00	0.10	1.40	24.64	4.89
106	14.31	6.71	6.47	10.09	32.71	5.35	2.14	3.20	0.15	0.53	0.87	0.26	0.59	0.90	11.77	3.62
109	7.21	6.32	15.16	27.82	1.11	2.35	0.72	3.94	1.49	0.60	0.84	0.00	0.08	0.69	29.01	2.26
110	7.09	11.49	10.75	17.43	5.78	1.46	4.69	23.55	0.51	0.00	0.81	0.00	0.52	0.00	0.00	8.23
111	4.28	4.75	9.50	17.66	22.30	4.02	0.91	24.30	1.69	0.34	0.84	0.00	0.46	0.00	0.23	7.89
112	8.21	6.66	9.79	47.58	2.68	0.00	0.00	0.00	0.68	1.63	4.94	0.00	0.00	1.30	6.90	7.19
113	10.53	12.17	16.76	16.27	1.52	1.43	0.80	15.07	1.43	0.00	0.09	0.00	0.72	0.72	4.48	18.02
117	16.52	7.97	3.63	31.05	17.53	0.02	0.74	0.00	0.37	0.43	0.65	0.00	0.59	1.04	14.77	4.69
126	4.92	10.50	8.88	23.30	4.57	5.60	3.04	7.44	0.55	0.00	0.45	0.00	1.21	0.26	2.05	25.08
132	19.23	27.10	4.29	10.49	3.81	0.00	0.00	0.00	11.17	1.35	1.35	0.00	0.00	4.12	12.98	1.62
135	4.80	4.41	10.22	30.09	0.00	2.03	0.45	28.77	0.92	0.45	0.22	0.00	0.00	0.68	0.45	15.16
138	21.45	18.28	3.58	17.78	12.28	0.18	0.27	0.10	6.04	1.13	0.84	0.00	0.09	0.45	14.65	2.88
139	23.84	18.66	6.43	15.54	10.84	0.75	0.00	0.09	2.97	0.76	1.42	0.00	0.00	1.00	15.64	1.98
143	5.49	8.64	6.43	39.43	4.22	5.02	0.23	3.94	0.28	0.24	0.97	0.00	0.19	2.36	1.45	20.42
151	12.29	17.25	6.34	24.16	6.46	0.57	0.70	0.51	2.78	0.00	3.68	0.00	0.00	1.33	4.56	19.38
152	7.87	11.47	10.73	14.14	1.93	4.41	1.81	22.64	0.38	0.00	0.81	0.34	0.98	0.23	0.00	22.25
157	7.84	8.15	3.58	7.31	39.38	5.20	0.68	15.69	3.92	0.00	0.94	0.55	0.75	0.87	0.00	5.13
163	16.98	13.97	5.89	29.05	1.44	2.25	2.25	1.61	4.98	0.00	2.35	0.00	0.23	0.70	0.77	17.52
166	28.27	24.15	0.89	24.17	1.37	0.00	0.40	0.00	2.67	0.00	1.93	0.00	0.00	2.26	3.54	3.23
167	23.10	22.30	2.52	15.54	1.96	1.02	0.00	0.05	2.75	2.57	0.96	0.00	0.00	3.19	8.02	3.90
168	23.37	19.91	3.17	17.63	8.11	0.10	0.00	0.21	4.37	1.45	0.53	0.00	0.00	0.72	14.40	3.97
169	12.38	11.79	3.20	21.64	26.90	0.39	0.00	0.00	2.57	1.46	1.30	0.34	0.09	0.52	5.23	9.84
170	11.21	4.47	7.21	11.38	42.74	2.60	6.86	0.26	0.19	0.61	1.26	0.22	0.32	1.35	0.43	8.09

N°	Pel	Gas	Mol	FO	Hal	Rho	BRY	SCL	Cru	Ost	ECH	SPO	TUB	Agr	Red	Ind
171	6.04	4.83	3.69	13.96	27.84	4.31	4.13	19.87	0.51	0.00	0.51	0.00	0.00	0.10	0.32	12.94
172	6.21	6.69	2.60	13.84	48.74	0.71	7.76	0.17	0.25	0.00	0.75	0.00	0.17	0.00	0.00	12.12
181	10.80	4.39	11.08	20.12	20.82	16.13	1.07	0.59	0.96	0.27	0.33	0.05	0.38	3.08	2.61	6.62
182	35.87	8.76	9.35	13.52	11.21	2.94	1.69	1.64	1.61	0.00	1.17	0.00	0.00	0.60	4.16	7.36
185	8.68	10.57	3.97	6.97	2.78	4.61	3.62	13.99	2.34	0.00	3.09	0.00	1.60	0.42	0.00	37.35
187	26.30	26.66	6.64	8.40	0.00	0.36	0.00	0.56	5.43	0.00	2.05	0.37	0.00	0.54	9.08	13.44
188	16.65	12.55	8.65	1.65	0.00	0.00	0.00	31.56	0.62	0.00	1.64	0.00	0.00	0.00	0.00	26.69
189	5.91	6.35	2.47	5.42	34.17	19.86	13.52	1.78	1.35	0.00	0.37	0.00	0.83	0.77	0.60	3.95
194	13.04	16.76	7.61	38.36	0.82	1.52	0.82	6.17	1.47	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.27	12.50
196	5.16	12.28	12.58	12.74	6.18	4.80	0.21	28.23	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.34	0.00	17.14
203	26.82	20.55	4.04	12.68	3.68	1.07	0.00	0.00	7.31	1.51	2.07	0.00	0.00	2.15	13.60	2.06
216	16.55	17.26	3.33	13.56	5.42	0.71	0.24	0.00	5.32	0.71	2.21	0.00	0.00	1.26	26.94	2.24

**Annexe 6**

---

**Modèle de fiche de comptage**

u° 181

Fiche de Comptage

I ponderal	3	28.68	35.86	25.11	5.72	1.62	
CONSTITUANTS	>20mm	2.5-20mm	1-2.5mm	0.5-1mm	0.25-0.5mm	63µ-0.25mm	E
Scaphopodes							
Pteropodes						☐	
Lamellibranches		☉☐	☉☉	☉	☉1	☉	
Gasteropodes		☐	☐	☉	☉	☐	
Mollusques indet.		☐	☉1	☉☉☐	☉☐	☉☐	
Foraminifères		☉☉	☉☉☉	☉☉1	☉☉	☉	
Halimedes		☉☉☉☉	☉☐	☉☉	☉☉☉	☉☉	
Algues calcaires		☉☉	☉☉☐	☉☐	☉	☉☉☉1	
Bryozoaires			☐	☐	☐	☉	
Madreporaires		☐			☐		
Alcyonnaires					☐	☉	
Crustacés			☐	☐	☐	☐	
Ostracodes					☐	☉	
Echinodermes				☐	☐	☐	
Spongiaires					☐		
Polychètes			☐		☐		
Aggregats	☐				☐	☐	
Fecal pellets							
Débris réduits		☐	☐	☉	☐	☐	
Débris oxydés		☐					
Débris terrigènes							
Indéterminés		☉	☉	☉1	☉	☉☉	
TOTAL							

REMARQUES :

Imprimé par le Centre ORSTOM  
de Nouméa  
Décembre 1989

**ORSTOM** NOUMÉA  
REPROGRAPHIE

## RESUME

Les caractères texturaux et granulométriques, la fraction terrigène et la couleur sont étudiés sur 206 échantillons de sédiments meubles prélevés à la benne Neyrpic dans le Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie (8 400 km<sup>2</sup>), selon un plan d'échantillonnage systématique et une maille de 3 milles nautiques. Sur la base de ces premiers résultats, qui font largement appel à la cartographie, 66 échantillons ont ensuite été sélectionnés pour une étude plus approfondie de leur composition biogène et des variations quantitatives et qualitatives de la biophase sédimentaire dans l'espace. Six environnements de dépôt, dont la différenciation résulte des interactions entre physiographie, hydrodynamisme et nature des peuplements benthiques, ont été identifiés et caractérisés : les zones de passes, les zones d'arrière-récif, la plaine lagonaire, les aires de décantation centrales de la plaine, le domaine côtier et les fonds de baies côtières. Sur l'ensemble du lagon, l'hydrodynamisme, plutôt faible, n'a qu'une action limitée sur les sédiments. La sédimentation fine est nettement prépondérante sur la sédimentation grossière. L'influence terrigène, cantonnée pour l'essentiel au domaine côtier, est réduite et n'est décelable qu'au niveau de la phase fine des sédiments. La sédimentation organogène carbonatée domine très largement. La couleur des sédiments apparaît comme un bon indicateur de l'influence continentale et s'avère intéressante dans la distinction des environnements de dépôt. Les Mollusques, les Foraminifères, les *Halimeda* et les Scléractiniaires jouent un rôle majeur dans l'élaboration de la biophase sédimentaire. Toutefois la répartition des débris coralliens reste étroitement limitée à la proximité des édifices récifaux et la contribution directe du système récifal à la sédimentogénèse de la plaine lagonaire est très réduite. La tendance générale est à une sédimentation biogène autochtone ou para-autochtone dont la nature reflèterait directement la distribution et la composition des peuplements générateurs actuellement en place.

MOTS-CLES : Nouvelle-Calédonie, Lagon, Fonds meubles, Sédimentologie, Bioclastes.

## ABSTRACT

Soft bottoms of the Great Northern Lagoon of New Caledonia (8 400 km<sup>2</sup>) was sampled with a Neyrpic grab according to a three nautical miles regular grid. A total of 206 sediment samples were taken and studied for their textural and granulometric characteristics, terrigenous fraction and colour. These parameters which were mainly used to produce sedimentological maps allowed to select a subsample of 66 stations which are studied in details for their bioclastic composition; examination of quantitative and qualitative variations of skeletal components spacial distribution has also been carried out on this subsample. Six sedimentary environments have been identified, based upon their characteristics in physiography, hydrodynamism and nature of benthic populations. These environments correspond to : passes, inner barrier reef zone, lagoonal plain, central depositional zones, coastal zone and coastal bays. On the lagoon as a whole, hydrodynamism is rather weak and has only a limited action on the sediments. Sedimentation of finest particules predominates over coarse ones. Terrigenous influence, which is restricted to the coastal zone, is weak and could only be detected on muddy fraction of the sediments. The skeletal carbonated sediments dominate largely. Sediment colour seems to be a good indicator of the continental influence and is an interesting criteria for discrimination within the depositional environments. Molluscs, Foraminiferans, *Halimeda* and Corals are quantitatively the most important skeletal contributors present in sediments. However, distribution of Coral debris are limited to the vicinity of reefs and the direct contribution of the reef system to the genesis of the lagoonal sediments is very small. Bioclastic sediment composition, textural and granulometric characteristics as well as the inferred hydrodynamic regime show that the bulk of the sandy bioclastic material is *in situ* and has suffered little transport. Thus the sediments are interpreted as mainly autochtones and this may provide a direct indication of nature and distribution of the source benthic populations living in this lagoon.

KEYWORDS : New Caledonia, Lagoon, Soft bottoms, Sedimentology, Bioclasts.