Évaluation des ressources en poisson du lagon d'Ouvéa

2éme partie : L'environnement physique La biosédimentologie, les Caractéristiques physiques

Michel KULBICKI

CONVENTIONS SCIENCES DE LA MER BIOLOGIE MARINE N° 10

1994

CONTRAT DE DÉVELOPPEMENT ETAT-PROVINCE DES ILES N° 2172 DU 30/11/90

L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPERATION



CENTRE DE NOUMEA

CONVENTIONS

SCIENCES DE LA MER

BIOLOGIE MARINE

N° 10

1994

Évaluation des ressources en poisson du lagon d'Ouvéa

2éme partie : L'environnement physique La biosédimentologie, les Caractéristiques physiques



CONTRAT DE DÉVELOPPEMENT ETAT-PROVINCE DES ILES N° 2172 DU 30/11/90

CENTRE DE NOUMÉA

4200021=32-12 21411 der ' L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPERATION

> F. 010052082



© ORSTOM, Nouméa, 1994

/KULBICKI, M.

(*)(P)

Évaluation des ressources en poisson du lagon d'Ouvéa 2éme partie : L'environnement physique La biosédimentologie, les Caractéristiques physiques

•

Nouméa : ORSTOM. Février 1994. 152 p. Convention : Sci.Mer : Biol Mar; 10

Ø64SEDIM; 125 TELAPPØ5 FOND MEUBLE; RÉCIF; MILIEUPÉLAGIQUE; CARACTÉRISTIQUE PHYSIQUE; BIOSEDIMENTOLOGIE; BIOPHASE; DESCRIPTION; INVENTAIRE DES BIOTOPES; TÉLÉDETECTION SATÉLLITAIRE; FOND MARIN; LAGON; NOUVELLE CALÉDONIE; OUVÉA ILE

> Imprimé par le Centre ORSTOM Février 1994



errata du rapport de convention

BIOLOGIE MARINE N°8

Page n° 2

Etude des benthos de l'atoll d'Ouvéa

Jacques Clavier Claire Garrigue

Page n° 36

-

4

Y

Répartition du mégabenthos dans le lagon d'Ouvéa

Michel Kulbicki Claire Garrigue Georges Bargibant Jean Louis Menou Gérard Mou Tham

SOMMAIRE

Sédimends récents	du lagon d'Ouvéa	
Caractéristiques ph	iysiques du lagon d	l'Ouvéa 47

4

¥

SEDIMENTS RECENTS DU LAGON D'OUVEA

r**e**n

7

Christophe CHEVILLON

- SOMMAIRE -

-

Sommaire	
Résumé	
INTRODUCTION	
MATERIEL & METHODES	
RESULTATS & DISCUSSION	
Couleur des Sédiments Vases et Carbonates Epaisseur de sédiment et fonds durs Classification texturale	
Indices statistiques	
Taille moyenne Triage Asymétrie Normalité	
Composition de la biophase	
Caractéristiques globales Biofaciès Répartition de quelques principaux constituants	
Mollusques Foraminifères Scléractiniaires Halimeda Débris indéterminés	19 20 21 22 22
CONCLUSION	
Bibliographie	
Liste des Figures & Tableaux	
Annexes	
 Coordonnées, bathymétrie, couleur, teneur en carbonates Pourcentages pondéraux	31 33 35
4. Indices statistiques sedimentologiques	

SEDIMENTS RECENTS DU LAGON D'OUVEA

C. Chevillon

ORSTOM, B.P. A5 Nouméa, NOUVELLE-CALEDONIE

RESUME. Les fonds meubles et superficiels du lagon de l'atoll d'Ouvéa font ici l'objet d'une étude sédimentologique descriptive. Un échantillonnage systématique du fond, à raison d'une station tous les deux milles nautiques, a permis la récolte en plongée, et à l'aide d'un petit carottier manœuvré à la main, de 62 échantillons de sédiment. La couleur, la teneur en vase, la teneur en carbonate et la texture des prélèvements, ainsi que les indices statistiques de distribution de taille des grains, ont été déterminés suivant les protocoles classiques de la sédimentologie. En outre, la composition bioclastique de chaque prélèvement a été étudiée par comptage sous une loupe binoculaire. Le lagon d'Ouvéa apparaît comme un ensemble sédimentaire homogène à sédimentation ultra-carbonatée. L'envasement y est faible et présente - fait étrange - une zonation de type lagon côtier. L'épaisseur de la couche sédimentaire est peu importante et les fonds durs sont abondants. Les fonds de la plaine lagonaire sont occupés par des sables légèrement graveleux. A proximité des passes et des édifices récifaux se rencontrent plutôt des sables graveleux tandis que le long de la frange littorale les sables légèrement gravelo-vaseux sont les plus fréquents. Les indices statistiques mettent en évidence un milieu à faible productivité sédimentaire et aux conditions hydrodynamiques homogènes et modérées. Les sables moyens mal triés à distribution symétrique et proche de la normalité dominent largement dans ce lagon. Il n'existe pas de transferts importants de matériel sédimentaire ni d'aires de décantation actives. L'ensemble des paramètres met en évidence les passes les plus importantes dans les échanges lagon/océan : ce sont les passes de la Meurthe, du Taureau, d'Anemata et du Styx. L'étude de la biophase montre que les principaux producteurs de sédiment sont, par ordre d'importance, les bivalves, les gastéropodes, les foraminifères, les scléractiniaires et les Halimeda. Tous groupes confondus, les mollusques dominent très largement. La participation des scléractiniaires à la biophase sédimentaire est extrêmement faible et très localisée. Cinq biofaciès majeurs sont identifiés, il s'agit des associations quantitatives mollusques-foraminifères, mollusques-algues calcaires, mollusques-scléractiniaires, scléractiniaires-mollusques et foraminifères-mollusques.

INTRODUCTION

L'étude sédimentologique du lagon d'Ouvéa s'est déroulée dans le cadre d'une convention tripartite Etat - ORSTOM - Province îles de Nouvelle-Calédonie "Evaluation des ressources en poissons de fond du lagon d'Ouvéa". Toutefois elle s'intègre aussi dans le contexte plus général de l'action de recherche "Reconnaissance et caractérisation des principaux biotopes récifaux et lagonaires" qui est menée au sein du programme Lagon "Connaissance et mise en valeur du lagon de Nouvelle-Calédonie". En ce qui concerne la sédimentologie, les principaux objectifs de cette action de recherche sont la mise en évidence et la caractérisation des grandes unités sédimentaires actuelles ou sub-actuelles, la réalisation de cartes sédimentologiques à grande échelle pour chaque lagon et la compréhension des processus de genèse des sédiments lagonaires à travers l'étude de la composante biogénique et/ou biosomatique du sédiment. Outre le fait qu'elle soit directement impliquée dans l'acquisition de connaissance de bases sur le milieu, la sédimentologie est un facteur important de la distribution des espèces benthiques et des poissons de lagons tropicaux. Elle permet l'approche des conditions hydrodynamiques d'une part, grâce au calcul des indices sédimentologiques qui permettent l'interprétation des courants au niveau du fond et d'autre part, en comparant les données de sédimentologie avec la modélisation mathématique de l'hydrodynamique côtière. La sédimentologie participe aussi à la mise en valeur des ressources lagonaires (relations étroites entre certaines espèces exploitables et la nature du fond, recensement de zones favorables aux extractions de sables et agrégats pour l'industrie du bâtiment) ; c'est enfin un élément de la gestion et de la protection de l'environnement (extractions de matériaux, aménagements littoraux, aménagements lagonaires pour l'industrie touristique).

MATERIEL & METHODES

Les récoltes de sédiment ont été réalisées en suivant un plan d'échantillonnage systématique et selon une maille de 2 miles nautiques. Ce plan déterminait 63 stations (fig. 1) mais du fait de la présence de fonds indurés (Thomassin & Coudray, 1981) seuls 59 échantillons ont en fait été récoltés. Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'un petit carottier à main de 400 cm³ manipulé en plongée. Les stations échantillonnées en sédimentologie sont les mêmes que celles utilisées dans l'étude du benthos et des poissons.



Figure 1.- Carte de localisation des stations de prélèvement

La couleur du sédiment était déterminé à bord sur les échantillons frais en se référant à la charte des couleurs pour les sols de Munsell. Cette charte permet de déterminer précisément la couleur d'un échantillon à l'aide de trois variables combinées : "HUE" (relation entre rouge, jaune, vert, bleu et pourpre), "VALUE" (luminosité) et "CHROMA" (intensité). Un code référençant ces trois variables (par exemple si HUE = 2.5Y, VALUE = 7 et CHROMA = 0, le code est 2.5Y 7/0), ainsi que le nom lui correspondant (dans notre exemple : gris clair) permettent ainsi d'identifier précisément la couleur de chaque échantillon.

Au laboratoire, les échantillons bruts sont mis à sécher pendant 72 h dans une étuve à 60°C puis pesés. La fraction fine (= vases, lutites) est ensuite séparée de la fraction sableuse par tamisage humide sur une maille de 63 μ m (3.98 ¢). Une partie de la fraction fine de chaque échantillon est recueillie dans un vase à décantation, puis déshydratée dans une étuve ; elle sera utilisée pour doser les carbonates au calcimètre. La fraction sableuse est remise à sécher, pesée à nouveau et passée sur une colonne granulométrique de 13 tamis dont les mailles sont : -4.32, -4, -3.32, -3, -2.32, -2, -1.32, -1, 0, 1, 2, 3 et 3.98 ¢ (échelle phi de Krumbein, 1936) (20, 16, 10, 8, 5, 4, 2.5, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125 et 0.063 mm). Les poids des refus de tamis, après transformation en pourcentages pondéraux et en pourcentages pondéraux cumulés, sont utilisés pour le tracé des histogrammes de fréquence et les courbes cumulatives semilogarithmiques (voir en annexe). Les indices statistiques des distributions de taille des grains (taille moyenne, triage, normalité et asymétrie) sont ensuite déterminés à partir des courbes semilogarithmiques selon les formules de Folk & Ward (1957) et la classification de Wentworth (1922).

L'étude de la biophase sédimentaire à été réalisée selon la technique décrite par Masse (1968). Pour chaque échantillon et sur chacun des refus de tamis, 100 débris au minimum doivent être comptés et identifiés sous la loupe binoculaire (c'est donc au minimum 1300 grains par échantillons qui sont identifiés). Pour chaque groupe de constituants et pour chaque refus, nous calculons un pourcentage numéral auquel est affecté le pourcentage pondéral du refus correspondant. La totalisation des résultats donne, en fin d'opération, une idée de la part dévolue à chacun des constituants dans la composition globale du sédiment (tableau I).

Les principales catégories d'organismes qui participent à l'élaboration des sédiments lagonaires en Nouvelle-Calédonie (Chevillon, 1992) sont les suivants : mollusques bivalves, mollusques gastéropodes, mollusques ptéropodes, mollusques scaphopodes, foraminifères, *Halimeda* (articles), rhodophycées, bryozoaires, scléractiniaires, ostracodes, autres crustacés, échinodermes, spongiaires (spicules), alcyonaires (spicules), polychètes (tubes) auxquels il faut ajouter les agrégats, les grains noirs (débris réduits), les grains roux (débris oxydés), les lithoclastes (éléments minéraux terrigènes) et les grains indéterminés (non identifiables).

Un nom de biofaciès (ou faciès biogène) est ensuite attribué à chaque échantillon suivant une classification bi- ou tri-nominale ordonnée des constituants majeurs. Par exemple, si les trois premiers constituants bioclastiques sont par ordre d'importance les mollusques, les algues calcaires et les foraminifères, le nom du biofaciès sera "MOLALGFOR".

		Constituants A, B, C,					
Fraction	Poids	% numéral	% pondéral				
1	P1	A1, B1, C1	P1A1, P1B1, P1C1				
2	P2	A2, B2, C2	P2A2, P2B2, P2C2				
:	:	:	:				
n	Pn	An, Bn, Cn	PnAn, PnBn, PnCn				
		Total :	A%, B%, C%				

Tableau I.- Méthode de comptage des constituants bioclastiques (selon Masse, 1968)

Dans le cas d'une classification binominale ("MOLALG"), un sous-faciès peut en outre être déterminé en faisant intervenir le troisième constituant et la distinction entre les différents groupes de mollusques, entre les articles d'*Halimeda* et les rhodophycées au sein des algues calcaires ou encore entre les ostracodes et les autres crustacés. Ainsi un biofaciès MOLALG pourra donner par exemple un sous-faciès "GastHalFor".

RESULTATS & DISCUSSION

COULEUR DES SEDIMENTS

Les sédiments du lagon de l'atoll d'Ouvéa présente une grande homogénéité en ce qui concerne leur couleur (fig. 1 bis) : 89 % des échantillons ont la même teinte gris clair, quasiment blanche (10 YR 7/2 ou 2.5 Y 7/2, c'est à dire "light gray" en référence à la table de Munsell). Trois autres teintes, toujours claires, ont toutefois été identifiées mais ne sont représentées que par un faible nombre d'échantillons (2 à 5 % soit 1 à 3 échantillons) : 10 YR 7/3 (very pale brown - "marron très clair"), 5Y7/3 (pale yellow - "jaune clair") et 10 YR 6/4 (yellowish brown - "marron jaunâtre").

La couleur des sédiments est un facteur généralement intéressant pour la différenciation des unités sédimentologiques (Chardy *et al.*, 1988 ; Chevillon, 1992 ; Debenay 1985a, 1985b, 1987b, 1988b ; Salvat 1964). Ainsi, le fait que 89% des échantillons présentent la même couleur, annonce déjà une certaine homogénéité dans la structure sédimentaire du lagon d'Ouvéa.

Enfin, la couleur exclusivement claire des sédiments, cas similaire à celui du lagon des Chesterfield (Chevillon & Clavier, 1990), peut être mise en rapport avec l'absence d'influence "terrigène"⁽¹⁾ et l'absence de milieu réducteur (Chevillon, 1992; Debenay 1985a, 1986, 1987b, 1988b; Maiklem, 1967).

¹au sens d'une influence terrestre de type continentale, non-calcaire et non-organogène



Figure 1 bis : Fréquence de distribution des différentes teintes de sédiment dans le lagon d'Ouvéa (Lg1 : 10 YR 7/2 - gris clair ; Lg2 : 2.5 Y 7/2 - gris clair ; Vpb : 10 YR 7/3 - marron très clair ; Py : 5 Y 7/3 - jaune clair ; Yb : 10 YR 6/4 marron jaunâtre)

VASES ET CARBONATES

La teneur en carbonates des sédiments est utilisée ici pour classer les échantillons en faciès qui sont eux même subdivisés en sous-faciès sur la base de leur teneur en vase (carbonatée + terrigène) (Maxwell, 1968; Flood *et al.*, 1978). Il en résulte la structure suivante :

Faciès	Sous-faciès	Fréquence
(1) Carbonaté pur (CO ₃ Ca > 90%)		
	(a) non-envasé (vase < 1%)	14.3%
	(b) faiblement envasé (10% > vase > 1%)	
	(c) modérément envasé (20% > vase > 10%)	
(2) Fortement carbonaté ($90\% > CO_3Ca > 80\%$).		
	(a) non-envasé	
	(b) faiblement envasé	
	(c) modérément envasé	
	(d) fortement envasé (40% > vase > 20%)	

Seuls les deux faciès les plus carbonatés ("fort" et "pur") sont donc représentés dans ce lagon - il en existe 6 au total : carbonate pur, fortement carbonaté, carbonate impur, transition, terrigène et fortement terrigène - ce qu'il faut attribuer, comme la couleur toujours claire des sédiments, à l'absence d'apports terrigènes (non-organogènes et non carbonatés). Les teneurs en carbonates sont comprises entre 84.7 et 96% avec une valeur moyenne de 89.9%. Nous sommes donc en présence d'une sédimentation ultra-carbonatée.

Dans ce lagon d'atoll corallien le dosage des carbonates ne permet d'ailleurs pas de mettre en évidence les apports terrestres puisque ceux-ci sont aussi de nature calcaire organogène. Toutefois, si l'on se réfère à la carte de répartition des carbonates (fig. 2), on observe une nette partition entre les sédiments "externes", purement carbonatés, et les sédiments "internes" ou sous influence du rivage qui appartiennent au faciès des sédiments fortement carbonatés. Le déficit relatif en carbonates (4 à 15%) peut-être attribué au matériel silico-bioclastique (clastes siliceux d'origine biologique tels, par exemple, que les spicules de spongiaires) existant dans les sédiments des milieux coralliens.

En ce qui concerne la teneur en vase des sédiments, nous ne trouvons que les 4 premiers sousfaciès (non envasé à fortement envasé) (fig. 3a). Les sous-faciès manquants sont : très fortement envasé En ce qui concerne la teneur en vase des sédiments, nous ne trouvons que les 4 premiers sousfaciès (non envasé à fortement envasé) (fig. 3a). Les sous-faciès manquants sont : très fortement envasé (40 à 60% de vase), vase dominante (60 à 80%) et vase pure (+ de 80%). La quantité de vase dans le sédiment est comprise entre 0.08% et 22.1% avec une moyenne de 5.6% (faiblement envasé). Les teneurs en vase les plus "importantes" (10 à 22 %) sont observées le long du rivage (fig. 3b). Dans le reste du lagon et à quelques rares exceptions près, l'envasement est très faible (<5%), surtout à proximité des principales passes (<1%). La répartition des vases diffère notablement de la structure habituellement observée dans les atolls, où les plus fortes concentrations en vase se rencontrent au milieu du lagon (Maxwell *et al.*, 1964 ; Guilcher *et al.*, 1969), comme cela a effectivement été observé aux Chesterfield (Chevillon & Clavier, 1990) ou dans le lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie (Chevillon & Clavier, 1988 ; Chevillon, 1992) ; la distribution observée est par contre plus proche de ce qui est décrit sur les lagons de la Grande Barrière Australienne (Maxwell, 1968 ; Flood & Scoffin, 1978 ; Flood *et al.*, 1978 ; Flood & Orme, 1988) ou sur les lagons côtiers de Nouvelle-Calédonie (Debenay, 1987 ; Chevillon, 1989 ou sous presse -côte est).



Figure 2.- Carte de répartition des faciès carbonatés



Figure 3a.- Distribution de fréquence des faciès d'envasement



Figure 3b.- Carte de répartition de la teneur en vase des sédiments

Le schéma de répartition des vases peut résulter d'une part, de la présence de la partie émergée de l'atoll qui protège les eaux côtières des vents dominants - partie qui est aussi probablement une source non négligeable d'apports en particules fines - et d'autre part, de la présence d'une barrière discontinue qui n'offre qu'une protection limitée au phénomène de lessivage (contrôle morpho-dynamique de la répartition des vases).

EPAISSEUR DE SEDIMENT ET FONDS DURS

Le lagon est caractérisé par la faible épaisseur de la couverture sédimentaire (5.4 cm en moyenne) excepté près des Pleïades du nord où elle dépasse fréquemment 20 cm. L'épaisseur la plus faible (< 1 cm) est observée le long des Pleïades du sud (fig. 4).

Les zones de fonds durs, qui sont plus souvent représentées par une dalle calcaire que par des formations coralliennes, sont très répandues. Leur distribution est bien sûr liée à l'épaisseur de sédiment. La couverture de fonds durs sur la plus grande partie du lagon est d'environ 20% mais peut atteindre 60% le long des Pleïades du sud. La valeur moyenne est de 31% ce qui est plus élevé que dans le lagon sud de Nouvelle-Calédonie (5%) (Chardy *et al.*, 1988) ou que dans le lagon des Chesterfield (20%) (Chevillon & Clavier, 1990).

CLASSIFICATION TEXTURALE

Sur les 16 groupes que comprend la classification texturale de Folk (1954) - basée sur le pourcentage de gravier et le ratio sable sur vase - 7 sont présents dans la lagon d'Ouvéa : les graviers, les graviers sableux, les graviers sable-vaseux, les sables graveleux, les sables légèrement graveleux et les sables légèrement gravelo-vaseux. Un huitième groupe est constitué par les fonds durs. Nous noterons, étant donné le faible envasement général de ce lagon, l'absence de la catégorie "vase". Les groupes les plus communs sont ceux des sables légèrement graveleux (50.9%) plutôt représentatif de la plaine lagonaire, des sables graveleux (25.4%) qui apparaissent caractéristiques des zones situées à proximité du récif barrière et des passes (périphérie de la plaine

plutôt représentatif de la plaine lagonaire, des sables graveleux (25.4%) qui apparaissent caractéristiques des zones situées à proximité du récif barrière et des passes (périphérie de la plaine lagonaire) et enfin les sables légèrement gravelo-vaseux (11.9%) qui se rencontrent exclusivement le long de la bande côtière plus envasée (fig. 5a & 5b).



Figure 5a. - Distribution de fréquence des groupes texturaux (G : gravier ; GS : gravier sableux ; GSV : gravier sablo-vaseux ; SG : sable graveleux ; SLG : sable légèrement graveleux ; SGV : sable gravelo-vaseux ; SLGV : sable légèrement gravelo-vaseux)

La carte de répartition des types sédimentaires met bien en évidence les passes les plus actives dans les échanges lagon/océan : ce sont les passes du Taureau, d'Anemata, de la Meurthe et du Styx (fig. 5b). Les nombreuses autres ouvertures dans la barrière récifale ne semble pas avoir d'effet significatif sur la couverture sédimentaire. Cette carte permet aussi de constater une différence de fonctionnement, qu'il serait intéressant d'approfondir ultérieurement, entre les deux barrières qui enserrent le lagon : il est clair en effet, que l'impact de la barrière sur la sédimentologie, n'est pas du tout le même le long des Pleïades du Nord (portion comprise entre la passe d'Anemata et la passe du Taureau) que le long des Pleïades du Sud (portion comprise entre la passe d'Anemata et la passe du Styx).



Figure 5b.- Carte de répartition des groupes texturaux

INDICES STATISTIQUES

Taille moyenne

La distribution de fréquence des valeurs de la taille moyenne montre un regroupement des valeurs en deux pôles d'inégale importance (fig. 6a). Le premier groupe correspond au sables grossiers à fins (Mz = 0 à 3 ϕ) et représente 92% des échantillons. Il est essentiellement constitué de sables moyens (61% des prélèvements) qui couvrent la plus grande partie des fonds du lagon (fig. 6b). Nous noterons aussi la présence d'une zone de sables fins en face de Fayaoué. Le second groupe correspond à la catégorie des galets (Mz = -2 à -6ϕ), qui ne représentent que 8% des échantillons et sont typiquement localisés le long de la barrière récifale à proximité des passes principales.







Figure 6b.- Carte de répartition de la taille moyenne des sédiments

Triage

La plupart des valeurs du triage sont comprises entre 1 et 2 ϕ (80% des prélèvements) ce qui correspond à un mauvais triage (fig. 7a). Cette large prédominance des sables moyens mal triés est caractéristique de sédiments peu évolués et traduit une faible activité des agents hydrodynamiques (faible transfert de matériel). Selon Weydert (1976) ces valeurs indiqueraient une sédimentation rapide dans un environnement hydrodynamique homogène. Les seuls variations significatives sont encore une fois observées au voisinage des passes les plus importantes (fig. 7b) où les sédiments sont très mal triés (7% des échantillons), ainsi que le long des Pleïades du Nord où l'on trouve l'essentiel des sédiments modérément triés (12% des prélèvements). La zone de plus forte énergie (galets bien triés) s'avère être la passe du Taureau (station n°36).



Figure 7a.- Distribution de fréquence des classes de triage

(TBT : très bien trié, BT : bien trié, ModBT : modérement bien trié, ModT : modérément trié, TMT : mal trié, TMT : très mal trié, EMT : extrêmement mal trié)



Figure 7b. Carte de répartition du triage des sédiments

Asymétrie

La distribution de fréquence des valeurs de l'asymétrie (fig. 8a) indique que la moitié des échantillons ont une distribution de taille de grains quasi-symétrique. En outre, nous remarquerons un équilibre relatif entre les sédiments à asymétrie négative ou très négative et les sédiments à asymétrie positive ou très positive. Ces données reflètent un équilibre dans la production de matériel fin ou de matériel grossier. Les valeurs extrêmes ne représentent qu'un faible pourcentage ce qui, associé à la faible épaisseur moyenne de sédiment, traduit une faible production générale de sédiment et l'absence d'aires de décantation active ou de zones de transfert de matériel (ces zones se traduiraient par un excès de particules fines - décantation - ou grossières - lessivage - ayant pour conséquence des valeurs de l'asymétrie très positives ou très négatives). Enfin, et encore une fois, les plus importantes variations spatiales sont observées (fig. 8b) au voisinage des passes les plus actives (sédiments à asymétrie positive ou très positive) et des Pleïades du Nord où nous trouvons une vaste zone de sédiments à asymétrie négative ; nous remarquerons que cette dernière correspond assez bien à la zone de plus forte épaisseur de la couverture sédimentaire (fig. 4).



Figure 8a.- Distribution de fréquence des valeurs de l'asymétrie (ATN : asymétrie très négative ; AN : asym. négative ; S : symétrie AP : asymétrie positive, ATP :asymétrie très positive)



Figure 8b.- Carte de répartition de l'asymétrie de sédiments

Normalité

L'examen de la figure 9a montre que les échantillons présente pour l'essentiel des distributions de grains proches de la normalité (47% ont une normalité accusée et 32% une normalité moyennement accusée). Du point de vue hydrodynamique, nous pouvons en déduire tout au plus que la tendance est à des agents hydrodynamiques modérés, ni très forts, ni très faibles. Ceci est confirmé par l'absence de forts pourcentages dans les valeurs extrêmes. La distribution spatiale des valeurs de la normalité est présentée à la figure 9b.



Figure 9a.- Distribution de fréquence des valeurs de la normalité (EA : extrêmement accusée, TA : très accusée, A : accusée, MA : modérément accusée, PA : peu accusée, TPA : très peu accusée)



Figure 9b. Carte de répartition de la normalité des sédiments

Sans vouloir entrer dans le détail de l'interprétation d'une dynamique sédimentaire qui n'aurait pas sa place dans ce document, nous signalerons toutefois que les résultats apportés par l'étude des indices statistiques sédimentologiques sont caractéristiques d'un milieu où la production de sédiment est faible et où les conditions hydrodynamiques sont homogènes et peu actives.

COMPOSITION DE LA BIOPHASE

Caractéristiques globales

La biophase sédimentaire du lagon d'Ouvéa est très largement dominée par les mollusques qui, toutes subdivisions confondues (bivalves, gastéropodes, scaphopodes, ptéropodes, et indifférenciés) représentent un peu plus de 51% des constituants du sédiment (fig. 10). Parmi ces mollusques, les bivalves sont les premiers producteurs de bioclastes avec 20.8 % ce qui réprésente près du double de la production des gastéropodes (10.78%). Les mollusques sont suivis de très loin par les foraminifères (6% des constituants de la biophase), les scléractiniaires (4%) ou les *Halimeda* (2%). Les rhodophycées, les crustacés, les échinodermes et les bryozoaires ne représentent qu'une faible part des bioclastes avec des fréquences comprises entre 0.5 et 1% selon les organismes. La catégorie "autres" (3.22%) regroupe les alcyonaires (0.2%), les spongiaires (0.06%), les tubes calcaires (0.56%), les agrégats (0.83%), les débris réduits (1.42%), les débris oxydés (0.15%) et les lithoclastes (0%). Nous noterons au passage l'importance relative des débris indéterminés (usure, fractionnement) qui est surtout dû au fait que nous vaons inclus dans nos comptages les petites classes de taille (en dessous de 0.25 mm, le pourcentage d'indéterminés augmente considérablement).



Figure 10. Composition moyenne de la biophase sédimentaire du lagon d'Ouvéa (n=59) (Biv : mollusques bivalves ; Gast : mollusques gastéropodes ; Mol. Ind. : mollusques indifférenciés ; Tot. Mol. : total mollusques ; Fo : foraminifères ; Scle : scléractiniaires ; Hal : *Halimeda* ; Rho : rhodophycées ; Talg : total algues calcaires ; Cru : crustacés indifférenciés ; Ost : crustacés ostracodes Tcru : total crustacés ; Ech : échinodermes ; Bryo : bryozoaires ; Ind : débris indéterminés)

Biofaciès

Sur la base d'une classification binominale ordonnée, ce sont 5 biofaciès majeurs qui ont été identifiés dans le lagon d'Ouvéa. Le plus fréquent d'entre eux est représenté par l'association mollusques-foraminifères (biofaciès MOLFOR) présent dans 61% des échantillons. Parmi les autres biofaciès, 20% des échantillons présentent un faciès à mollusques et algues calcaires (MOLALG), 18%

Tableau II.- Fréquence des différents sousfaciès (bi : mollusques bivalves, gas : gastéropodes, for : foraminifères, hal : *Halimeda*, rho : rhodophycées, mad : madréporaires, cru : crustacés, ost : ostracodes, échi : échinodermes, alcyo : alcyonaires, bry : bryozoaires)

Sous-Faciès	Fréquence
Biforhal	25%
Biforcru	12%
Biforéchi	8%
Biformad	5%
Biforost	3%
Biforalcyo	3%
Gasforbry	2%
Bihalfor	19%
Bihalcru	2%
Gashalmad	2%
Bihalmad	2%
Bimadhal	3%
Gasmadhal	3%
Gasmadfor	3%
Bimadcru	2%
Madbifor	2%
Madgasbry	2%
Forbirho	2%

l'association mollusques-madréporaires (ou scléractiniaires) (MOLMAD 15% et MADMOL 3%) et 1% un faciès à foraminifères et mollusques (FORMOL).

Nous remarquerons que les mollusques apparaissent comme le premier constituant de la biophase dans 95% des cas. Au sein de ces mollusques, ce sont les bivalves qui arrivent en tête dans 83% des cas. Ces derniers dominent donc largement la biophase de ce lagon. Il existe cependant quelques rares cas dans lesquels scléractiniaires ou foraminifères se substituent aux mollusques en tant que premiers constituants (respectivement 3 et 2% des cas soit 2 et 1 cas sur 59).

Le deuxième constituant est exclusivement représenté par les foraminifères (61% des cas), les *Halimeda* (20%), les scléractiniaires (14%) ou les bivalves (5%). Le troisième enfin est représenté, dans l'ordre, par les *Halimeda* (32% des cas), les foraminifères (20%), les crustacés (15%), les échinodermes (10%), les scléractiniaires (8%) et dans 3% des cas par les rhodophycées, les spicules d'alcyonnaires, les bryozoaires ou les crustacés bivalves ostracodes. Il faut prendre note que si la chute de l'importance quantitative est déjà forte entre premier et 3 à 7% pour le deuxième), elle l'est encore plus entre le deuxième et le troisième (de 1 à 5% mais le plus souvent moins de 3%).

La distinction des différents composants des mollusques, des algues ou des crustacés et l'adjonction du troisième constituant mènent à la distinction, au sein des 5 biofaciès majeurs, de 18 sous-faciès. Ces faciès et leur fréquences respectives sont présentées au tableau II.

Répartition de quelques principaux constituants

Mollusques

L'examen de la répartition des principaux débris montre que les mollusques, constituants majeurs de la biophase, sont en plus grande densité dans le centre du lagon (>60%) et - à l'exception d'une tâche centrale (>70%) - plutôt dans la moitié est (fig. 11). Des densités du même ordre se rencontrent encore en tâches isolées le long des plages sableuses du littoral est de l'île. Hormis quelques points particuliers, nous observons donc un gradient décroissant de la densité en mollusques depuis le centre du lagon vers sa périphérie. Le phénomène est particulièrement net dans le cas des deux barrières récifales (Pléiades du nord et du sud); il l'est moins dans le cas de la zone sableuse littorale.

La distribution des bivalves est très proche de celle des Mollusques en général, avec deux tâches de densité supérieure à 30% dans la partie centrale du lagon et une densité supérieure à 20% dans quasiment toute la moitié est (fig. 12). En ce qui concerne la répartition des gastéropodes (fig. 13), nous observons deux tâches ou les densités dépassent 20% (jusqu'à 40 voire 50%), l'une située dans la partie centrale, l'autre près de la barrière nord entre la passe du Taureau et celle de la Baleine. Sur le reste du lagon la densité en gastéropodes est généralement comprise entre 5 et 20%. La répartition des gastéropodes ne semble donc pas être régie par des facteurs d'ordre géomorphologiques (fig. 13).

Il est intéressant de constater que la distribution des fragments de mollusques ne correspond pas à la distribution des individus vivants exprimés en abondance ou biomasse (Clavier *et al.*, 1992; Clavier, 1993). Il y a par contre une bonne concordance avec la distribution des poissons se nourrissant de mollusques (Kulbicki *et al.*, in prep.).



Figure 11. Carte de répartition des mollusques (total des tests de mollusques identifiés) Les chiffres sont exprimés en pourcentages



Figure 12. Carte de répartition des tests de bivalves. Les chiffres sont exprimés en pourcentages



Figure 13. Carte de répartition des tests de gastéropodes. Les chiffres sont exprimés en pourcentages

Foraminifères

Les foraminifères se rencontrent globalement suivant un gradient positif est-ouest et l'on passe de densités de 1% - le long de la zone sableuse littorale et dans la majeure partie de la moitié est de la plaine lagonaire - à des densités allant jusqu'à 30% à la pointe ouest du lagon (passe d'Anemata). Nous remarquerons que le gradient de densité en foraminifères dans la biophase coïncide avec le gradient de bathymétrie, le fond du lagon étant en pente douce de l'est vers l'ouest. L'examen simultané de la carte de répartition des mollusques ou des bivalves et de celle des foraminifères peut par ailleurs laisser penser qu'au delà de 20 mètres de profondeur les mollusques laissent progressivement la place aux foraminifères (fig. 14). Selon Kulbicki *et al.* (in prep.), la zone sur laquelle nous rencontrons le plus de foraminifères correspond à une zone de maximum de PUE (Prise par Unité d'Effort) pour les poissons.



Figure 14. Carte de répartition des tests de foraminifères. Les chiffres sont exprimés en pourcentages

Scléractiniaires

Sur la majeure partie de la plaine lagonaire, les scléractiniaires ou madréporaires, qui ne représentent que 4% en moyenne de la biophase de ce lagon d'atoll océanique, se rencontrent à des densité comprises entre 0 et 5% et souvent inférieures à 1% (fig. 15). A proximité immédiate de certaines passes, leur densité dépasse 5 voire 30% pour atteindre au maximum 50% (passe du Taureau, passe d'Anemata, passe du Styx). Selon Kulbicki *et al.* (in prep.), la localisation des maximum de scléractiniaires coïncide avec des zones ressortant bien sur les images satellites et qui correspondrait à la présence de forts courants. Le fait est que cette localisation correspond aussi, du point de vue de la sédimentologie, avec l'envasement le plus faible (fig. 3b), avec la plus faible épaisseur de sédiment (fig. 4), avec les sédiments les plus grossiers (fig. 5b & 6b) et avec les valeurs très positives de l'asymétrie (fig. 8b). Or, ces paramètres sédimentologiques sont effectivement caractéristiques d'un milieu à hydrodynamisme intense où les sédiments sont lessivés par de forts courants.



Figure 15. Carte de répartition des débris de scléractiniaires. Les chiffres sont exprimés en pourcentages

Halimeda

La carte de répartition des articles d'Halimeda est présentée figure 16. Aux abords des passes et de la barrière, leur densité est en général inférieure à 1%. C'est le long de la zone littorale que se rencontrent les plus fortes densités avec jusqu'à 20% d'articles d'Halimeda dans la composition du sédiment. Dans cette zone littorale, la présence en grande quantité d'articles d'Halimeda coïncide bien avec la présence d'importantes prairies à Halimeda. Dans la partie plus profonde du lagon la situation n'est pas la même et il arrive que sur certaines stations (56 et 100) aucune Halimeda vivante n'ait été répertoriée là où nous avons trouvé des articles morts (Garrigue, comm. pers.).

Débris indéterminés

Le pourcentage de débris indéterminés dans nos comptages est de 20 à 30% sur l'ensemble du lagon (Fig. 17). Dans les zones périphériques (barrières récifales ou frange littorale), les valeurs sont fréquemment supérieures à 30% et peuvent atteindre 40 voire 50%. Cette augmentation peut être attribuée à un accroissement de l'intensité des agents hydrodynamiques qui fractionnent, roulent et usent les grains, rendant leur identification plus délicate. Il ne faut pas perdre de vue par ailleurs, que la part de débris indéterminés peut-être envisagée comme composée des mêmes proportions que la partie identifiée de la biophase. Ainsi nous pourrions admettre que dans les 29% d'indéterminés, nous ayons 51% de mollusques, 6% de foraminifères, 4% de scléractiniaires, etc...



Figure 16. Carte de répartition des articles d'Halimeda. Les chiffres sont exprimés en pourcentages



Figure 17. Carte de répartition des éléments indéterminés. Les chiffres sont exprimés en pourcentages

CONCLUSION

Les fonds meubles du lagon d'Ouvéa présentent une structure sédimentaire considérablement homogène que ce soit en termes de texture, d'indices sédimentologiques, de couleur des échantillons, de teneur en carbonate ou en vase, de composition bioclastique ou encore d'hydrodynamique sédimentaire. Ces fonds peuvent, par exemple, être décrits par trois types texturaux (alors qu'il en existe 15) : les sables légèrement graveleux, qui occupent les fonds de la plaine, les sables graveleux, que l'on trouve à proximité des récifs et des passes et les sables gravelo-vaseux, qui se rencontrent le long de la frange littorale. Si nous considérons les indices statistiques utilisés en sédimentologie, il s'avère que la quasitotalité de la plaine lagonaire est constituée de sables moyens, mal triés, à distribution symétrique et proche de la normalité. En outre, pratiquement tous les échantillons (89%) présentent la même teinte gris clair, presque blanche et ils ont tous des teneurs en carbonate très élevées (84.7 à 96% de CaCO3) et contiennent très peu de vase (5.6% en moyenne). En termes de composition bioclastique, les mollusques apparaissent comme premier constituant de la biophase dans 95% des cas. Enfin, et toujours pour souligner cette homogénéité de la structure sédimentaire, trois biofaciès majeurs suffisent à caractériser 96% des fonds du lagon : MOLFOR (61% des échantillons), MOLALG (20%) et MOLMAD (15%).

Ce lagon présente par ailleurs quelques caractéristiques bien particulières telles que la faible épaisseur générale de la couche sédimentaire (5.4 cm en moyenne), une distribution de l'envasement étonnamment proche de ce que l'on peut rencontrer dans un lagon de type côtier (Chevillon, 1989) ou encore, une importante proportion (31%) des fonds durs (dalle calcaire ou formations coralliennes) sur la plaine lagonaire. La sédimentation, exclusivement carbonatée et biogène, s'accompagne d'une faible production avec absence d'aires de décantation actives et d'importantes zones de transfert de matériel, c'est à dire de lévigation ou de lessivage (du moins en dehors des principales passes). La production est bien équilibrée en proportions, avec autant de particules fines que de particules grossières. L'ensemble de ces caractéristiques découlent d'ailleurs, pour la plupart, des conditions hydrodynamiques et sédimentologiques régnantes dans ce lagon. En effet, les paramètres étudiés ont bien mis en évidence l'existence de conditions hydrodynamiques homogènes et modérées. Nous avons pu en outre, faire ressortir une différence de fonctionnement entre les deux barrières récifales qui enserrent le lagon, dont la trace se fait nettement sentir au niveau de l'impact sur la sédimentologie. Il y a là un problème intéressant qui devra être approfondi ultérieurement. Enfin, notre étude a permis de révéler les passes les plus actives dans les échanges entre le lagon et l'océan environnant : il s'agit des passes du Taureau, d'Anemata, de la Meurthe et du Styx ; au niveau de la passe du Taureau, nous avons trouvé des galets bien triés ce qui représente des conditions extrêmes pour ce lagon.

La biophase sédimentaire est, pour sa part, caractérisée par une dominance très marquée des mollusques (51% des constituants squelettiques) et, en leur sein, des bivalves dont la fréquence (20.8%) est pratiquement le double de celle des gastéropodes (10.78%). Ceux-ci sont suivis de très loin par les foraminifères (6%), les scléractiniaires (4%) et les articles d'Halimeda (2%). Un point extrêmement

important est la faible participation, dans ce système pourtant purement corallien, des scléractiniaires à l'élaboration des sédiments du lagon. Outre, le chiffre de 4% précédemment cité, ceux-ci n'apparaissent comme premier constituant que dans 3% des cas et comme deuxième constituant que dans 14% des cas. C'est un fait que nous avions déjà mis en évidence dans le Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie (Chevillon, 1992). La relation entre thanatocoenoses et biocoenoses n'apparaît pas simple. Selon Clavier *et al.* (1992) et Clavier (1993), la distribution des débris de Mollusques bivalves et gastéropodes ne correspond pas à celle des individus vivants exprimée en biomasse ou en abondance ; par contre selon Kulbicki *et al.* (in prep.) elle correspond bien avec la distribution des poissons se nourrissant de mollusques. En zone côtière, il existe une bonne correspondance entre la présence d'articles morts d'*Halimeda* et celle des prairies actuelles (Garrigue, comm. pers.) ; ce n'est plus le cas dans les zones plus centrales du lagon où les débris rencontrés auront donc été transportés. Enfin, il semblerait qu'au-delà de 20 m de profondeur, la domination des mollusques s'estompe au profit des foraminifères, dont les fortes concentrations correspondent par ailleurs au maximum de PUE en poissons (Kulbicki *et al.*, in prep.).

Les données recueillies et les résultats acquis dans le lagon d'Ouvéa, qui s'ajoutent à ceux déjà obtenus dans les lagons sud (Chardy *et al.*, 1988 ; Chevillon, 1985, 1986 ; Chevillon & Richer de Forges, 1988 ; Debenay, 1985, 1986, 1987a, 1987b, 1988), est (Chevillon, 1989a, 1989b & 1989c) et nord (Chevillon & Clavier, 1988 ; Chevillon 1990 ; Chevillon, 1992) ainsi qu'aux îles Chesterfield (Chevillon & Clavier, 1990 ; Chevillon *et al.*, sous presse ; Richer de Forges et al., 1988) devraient nous permettre une meilleure compréhension du fonctionnement de ces écosystèmes complexes et très particuliers qui se développent en milieux coralliens et lagonaires.

BIBLIOGRAPHIE

- Chardy P., Chevillon C. & Clavier J., 1988. Major benthic communities of the south-west lagoon of New Caledonia. Coral Reefs, 7: 69-75.
- 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.
- 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. Tech.*, ORSTOM, Nouméa, n°40, 13 p.
- Chevillon C., 1989a. Sédimentologie descriptive et cartographie des fonds meubles du lagon de la côte est de Nouvelle-Calédonie. Carte de répartition des Types Granulométriques, 1/200 000, ORSTOM, Nouméa (couleur).
- Chevillon C., 1989b. Sédimentologie descriptive et cartographie des fonds meubles du lagon de la côte est de Nouvelle-Calédonie. Carte de répartition des Lutites, 1/200 000, ORSTOM, Nouméa (couleur).
- Chevillon C., 1989c. Sédimentologie descriptive et cartographie des fonds meubles du lagon de la côte est de Nouvelle-Calédonie. Carte de répartition des Carbonates, 1/200 000, ORSTOM, Nouméa (couleur).
- Chevillon C., 1990. Biosédimentologie du Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie : caractérisation des faciès sédimentaires par l'analyse en composantes principales. Proc. 8th Int. Soc. for Reef Studies Congress (ISRS), Nouméa (New Caledonia), pp. 165-172.
- Chevillon C., 1992. Biosédimentologie du Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie. *Etudes & Thèses*, ORSTOM (Ed.), Paris, 224 p.
- Chevillon C. & Clavier J., 1988. Sedimentlogical structure of the northern lagoon of New Caledonia. Proc. 6th. Int. Coral Reef Symp., Townsville (Australia), Vol. 2, pp. 589-594.
- Chevillon C. & Clavier J., 1990. Résultats préliminaires sur la sédimentologie du lagon des îles Chesterfield (Nouvelle-Calédonie). Proc. 8th Int. Soc. for Reef Studies Congress (ISRS), Nouméa (New Caledonia), pp. 173-178.
- Chevillon C. & Richer de Forges B., 1988. Sediments and bionomic mapping on soft bottoms in the south-western laggon of New Caledonia. *Proc. 6th. Int. Coral Reef Symp.*, Townsville (Australia), Vol. 2, pp. 589-594.
- Chevillon C., Rico E. & Sonnier E., (sous presse). Sedimentological map of the lagoon of Chesterfield islands (New Caledonia). 1/250 000, ORSTOM, Nouméa (bilingual English-French & colour).
- Clavier J., Garrigue C., Bargibant G., Di Matteo A., Hamel P., Kulbicki M. & Urbain R., 1992. Etude quantitative du benthos dans le lagon d'Ouvéa. Liste taxonomique, densité et biomasses du macrobenthos, ATP, pigments photosynthétiques et matière organique dans le sédiment. *Rapp. Sci. Tech., Sci. Mer, Biol. Mar.,* ORSTOM, Nouméa, 64 : 1-71.
- Clavier J., 1993. Etude du benthos de l'atoll d'Ouvéa. In : Evaluation des ressources en poissons du lagon d'Ouvéa.
 1- L'environnement biologique : le macrobenthos, le mégabenthos et le plancton. Rapp. Conv., Sci. Mer, Biol. Mar., ORSTOM, Nouméa, 8 : 3-35.
- Debenay J.P., 1985a. Recherches sur la sédimentation actuelle et les thanatocoenoses 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., 1986. Un modèle de lagon actuel transposable à des paléoenvironnements récifaux : le lagon sudouest 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., 1988. 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.
- 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 vecinity 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., 1954. Petrology of sedimentary rocks. Austin, Hemphill's, 154 p.
- Folk R.L. & Ward W.C., 1957. Brazos river bar : a study of significance of grain size parameters. Journ. Sedim. Petrol., 27 : 3-26.
- Kulbicki M., Dupont S., Dupouy C., Bargibant G., Hamel P., Menou J.L., Mou THam G., & Tirard P., (sous presse). Caractéristiques physiques du lagon d'Ouvéa. *Rapp. Conv., Sci. Mer, Biol. Mar.*, ORSTOM, Nouméa.
- Guilcher A., Berthois L., Doumenge F., Michel A., Saint-Requier A., Arnold R., 1969. Les récifs et lagons coralliens de Mopélia 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Richer De Forges B., Chevillon C., Laboute B., Bargibant G., Menou 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.
- Salvat B., 1964. Prospections faunistiques en Nouvelle-Calédonie dans le cadre de la mission d'études des récifs coralliens. *Cah. Pac.*, 6 : 77-119.
- 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. 4th Coral Reefs Symp., Manila, 1: 511-522.
- Wentworth C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journ. Geol., 30: 377-392.
- Weydert P., 1976. Manuel de sédimentologie et d'arénologie. Pub. Lab. Sédim. Mar. Luminy, Marseille, 61 p.

LISTE DES FIGURES & TABLEAUX

-

.

Figure 1 Carte de localisation des stations de prélèvement	7
Figure 1 bis Fréquence de distribution des différentes teintes de sédiment dans le lagon d'Ouvéa	9
Figure 2 Carte de répartition des faciès carbonatés	
Figure 3a Distribution de fréquence des faciès d'envasement	10
Figure 3b Carte de répartition de la teneur en vase des sédiments	
Figure 4 Epaisseur du sédiment	
Figure 5a Distribution de fréquence des groupes texturaux	
Figure 5b Carte de répartition des groupes texturaux	
Figure 6a Distribution de fréquence des valeurs de la taille moyenne	
Figure 6b Carte de répartition de la taille moyenne des sédiments	14
Figure 7a Distribution de fréquence des classes de triage	14
Figure 7b Carte de répartition du triage des sédiments	
Figure 8a Distribution de fréquence des valeurs de l'asymétrie	15
Figure 8b Carte de répartition de l'asymétrie de sédiments	
Figure 9a Distribution de fréquence des valeurs de la normalité	
Figure 9b Carte de répartition de la normalité des sédiments	
Figure 10 Composition moyenne de la biophase sédimentaire du lagon d'Ouvéa	
Figure 11 Carte de répartition des mollusques	
Figure 12 Carte de répartition des tests de bivalves.	
Figure 13 Carte de répartition des tests de gastéropodes.	
Figure 14 Carte de répartition des tests de foraminifères.	
Figure 15 Carte de répartition des débris de scléractiniaires.	21
Figure 16 Carte de répartition des articles d'Halimeda.	
Figure 17 Carte de répartition des éléments indéterminés.	
Tableau I Méthode de comptage des constituants bioclastiques	8
Tableau II Fréquence des différents sous-faciès	

-

.

ANNEXES

r

n° St.	Lat. S Long. E.	Sonde (m)	Couleur (selon table de Munsell)	CO3Ca (%)
2	20° 28' 00 - 166° 34' 00	9	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	92.6
4	20° 26' 00 - 166° 34' 00	5.4	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	89.8
6	20° 30' 00 - 166° 34' 00	7.8	Pale yellow HUE 5Y 7/3	88.6
8	20° 30' 00 - 166° 32' 00	12	Light gray (HUE 10 YR 7/2)	89.3
10	20° 32' 00 - 166° 32' 00	12	Light gray (HUE 10 YR 7/2)	89.5
12	20° 34' 00 - 166° 32' 00	11.5	Light gray (HUE 10 YR 7/2)	84.7
14	20° 36' 00 - 166° 32' 00	9	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	86
16	20° 38' 00 - 166° 32' 00	7	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	88.2
18	20° 38' 00 - 166° 30' 00	12	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	89
20	20° 36' 00 - 166° 30' 00	13	Very pale brown (HUE 10 YR 7/3)	92.3
22	20° 34' 00 - 166° 30' 00	14.4	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	88.8
24	20° 32' 00 - 166° 30' 00	14.6	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	87
26	20° 30' 00 - 166° 30' 00	15	Light gray (HUE 10 YR 7/2)	90.3
28	20° 28' 00 - 166° 30' 00	15	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	96
30	20° 26' 00 - 166° 30' 00	14.3	-	93.5
32	20° 26' 00 - 166° 32' 00	6.1	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	86.7
34	$20^{\circ} 28' 00 - 166^{\circ} 32' 00$	12.9	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	93.1
30	$20^{\circ} 28^{\circ} 00 - 166^{\circ} 28^{\circ} 00$	18.7		-
38	$20^{\circ} 30^{\circ} 00 - 166^{\circ} 28^{\circ} 00$	17.5	Light gray (HUE 10 YR 7/2)	87.8
40	$20^{\circ} 32^{\circ} 00 - 100^{\circ} 28^{\circ} 00$	17.5	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	86.6
42	$20^{\circ} 34^{\circ} 00 - 100^{\circ} 28^{\circ} 00$	10	Light gray (HUE 2.5 Y 1/2)	88.1
44	20° 30' UU - 100' 28' UU	17.4 01	Light gray (HUE 2.5Y 1/2)	87.5
40	$20^{\circ} 40^{\circ} 00 - 100^{\circ} 30^{\circ} 00$	8.1 12.1	Light gray (HUE 2.5Y 1/2)	88.2
40	20° 40' 00 - 100' 28' 00	12.1	Light gray (HUE 2.5 1 $1/2$)	88.0
57	20 42 00 - 100 20 00	11.0	Light gray ($\Pi \cup E 2.51 I/2$)	90.8
54	20 40 00 - 100 20 00	14.2 14.4	Light gray (HUE 2.51 H_2)	91.9 97.4
56	20 38 00 - 100 28 00	15	Light gray (HTE 2.51 $7/2$)	873
58	20° 36' 00 - 166° 26' 00	15	Light gray (HUE 2.51 πZ_{j}	87.5
60	20° 34' 00 - 166° 26' 00	16.8	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	91.5
62	20° 32' 00 - 166° 26' 00	18.8	Light grav (HUE 2.5Y $7/2$)	90.8
64	20° 28' 00 - 166° 26' 00	18	Light grav (HUE 2.5Y $7/2$)	85.7
66	20° 30' 00 - 166° 26' 00	19	Verv pale brown (HUE 10 YR 7/3)	87
68	20° 28' 00 - 166° 24' 00	18.5	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	87.9
70	20° 30' 00 - 166° 24' 00	22.8	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	89.3
72	20° 32' 00 - 166° 24' 00	20.7	Light gray (HUE 10 YR 7/2)	89.5
74	20° 34' 00 - 166° 24' 00	19.2	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	88.6
76	20° 36' 00 - 166° 24' 00	18	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	88.5
78	20° 38' 00 - 166° 24' 00	16.8	Very pale brown (HUE 10YR 7/3)	89.8
80	20° 40' 00 - 166° 24' 00	15.3	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	90.4
82	20° 42' 00 - 166° 24' 00	14.5	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	89
84	20° 38' 00 - 166° 22' 00	18.6	Fond dur	-
86	20° 40' 00 - 166° 22' -	-	-	-
88	20° 36' 00 - 166° 22' 00	51	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	92.6
90	20° 34' 00 - 166° 22' 00	20.6	Yellowish brown (HUE 10YR 6/4)	89.4
92	20° 32' 00 - 166° 22' 00	26.2	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	87.2
94	$20^{\circ} 30' 00 - 166^{\circ} 22' 00$	29	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	90.7
96	$20^{\circ} 30^{\circ} 00 - 166^{\circ} 20^{\circ} 00$	28.9	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	89.5
98	$20^{\circ} 32^{\circ} 00 - 166^{\circ} 20^{\circ} 00$	3.9	Light gray (HUE 2.5 Υ 7/2)	91.5
100	20° 34 00 - 100° 20' 00	28.5	Light gray (HUE 2.5Y 1/2)	91.6
102	20° 38' 00 - 100 20 00	20.3	rona aui	-
	20 30 00 - 100 20 00	20	-	-

.

-

.

.

-

.

n° St.	Lat. S Long. E.	Sonde (m)	Couleur (selon table de Munsell)	CO3Ca (%)
106	20° 30' 00 - 166° 18' 00	27	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	88.4
108	20° 32' 00 - 166° 18' 00	33.9	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	94.3
110	20° 34' 00 - 166° 18' 00	33.4	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	95.3
112	20° 36' 00 - 166° 18' 00	30.1	-	92
114	20° 30' 00 - 166° 16' 00	32.3	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	94.7
116	20° 32' 00 - 166° 16' 00	35.7	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	94.7
118	20° 34' 00 - 166° 16' 00	34.8	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	91.9
120	20° 32' 00 - 166° 14' 00	42.6	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	-
122	20° 34' 00 - 166° 14' 00	20.7	Fond dur	-
124	20° 32' 00 - 166° 12' 00	47	Light gray (HUE 2.5Y 7/2)	-
126	20° 32' 00 - 166° 34' 00	6.2	Pale yellow HUE 5Y 7/3	92.8

10

.

.

.

.

	MAILLE DES TAMIS (en Phi)													
Nº	-4.32	-4	-3.32	-3	-2.32	-2	-1.32	-1	0	1	2	3	3.98	90
2	0	0	3.04	0	1.72	0.72	1.21	0.55	7.05	20.8	22.2	17.2	7.44	18.1
4	0	0	1.14	0.57	1.74	0.64	1.48	0.6	3.12	13.1	19.6	31.5	18.9	7.57
6	0	0	0	0.69	1.22	0.2	1	0.57	8.12	30.5	34.7	17	2.1	3.93
8	0	0	0	0	0.38	0.04	0.39	0.3	5.01	21.1	25.1	26.6	12.1	9.01
10	0	0	0	0	0.31	0.17	0.56	0.29	4.38	15.7	28.6	35.1	8	6.91
12	0	0	0.4	0.29	0.68	0.59	1.32	0.73	14.9	40.4	25.9	10.4	1.71	2.74
14	0	0	0.22	0	0.44	0.12	0.43	0.32	11.3	44.9	28.1	9.42	0.97	3.83
16	0	0	1.71	0	1.39	0.3	0.58	0.39	5.96	30.7	34.5	17.2	2.47	4.74
18	0	0	0	0	0.53	0.17	0.31	0.21	5.21	30.9	35	20.9	2.64	4.13
20	0	0	0	0	0.02	0.14	0.42	0.14	1,19	5.51	10.4	30	32.9	19.3
22	0	0	0	0	0.05	0.11	0.26	0.27	5.46	30.2	36.1	18.8	4.55	4.28
24	0	0	0	0.22	0.34	0.2	0.69	0.5	10.7	37.3	32	12	1.08	4.94
26	0	0	0	0.19	0.15	0.15	0.5	0.39	9.12	45.4	29	9.46	3.22	2.49
28	0	0.77	0.48	0.76	3.7	1.36	2.97	1.96	20.5	32.5	21.5	8.17	1.63	3.77
30	43.5	14.2	9.13	1.69	1.86	0.44	0.81	0.53	2.34	7.6	8.32	4.15	1.44	4.01
32	0	0	0.35	0.15	0.64	0.18	0.79	0.38	2.49	7.45	28.4	54.7	2.97	1.56
34	2.96	0	0	0	0.84	0.81	2.39	1.99	20.4	33.1	20.8	9.26	2.85	4.67
36	74.5	18.4	4.8	0	0.27	0	0.39	0.14	0.37	0.26	0.28	0.33	0.18	0.13
38	0	0	0	0	0	0	0.08	0.06	0.7	2.97	17.6	70.3	6.15	2.19
40	0	0	0.18	0.36	1.41	0.36	0.92	0.32	7.2	38.5	36.6	10.9	1.21	2.13
42	0	0	1.14	0	0.71	0.17	0.59	0.33	13.6	42.7	32	6.6	0.66	1.54
44	0	0	0	0.15	0.33	0.16	0.32	0,15	4.78	38.8	35.3	13.1	2.86	3.96
46	0	0	0.92	0.3	0.21	0.18	0.36	0.17	2.62	16.2	27.1	41.7	5.99	4.24
48	0	0	0.74	0.44	0.43	0.32	0.44	0.31	7.27	47	31.5	6.66	1.01	3.88
50	0	0	0	0	0	0.03	0.04	0.06	0.51	2.71	12	43.2	31.9	9.58
52	0	0	0	0,09	0.42	0.08	0.3	0.18	1.19	3.08	7.13	44.9	30.9	11.7
54	0	0	0.89	0.11	0.02	0.09	0.18	0.09	2.02	28.9	45.1	16.8	1.8	4.04
56	0	0	0	0	1.21	0.24	0.8	0.5	8.23	38.2	28.6	14.5	2.64	5.06
58	0	0	0	0.31	0.71	0.31	0.57	0.21	4.82	26.4	35.7	25.7	2.55	2.81
60	0	0	0	1.35	0.97	0.39	0.54	0.19	5.78	33.4	32.1	20.3	3.08	1.88
62	0	0	0.47	0	0.77	0.51	0.79	0.48	6.43	19.2	28.3	32	5.54	5.55
64	0	0	1.62	0.25	1.42	0.9	2.74	1.83	12.8	32.3	37	6.65	0.39	2.17
66	0	0	0	0	0.38	0.3	0.34	0.12	1.81	6.68	22.	58.9	6.49	2.94
68	1	0	0	0	0.36	0.19	0.5	0.34	1.93	7.05	55.3	31.4	0.31	1.63
70	0	0	0	0	0	0.22	0.58	0.36	5.54	28.8	43.8	18.7	1.69	0.4
72	0	0	0	0	0.66	0.17	0.68	0.59	7.21	40.4	35.2	11.6	1.06	2.36
74	2.9	0	0.48	0	1,61	0,14	0.87	0.41	5.28	21.6	32.9	26.4	4.19	3.19
76	0	0	0	0	0	0.14	0.46	0.22	4.16	20.5	35	29.6	4.2	5.71
78	1.32	0	1.06	1.04	2.3	0.68	2.07	1.02	10.5	37.1	30.5	9.29	1.55	1.53
80	0	0	0	0.18	0.7	0.47	1.46	1.12	15.3	61.1	15.5	1.96	1.44	0.75
82	0	0	0.41	0	0.77	0.64	1.54	0.72	12.7	39.2	35.1	6.55	0.54	1.85
84	Fond	dur	-	-		-	-	-	-	-	-		-	-
86	Fond	dur	•	-	357		.5	-			ř.	-	-	-
88	0	0	1.78	1.62	0.42	0.18	0.5	0.37	5.45	23	30.5	29.5	5.66	0.98
90	0	0	0	4.67	4.18	1.12	1.56	0.5	5.27	21	27.4	18.1	4.5	11.7
92	0	4.26	1.3	0.47	2.44	1.2	2.53	1.21	10.3	27.2	30.7	14.9	0.95	2.6
94	6.26	0	2	1.24	3.64	1.03	1.3	0.56	6.07	24.5	35.4	15.6	0.92	1.51
96	0	0	0	0	0.47	0.26	0.88	0.55	4.19	18.4	48.9	24.4	1.79	0.16
98	0	0	0	0	0.46	0.29	0.59	0.6	7.15	32.8	36.4	16	2.52	3.17
100	0	0.96	0.12	0.27	0.64	0.49	0.96	0.39	4.39	15.3	29.6	33	7.05	6.82
102	Fond	dur	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ø

.

.

.

.

-

[MAIL	LE DI	ES TAI	MIS (e	n Phi)					
N°	-4.32	-4	-3.32	-3	-2.32	-2	-1.32	-1	0	1	2	3	3.98	00
104	42.5	11.1	12.1	1.96	2.25	0.92	1.67	0.79	4.92	11.5	7.25	2.05	0.67	0.31
106	0	2.55	2	0	0.67	0.53	1.92	1.18	12.2	36.9	30.6	8.08	0.4	3.04
108	0	0	0	0	0.49	0.44	1.11	0,43	1.99	6.63	16.6	56.5	11	4.81
110	0	0	0	0.7	0.81	0.4	1.43	0.9	7.01	22.4	29.1	25.3	6.52	5.51
112	0	3.42	10.9	2.76	3.89	1.93	4.32	1.39	8.53	31.3	17.3	5.8	2.67	5.72
114	0	0	0	0	0.29	0.28	0.66	0.52	2.36	5.32	21.4	57.7	8.75	2.75
116	0	0	0	0	0.24	0.12	0.18	0.18	1.51	5.37	17.6	58.2	11.6	5.1
118	5.03	0	2.48	0	2.15	0.86	1.62	1.26	10.3	33.8	27.7	11.6	2.06	1.14
120	0	0	1.31	2.26	2.53	1.68	3.53	1.15	6.51	21.9	28.1	22.3	3.84	4.85
122	Fond	dur	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
124	29.5	0	3.41	4.19	14.6	3.88	11.2	4.31	17.4	8.91	2.03	0.46	0.12	0.08
126	0	0	0	0.6	0.42	0.11	0.97	0.83	5.92	21.2	37.1	15.7	3.67	13.5



























.

.

•

100

80

60

40

20

0

0

cumulés

×











80

60

40

20

0

cumulês

×







Station 66

Maille des tamis (mm)

0.5

0.125 0.063

50

40

10

0

xneugouod 20 % 10













% cumulés

.

•













pondéraux

Я







Maille des tamis (mm)

cumulés

×





.

.

•



INDICES GRANULOMETRIQUES Formules, limites, terminologie et abréviations utilisées

TAILLE MOYENNE ou "MEAN SIZE" (Folk & Ward, 1957)																	
	Mz = (\$16 + \$50 + \$84) / 3																
Limites s	elon We	ntworth (19	922) :				.,										
		Sable		Sable		Sable		Sable		Sable reàs							
Vase	3.98	très fin	3	fin	2	moven	1	prossier	۵	grossier	-1	Granule	-2	Gravier	-6	Galet	(6)
(SG)		(STF)		(SF)		(SM)	1	(SG)	-	(STG)		(GN)	-	(GV)	1	(GT)	· • •
Mud	0.063	Very fine	0.125	Fine	0.25	Medium	0.5	Coarse	1	Very coarse	2	Granule	4	Pebble	64	Cobble	(mm)
		sand		sand		sand		sand		sand							
TRIAGE ou "STANDART DEVLATION" (Folk & Ward, 1957)																	
						ơi = {∳84	- ¢1	6) / 4} + {	(φ 9:	5 - \$ 5) / 6,6}							
Limites a	Limites adaptées à l'étude des milieux récifaux par Weydert (1971) :																
Extrême	ment bi	en trié	L '	Très bie	n trié	_1_		Bien tri	ė	L		Mal trié		_1_	T	rès mal tr	ié
	(EBT)	0	.5	(TB1	7	1.1		(BT)		1.5		(MT)		2		(TMT)	
Extreme	ely well:	sorted	I V	ery well	sorted	I		Well sort	ed	1	P	oorly sorte	d	1	Very	poorly so	orted
ASYME	ASYMETRIE ou "SKEWNESS" (Folk & Ward, 1957) :																
			Ski = {[(¢16 + ¢	84) - 2	(\$50)] / 2	e (\$ 8-	4 - ¢16)} 4	{[(¢5 + ¢95) - 2 ((¢ 50)] / 2 (φ 95	- \$5	5)}			
		Très né	gative		Néga	tive	_	Symétrie		Positi	ve		Trè	s positive			
	-1	(A1	Г-)	-0.3	(A	.) -0	1	(S)	[0.1 (A+))	0.3		(AT+)		1	
	1	Strong	ly fine	1	Fine sl	wed		Nearly		Coar	se	1.	Stroi	ngly coar:	se	I.	
		skev	ved					symetrica	/	skewe	ed		3	skewed			
NORMA	LITE o	u "KURTO	OSIS" (I	Folk & V	Vard, I	957)					_						
						Kg = (95 -	\$ 5) / {2,4	1 (ф	75 - \$25)}							
Très peu	accusée	e Pe	eu accus	ée	Moye	nnement	iccus	ée		Accusée	ł	Très accu	sée	I E	arên	ement ac	cusée
T)	A)	0.67	(PA)	0.9		(MA)		1.11	1	(A) []	.5	(TA)		3		(EA)	
Very pla	tykurtic	Т Р	latykurt	ic I		Mesokurt	ic	1	- L	eptokurtic	1	Very		<u> </u>	<i>strem</i>	ely lepto	kurtic
												leptokur	tic				

N° St	Mz	Sigma_i	Ski	Kg
2	1.96	2.06	0.05	1.11
4	2.11	1.66	-0.22	1.25
6	1.26	1.22	0.05	1.17
8	1.93	1.45	0.06	0.98
10	1.88	1.25	-0.07	1.15
12	0.84	1.12	0.11	1.09
14	0.95	1.02	0.18	1.12
16	1.31	1.3	0.08	1.3
18	1.41	1.16	['] 0.12	1.06
20	3.02	1.22	-0.13	1.08
22	1.44	1.19	0.15	1.1
24	1.09	1.23	0.19	1.32
26	0.99	1.04	0.21	1.17
28	0.54	1.54	-0.02	1.28
30	-2.56	2.74	0.81	0.72
32	2.03	0.87	-0.35	1.04
34	0.68	1.56	0.1	1.3
36	-4.52	0.37	0.23	1.12
38	2.33	0. 6 7	-0.14	1.43
40	1.04	1.01	0.01	1.12

.

•

•

•

.

.

N° St	Mz	Sigma_i	Ski	Kg
42	0.84	0.97	0.07	1.08
44	1.24	1.09	0.21	1.15
46	1.87	1.13	-0.15	1.06
48	0.95	0.99	0.16	1.2
50	2.87	0.95	0.06	1.06
52	2.93	1	0.05	1.17
54	1.41	1.01	0.12	1.16
56	1.2	1.29	0.24	1.26
58	1.47	1.1	-0.03	0.94
60	1.3	1.13	0.02	0.99
62	1.65	1.35	-0.07	1.12
64	0.76	1.23	-0.19	1.24
66	2.16	0.91	-0.23	1.33
- 6 8 .	1.78	0.79	0.01	1.13
· 7 0 ·	1.3	0.96	-0.04	1.02
72	1.05	0.98	0.07	1.07
74	1.46	1.5	-0.18	1.4
76	1.68	1.19	0.07	1.12
78	0.77	1.37	-0.15	1.5
80	0.51	0.8	0.01	1.44
82	0.86	1	0.01	1.08
84	Fond dur	-	-	-
86	Fond dur	-	-	-
88	1.49	1.26	-0.12	1.01
90	1.41	1.96	-0.09	1.43
92	0.79	1.72	-0.29	1.54
94	0.74	1.89	-0.43	1.77
96	1.49	0.96	-0.1	1.25
98	1.26	1.12	0.06	1.11
100	1.78	1.36	-0.1	1.27
102	Fond dur	-	-	-
104	-2.78	2.32	0.76	0.69
106	0.74	1.38	-0.15	1.51
108	2.23	1.02	-0.24	1.6
110	1.54	1.41	-0.01	1.09
112	-0.28	2.47	-0.24	1.08
114	2.19	0.95	-0.24	1.41
116	2.32	0.93	-0.15	1.66
118	0.66	1.76	-0.28	1.84
120	1.18	1.78	-0.17	1.35
122	Fond dur	-	-	-
124	-2.43	1.95	0.05	0.63
126	1.73	1.55	0.18	1.24

,

CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DU LAGON D'OUVÉA

Michel KULBICKI, Sebastien DUPON, Cécile DUPOUY, Georges BARGIBANT, Pascal HAMEL, Jean Louis MENOU, Gérard MOU THAM, Philippe TIRARD

TABLE DES MATIERES

.

-

*

•

.

.

LISTE DES FIGUR	ES	49
LISTE DES TABLE	AUX	51
RESUME		52
ABSTRACT		53
INTRODUCTION		54
MATERIEL ET ME	THODES	55
1 - Points GP	S	56
2 - Stations d	e fonds durs	56
3 - Stations d	e fonds meubles	57
4 - Images S	POT	57
5 - Photograp	hies aériennes	58
6 - Images C	ZCS	61
7 - Les métho	odes analytiques	62
		(2)
RESULTATS		
1- Résultats g	généraux	
1.1 - 5	stations GPS	
1.2 - 1	es stations de fonds durs	
1.3 - 1	es stations de fonds meubles	
1.4 - (Corrélations entre les canaux SPOT et les composantes du substrat	
2 - Analyse d	les 4 biotopes	80
2.1 - 1	es fonds meubles	80
	2.1.1 - Les sables	81
	2.1.2 - Graviers, débris et petits blocs	
	2.1.3 - Les formations rocheuses	83
	2.1.4 - Les organismes recouvrants	
	2.1.5 - La variabilité des substrats	
	2.1.6 - Les principales régions des fonds meubles	
	2.1.7 - Conclusions sur les fonds meubles	93
2.2 - I	Les fonds côtiers	93
2.3 - I	Les fonds durs	104
2.4 - 1	Le milieu pélagique	127
	2.4.1 - moyenne échelle	134
	2.4.2 - intérieur du lagon	142
DISCUSSION		142
CONCLUSION		145
REMERCIEMENT	S	146
BIBLIOGRAPHIE		146
ANNEXE		149

LISTE DES FIGURES

be

¥

.

4

Figure 1:	Carte de Nouvelle Calédonie
Figure 2:	Carte d'Ouvéa au 1/3500055
Figure 3:	Position des stations GPS
Figure 4:	Position des stations de fonds durs
Figure 5:	a) position des stations de fonds meubles
8	b) étendue de la zone de fonds meubles échantillonnée
Figure 6:	positions des photos aériennes utilisées pour la réalisation des cartes des récifs et de la zone
D : A	côtière
Figure /:	zone d'etude des images CZCS
Figure 8:	correlations entre les canaux radiométriques C1 et C2 de SPO1 et la teneur en sable du substrat
Figure 9:	corrélations entre les canaux radiométriques C1 et C2 de SPOT et le pourcentage de débris dans
	le substrat
Figure 10:	corrélations entre les canaux radiométriques C1 et C2 de SPOT et le pourcentage de fonds durs
Figure 11.	corrélations entre les canaux radiométriques C1 et C2 de SPOT et la converture algale du
I iguie II.	substrat
Figure 12:	corrélations entre les canaux radiométriques C1 et C2 de SPOT et la couverture corallienne du
8	substrat
Figure 13:	répartition de la couverture en sables fins et très fins sur les fonds meubles
Figure 14:	répartition de la couverture en sables movens et grossiers sur les fonds meubles
Figure 15:	répartition de la converture en débris graviers et petits blocs sur les fonds membles
Figure 16:	répartition de la converture en gros blocs sur les fonds meubles
Figure 17	répartition de la couverture en roche, corail branchu et pâté corallien sur les fonds meubles
riguto 17.	
Figure 18:	répartition de la couverture en dalle sur les fonds meubles
Figure 19:	répartiton de la couverture en algues et phanérogames sur les fonds meubles
Figure 20:	répartition de la couverture en coraux, alcyonaires et gorgones sur les fonds meubles86
Figure 21:	répartition de la diversité du substrat, indice de Shannon
Figure 22:	répartition de la diversité du substrat, équitabilité
Figure 23:	variabilité du substrat, différences entre secteurs
Figure 24:	groupement des stations en fonction des 6 éléments principaux du substrat
Figure 25:	groupement des stations de fonds meubles en fonction des éléments du substrat et des
Figure 26:	analyse en composantes principales des stations en fonction du substrat
Figure 27:	répartition géographique des groupes de stations définis par les figures 24 et 26 01
Figure 28.	analyse en composantes principales des stations en fonction du substrat et des organismes
1 iguit 20.	reconverants
Figure 20.	répartition des différents types d'herbiers au nord de la côte de l'île principale 05
Figure 30:	répartition des différents types d'herbiers au centre-nord de la côte de l'île principale
Figure 31:	répartition des différents types d'herbiers au centre-sud de la côte de l'île principale
Figure 32	répartition des différents types d'herbiers au sud de la côte de l'île principale
Figure 33.	répartition du sable pu et des fonds durs au nord de la côte de l'île principale
Figure 34:	répartition du sable nu et des fonds durs au centre port de la côte de l'île principale
Figure 34.	repartition du sable nu et des fonds durs au centre-noto de la côte de l'ile principale 100
Figure 35:	repartition du sable nu et des fonds durs au centre-sud de la côte de l'île principale 101
Figure 30:	repartition du sable nu et des fonds durs au sud de la cole de l'ile principale
Figure 37.	repartition de la végétation halophyle au nord de l'ile principale
Figure 36.	repartition de la vegetation halophyle au sud de l'he principale
Figure 40.	décourses en zones des régifs des Diérades
Figure 41	accoupage en zones des recurs des ricitades
пуше 41.	groupement des zones reentales definites sur la rigure 40 en fonction de leur geomorphologie
Figures 42 à	46: répartition du nord au sud des Pléïades des récifs barrière et récifs frangeants 107 à 111
Figures 47 à	51: répartition du nord au sud des Pléïades des cuvettes, chenaux. fonds détritiques et sable

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:	liste des campagnes océanographiques réalisées par l'ORSTOM à Ouvéa et types	de relevés
	effectués	56
Tableau 2:	échelle de granulométrie utilisée lors des relevés	56
Tableau 3:	date des scènes CZCS retenues pour l'analyse du milieu pélagique	61
Tableau 4:	résumé des informations recueillies sur les points GPS	63
Tableau 5 :	données des stations de fonds durs	67
Tableau 6 :	observatiuons réalisées sur les stations de fonds meubles	73
Tableau 7 :	résultats principaux des regressions multiples entre les canaux c1 et c2 avec les comp	osantes du
	substrat et la profondeur	77
Tableau 8 :	corrélations entre les différentes composantes du substrat des fonds meubles	81
Tableau 9 :	constitution moyenne du substrat pour les groupes définis par la classification des fig	gures 26 et
	28	92
Tableau 10:	constituants du substrat permettant de séparer les groupes du tableau 9 de façon signifi	cative
		92
Tableau 11:	surface et répartition des différents thèmes dans la zone côtière de l'île principale	94
Tableau 12:	répartition des thèmes sur les fonds durs	105

.

۹

Caractéristiques physiques du lagon d'Ouvea (Nouvelle-Calédonie)

 par M.Kulbicki, S.Dupont, C.Dupouy, G.Bargibant, P.Hamel, J.L. Menou, G. Mou Tham, P. Tirard ORSTOM BP A5
Nouméa - Nouvelle-Calédonie

RESUME

L'atoll d'Ouvéa comprend 3 milieux, les fonds meubles, les récifs et le milieu pélagique, dont les caractéristiques physiques ont été étudiées séparement. Les fonds meubles entre 0 et 20 m ont été échantillonnés par 48 comptages en plongée au cours des quels les composantes du substrat étaient notés. La frange cotière entre 0 et 7 m a été étudiée plus en détail grace à des photos aériennes et une image du satellite SPOT. Les récifs ont été également échantillonnés en plongée (59 stations) et l'analyse a été complétée aussi par l'emploi de photos aériennes et de l'image satellite. Les données obtenues par télédétection ont été vérifiées à l'aide de 75 stations de vérité terrain. Le milieu pélagique a été étudié à partir de 17 images satellite CZCS. Les caractéristiques physiques des fonds meubles et des récifs varient suivant 2 gradients, l'un nord-sud, l'autre est-ouest. La profondeur et l'exposition aux alizés semblent être les deux facteurs régissant ces gradients. Une faille nord-sud suivant grossièrement l'isobathe des 20 m délimité une partie est et une partie ouest du lagon. A l'est de cette cassure les ilots sur le pourtour sont nombreux, alors qu'à l'ouest il n'y a qu'un seul ilot pour une surface de récifs équivalente. Il en résulte une circulation de l'eau différente sur les récifs ce qui a engendré des structures récifales particulières à chaque partie du lagon. En particulier, le récif intérieur est beaucoup plus développé dans la partie sud. De même les formations en arrière du récif barrière sont plus étendues dans les Pléiades du Sud. En revanche, les chenaux de marée, les cuvettes et les fonds détritiques sont plus importants dans les Pléiades du Nord. A l'est les récifs comportent davantage de dalle qu'à l'ouest, mais en revanche comportent moins de cuvettes. Les fonds meubles sont caracterisés par une faible épaisseur de sédiment, la présence de nombreux blocs coralliens et une dalle sous-jacente omniprésente. Les fonds meubles présentent une grande hétérogénéité. Il a cependant été possible de distinguer 6 zones, les principales étant une bande de sable fin cotiers entre 0 et 10 m, une seconde bande de sables plus grossiers mais plus homogènes entre 10 et 15 m, une cuvette très hétérogène au large de Fayaoué et des zones d'arrière récif avec des sédiments grossiers, hétérogènes et de faible epaisseur. Une analyse plus détaillée de la frange cotière montre que les algues y sont importantes mais que leur densité est très variable. Il existe également des chenaux reliant, ou ayant relié, le lagon à l'ocean et passant au travers de l'ile principale. Dans les parties protégées de ces chenaux pousse une végétation halophyle (mangrove et salicornes). L'étude du milieu pélagique, faute de suffisament d'images satellite, ne permet que d'émettre quelques hypothèses. Il existe un courant NW-SE dans le bassin des Loyautés. On observe un gradient décroissant de la chlorophylle dans les eaux de surface entre la Grande Terre et les Loyautés, un léger enrichissement côtier étant parfois présent autour des îles. Les eaux lagonnaires semblent sortir de l'atoll au niveau de la passe du Coëtlogon et sur l'ensemble des Pléïades du Nord, des sorties d'eaux se faisant parfois par la passe de la Meurthe. Les entrées d'eaux océaniques se feraient surtout par les passes d'Anémata et de la Meurthe.

ABSTRACT

There are three major biotopes in the atoll of Ouvea, the soft bottoms, the reefs and the pelagic environment. The physical characteristics of each of these biotopes were studied separately. Soft bottoms between 0 and 20 m were sampled with 48 transect dives during which the components of the substrate were recorded. The coastal area was studied in more details with the help of aerial photographies and one SPOT satellite image. Reefs were also sampled with dive transects (59 stations) and aerial pictures and the SPOT image were also used to improve the analysis. Ground truth data was gathered on 75 stations to validate the photointerpretation. The pelagic environment was analyzed from CZCS satellite images. The physical characteristics of the soft bottoms and of the reefs vary according to 2 gradients, one east to west, the other north to south. The major factors inducing these gradients are depth and exposure to the trade winds. A fault directed from north to south delineates a western and an eastern part in the lagoon. On the eastern side fringing islands are numerous whereas on the western part there is only one island for a similar reef surface in both parts. As a result water circulation is different among the reefs of the various parts of the lagoon and this has generated different reef types. In particular there is almost no inner reef on the side of the lagoon whereas this formation is very important in the south part. Reef flats are also more developped in the south part. On the opposite, tide and surge channels, pools and zones of detritic accumulation are more important in the northern part. Beachrock formations are more important in the eastern pat than in the west but on the opposite pools are more developped in the westerrn part of the reefs. Soft bottoms are verry heterogeneous, however it was possible to delineate 6 zones. The most important ones are a coastal zone (0 to 10 m deep) of fine shallow and heterrogeneous sand, a second belt of coarser but more homogeneous sand between 10 and 15 m, a trough of heterogeneous sediments off the village of Fayaoue and zones of heterogeneous and shallow sediments close to the reefs and passes. A more detailled analysis of the coastal fringe along the main island (0 to 7 m deep) indicates that algae are vey important in that part of the lagoon but that their density is spatially very variable There are a number of active and former chanels which relate the lagoon to the main ocean through the main island. In the calm part of these chanels mangroves and salt marches have developped. The number of CZCS images available allow only to make some hypothesis which need to be verified. There would be a NW-SE current in the Loyalty islands bassin. In this bassin one notices also a decreasing gradient in chlorophyll richness from the coast of the main island towards the Loyalty islands. There is at times a slight enrichment of the surface waters in chlorophyll around the Loyalty islands. The lagoonal waters would leave the lagoon essentially by the Coëtlogon Pass at the southern tip and also all along the Northern Pleiades reefs. Lesser lagoonal water plumes can be observed at times at the level of the Meurthe Pass. The inflow of oceanic waters seems to occur mainly through the Anemata and Meurthe Passes in the east and south east of the lagoon.

INTRODUCTION

L'ORSTOM a entrepris d'étudier les ressources halieutiques du lagon d'Ouvéa en 1991. La plupart de ces ressources sont inféodées à des biotopes restreints dont il faut évaluer la superficie afin de pouvoir estimer l'importance des stocks.

Il est possible de subdiviser le lagon d'Ouvéa en quatre grands ensembles: le milieu pélagique, la zone côtière, le milieu récifal et les fonds de lagon. Chacun de ces ensembles sera décrit séparement bien qu'il existe de nombreuses et importantes interactions entre eux. Au cours de l'échantillonage des ressources en vue de l'estimation des stocks, un certain nombre de paramètres du milieu ont été recueillis simultanément. Ce sont ces mesures qui sont en grande partie utilisées dans le présent rapport, en conjonction avec des photos aériennes, une image satellite SPOT et des images satellite CZCS.



Figure 1: position du lagon d'Ouvéa et des autre structures d'atoll en Nouvelle Calédonie

Le lagon d'Ouvéa (ou Uvea) est situé sur la ride des Loyautés, à l'est de l'île principale de la Nouvelle-Calédonie (Figure 1). C'est le plus grand atoll du Territoire de Nouvelle-Calédonie. Il existe également des structures d'atoll à Beautemps-Beaupré et aux Surprises. L'atoll d'Ouvéa (Figure 2) a une superficie d'environ 1000 km². Il est incliné selon un axe sud-est nord-ouest, la plus grande profondeur étant observée au nord-ouest, à la passe d'Anemata. Près des deux tiers du lagon sont à une profondeur inférieure à 20 m. On distingue trois structures emergées:

1) l'île principale (Figure 2) à l'est couvre une superficie d'environ 130 km². Sur le côté océanique elle est bordée d'un récif frangeant donnant directement sur des fonds importants (plus de 500 m à 1 mille des côtes). Ce récif frangeant est dominé par des falaises coralliennes de 30 à 40 m de haut. Sur le côté lagonnaire elle est limitée par une plage du nord au sud d'environ 56 km coupée par endroits (entre Hwaadrila et le col du Casse-cou, sud de Mouly) par des falaises coralliennes peu élevées (3 à 5 m). Il existe plusieurs bras de mer sur l'île principale, dont 2 font communiquer le lagon avec l'océan: la Passe Fasi au nord et la baie de Lekiny au sud. Les bras de mer ne communiquant pas avec l'océan (nord de St Joseph et presqu'île Abiget) comportent quelques mangroves et des formations végétales halophiles.

2) les Pleïades du Nord sont un chapelet d'îlots et de récifs s'étendant sur environ 19 km sur le nord du lagon (Figure 2). Elles sont limitées à l'ouest par la Passe d'Anemata, la principale de l'atoll. Au nord-est existent deux autres passes importantes (Passe de la Baleine et Passe du Taureau). Tous les îlots comportent des falaises coralliennes de 2 à 8 m de haut. La partie lagonnaire de ces récifs et îlots est soumise aux alizés alors qu'une grande partie du récif barrière est protégée des alizés par les îlots.

3) les Pleïades du Sud forment un ensemble de récifs et d'îlots sur 18 km, fermant la partie sud du lagon et rejoignent les Pléïades du Nord au niveau de la Passe d'Anemata. Trois autres passes importantes traversent cet ensemble (Passe de la Meurthe, Passe du Styx, Passe du Coëtlogon). Contrairement aux Pléïades du Nord, les récifs barrières y sont soumis aux alizés, seuls les récifs frangeant des îlots étant protégés du vent dominant.



Figure 2: Ile et lagon d'Ouvéa

MATERIEL ET METHODES

Les données utilisées pour décrire le lagon d'Ouvéa ont été recueillies au cours de plusieurs campagnes avec le NO Alis. Les dates et types de relevés sont donnés dans le tableau 1.

Tableau 1: Liste des campagnes océanographiques réalisées par l'ORSTOM à Ouvéa et types de relevés effectués.

Date des campagnes	Type de relevés
22 avril - 2 mai 1991	42 points GPS
	22 stations fonds durs
1 au 13 juillet 1991	53 points GPS
	25 stations fonds durs
5 au 14 août 1991	23 stations fonds meubles
2 au 21 septembre 1991	23 stations fonds meubles
12 au 22 novembre 1991	9 stations fonds durs
	8 radiales GPS
16 au 21 mars 1992	3 stations fonds durs
	4 radiales GPS

1-Points GPS

Ce type de relevé consistait à choisir (dans moins de 12 m d'eau) une zone aussi homogène que possible, soit sur une formation récifale, soit sur des fonds meubles. La position de cette station était alors relevée à l'aide d'un appareil de positionnement portable fonctionant sur le réseau GPS (Global Positioning System). Sur la zone choisie, un transect de 40 m était alors posé et un plongeur notait tous les 10 m le long de cette radiale la profondeur, la nature du substrat et les organismes recouvrants (algues, phanérogames et coraux). Ces observations étaient transcrites sur des fiches (Annexe 1) en papier submersible. L'évaluation de la granulométrie était réalisée selon l'échelle du tableau 2, par estimation visuelle pour les substrats autres que les sables et au toucher pour ces derniers. L'échelle des couleurs était limitée à blanc, gris et "autre".

Le choix des points ne s'est pas effectué suivant un plan d'échantillonnage pré-établi mais selon les possibilités du moment. En effet, il fallait d'une part qu'il y aie suffisament de satellites disponibles pour le positionnement GPS, d'autre part trouver des zones homogènes et de taille suffisante pour être facilement repérable sur les photos aeriennes ou l'image satellite SPOT (en pratique 200 m de diamètre). De ce fait la répartition des points est très irrégulière sur le lagon (Figure 3).

Nom	Descriptif
sable très fin	particules de 0.063 à 0.125 mm
sable fin	particules de 0.125 à 0.250 mm
sable moyen	particules de 0.250 à 0.5 mm
sable grossier	particules de 0.5 mm à 2 mm
graviers	particules de 2 mm à 1cm de diamètre
debris	1 à 5 cm de diamètre
petits blocs	5 à 30 cm de diamètre
gros blocs	de 30 à 100 cm de diamètre
rocher	roche massive d'origine organique ou non
pâté corallien	bloc de plus de 1 m de diamètre de nature corallienne
dalle	couche horizontale indurée

Tableau 2 : échelle de granulométrie utilisée lors des relevés

2- Stations de fonds durs

Les stations de fonds durs ont été sélectionnées de façon à obtenir une couverture exhaustive des milieux récifaux du lagon (Figure 4). Les emplacements choisis ne correspondent pas à un maillage prédéfini car l'hétérogénéité du milieu ne le permet pas. Sur chaque station 2 cordeaux de 50 m étaient posés. Le long de chaque cordeau, sur une largeur de 5 m un plongeur notait par secteur de 10 m: la profondeur, la nature du substrat et l'abondance des organismes recouvrants suivant la même méthode que pour les points GPS.



Figure 3 : position des stations GPS.

A titre indicatif, sur chaque station les plongeurs ont également relevé la faune ichthyologique (pour l'étude des stocks de poissons) ainsi que les organismes benthiques de grande taille (pour l'étude des associations poisson-milieu). Ces données font l'objet de rapports séparés (Kulbicki et al., 1993a; Kulbicki et al., 1993b).

3- Stations de fonds meubles

Ces stations sont positionnées suivant un maillage de 2 milles en quinconce (Figure 5a). Seules les stations situées dans moins de 20 m de fond ont été échantillonnées. Sur chaque station un cordeau de 100 m était posé. Sur une largeur de 5m un plongeur notait par secteur de 10 m: la profondeur, la nature du substrat et l'abondance des organismes recouvrants suivant la même méthode que pour les points GPS.

A titre indicatif, l'ichthyofaune et les organismes benthiques de grande taille étaient également relevés (étude des stocks et relations poisson-milieu). Une carotte de sédiment (étude des sédiments), 10 prélévements à la benne Smith-McInthyre (pour l'étude des organismes benthiques de petite taille), 10 échantillons de sédiment superficiel (pour l'étude du microphyto benthos) et une mesure d'extinction de la lumière étaient effectués sur chaque station (Chevillon et al., 1992; Clavier et al., 1992).

4- Image SPOT

La scène utilisée a été prise le 18 mai 1988 par SPOT 1 et porte le numéro 413 391. Ce satellite comporte trois canaux de prise de vue: le vert (C1) de 500 à 590 nm, le rouge (C2) de 610 à 680 nm et le

proche infrarouge (C3) de 790 à 890 nm. Pour chacun des trois canaux existe une valeur de radiance relative comprise entre 0 et 255. Le C3 ne pénétre pas dans l'eau et permet donc de masquer la partie terrestre de l'image (valeurs de C3 supérieures à 8). Le C2 pénétre de quelques mètres dans l'eau et le C1 est le canal ayant la meilleure pénétration (maximum 15-18m). L'image a été rectifiée géométriquement (triangulation de Delaunay) grace aux coordonnées de 9 points dont la position géographique était connue de façon précise. La distortion de l'image finale est faible, les vérifications montrant au plus 2 pixels d'écart pour les points les plus éloignés des points de référence.





5- Photographies aeriennes

L'IGN a réalisé 2 séries de photographies, l'une au 1/40 000 et l'autre au 1/20 000 respectivement en 1976 et 1982-85. Les positions du centre des photographies utilisées dans le présent rapport ainsi que leurs numéros de série sont données sur la figure 6.

Les stations de plongée et GPS ont été repositionnées sur les photos. Ceci a permis d'identifier les differents thèmes sur les photos. Il a été ensuite possible de relier ces thèmes aux pixels correspondants sur l'image satellite et extrapoler aux pixels avoisinant de même valeur.









Figure 6 : a) positions des photos aériennes au 1/20000

b) positions des photos aériennes au 1/40000

-

6- Images CZCS

Ces images sont données par le capteur de couleur de l'eau (Coastal Zone Colour Scanner) du satellite Nimbus 7 qui a été opérationel de 1978 à 1984. La couverture de la zone néo-calédonienne a été demandée par les services de l'océanographie ORSTOM de Nouméa dans le cadre de l'étude des effets d'îles. Chaque image couvre une superficie au sol d'environ de 1000 x 900 km. La résolution (taille des pixels) est de 800m. L'intérêt de ce capteur est de posséder 4 canaux dans le visible (bleu: 440 nm, vert: 520 nm, jaune: 550 nm, rouge: 670 nm). Les traitements préliminaires (redressement géographique, correction admosphérique) ont été effectués au laboratoire d'océanographie de l'ORSTOM suivant un protocole donné par Dupouy (1990). Il est possible d'obtenir pour les eaux du large une bonne estimation de la concentration en chlorophylle de surface en combinant les canaux bleu et vert (Dupouy, 1990). Dans la présente étude la chlorophylle de surface est utilisée comme traceur des masses d'eau. Dans les eaux peu profondes cet indice est très fortement soumis à l'influence du fond et de la turbidité.

Sur les 40 images disponibles, 17 ont pu être sélectionnées en raison de leur couverture nuageuse réduite au-dessus d'Ouvéa (tableau 3). L'ensemble des traitements informatiques d'image ont été réalisés à l'aide du logiciel OSIRIS du LATICAL de l'ORSTOM-Nouméa. Des sous-images de 300 x 300 km ont été extraites des images initiales. Toutes ces sous-images ont les mêmes coordonnées géographiques (figure 7). Une seconde série de sous-images de 100 x 100 km centrées sur le lagon d'Ouvéa a été extraite pour étudier les variations de couleur de l'eau à l'intérieur du lagon.

Tableau 3: dates des scènes CZCS retenues pour l'analyse du milieu pélagique.

10 septembre 1979	6 avril 1981	29 juin 1981	22 octobre 1983	13 aout 1981
18 décembre 1979	17 avril 1981	3 juillet 1981	4 octobre 1983	
29 décembre 1979	3 mai 1981	4 janvier 1982	22 mars 1984	
6 avril 1980	13 juin 1981	13 octobre 1982	2 décembre 1984	



Figure 7: zone recouverte par les images CZCS 300 x 300 km

Sur les images 300 x 300 un rehaussement des contrastes a été réalisé afin de mieux différencier les gradients de couleur. Un traitement du même type a été réalisé sur les images 100 x 100 mais sur une gamme de couleurs inverse et sur des plages de valeurs plus élevées. Le logiciel UNIMAP a été utilisé pour les contourages de grisés.

7-Les méthodes analytiques

Les relations entre le substrat, la profondeur, la turbidité et les valeurs des 2 canaux SPOT ont été estimées par régression linéaire multiple, les variables non significatives étant éliminées du modèle jusqu'à obtention d'un modèle ne comprenant que des variables significatives au seuil de 5% (logiciel SAS). La méthode d'estimation de Bonferroni (Neter et Wasserman, 1971) a été utilisée pour obtenir un interval de confiance pour une valeur donnée d'un canal SPOT. Les correlations entre les différentes composantes du substrat ont été calculées par un coefficient de corrélation de Bravais Pearson (logiciel SAS).

Les contourages ont été réalisés à partir du logiciel CARTO (crée à l'ORSTOM Nouméa) qui utilise la routine d'interpolation GINTPF de la bibliothéque informatique UNIRAS.

Les stations ont été groupées suivant les composantes de leur substrat en utilisant 2 types d'analyse multivariée. D'une part des classifications hiérarchiques dans les quelles les stations sont groupées en fonction de la perte d'inertie de la matrice de similarité. Les données disponibles étant des pourcentages il a été nécessaire d'effectuer au préalable une transformation arcsinus (Sokal et Rolf, 1981). La seconde méthode de groupement est une analyse en composante principale (Legendre et Legendre, 1979) sur les mêmes données. Ces analyses ont été réalisées sur le logiciel "Inertie" du centre ORSTOM Nouméa.

Les différentes zones récifales ont été groupées suivant la surface (en nombre de pixels) des différents thèmes géomorphologiques qui les constituent. Ce groupement a été réalisé grace à une classification hiérarchique utilisant l'indice de similarité du Chi-2 et une recherche des groupements suivant la distance moyenne pondérée (Legendre et Legendre, 1984). Cette classification a été menée à l'aide du logiciel "Inertie" (crée à l'ORSTOM-Nouméa).

RESULTATS

1-Résultats généraux

1.1-Stations GPS

Le résumé des observations faites sur les stations GPS sont données dans le tableau 4. On remarquera que 29 stations ne figurent pas dans le tableau 3. Ceci est dû à un mauvais fonctionnement de l'appareil de positionement qui a fourni des positions erronées qu'il n'a pas été possible de corriger de façon satisfaisante par la suite. Dans la colonne "organismes" ne figurent que les organismes recouvrants susceptibles d'influencer les valeurs des canaux SPOT ou de pouvoir être détectés sur les photos aeriennes. Les profondeurs sont celles indiquées par les profondimètres (Aladin Pro Beuchat) et ne sont pas corrigées pour la marée. La plupart des stations (50 sur les 75 retenues) sont sur les fonds durs.

Tableau 4 : résumé des informations recueillies sur les points GPS.Prof.: profondeur en mC1 : valeur du canal 1 SPOTLes stations de fonds meubles sont précédées de *C2: valeur du canal 2 SPOT

-

.

.

.

N°	Latitude	Longitude	Prof.	Substrat	%	Organismes	%	C1	C2
1	20°30'05	166°14'17	8.0	sable grossier blanc	10	cyanophycée	10	26	9
				petits blocs	80				
				debris	10				
2	20°30'11	166°14'02	6.2	sable grossier blanc	25	cyanophycée	10	29	9
				gravier	5				
				debris	10				
				petits blocs	65				
3	20°30'16	166°18'80	7.2	dalle	90	corail	2	32	9
				petits blocs	5				
				gros blocs	5				
4	20°30'39	166°13'67	1.7	dalle	80	corail	10	45	11
				pâtés coraliens	12	algue	10		
				debris	8				
5	20°30'43	166°13'55	10.4	sable grossier blanc	20	corail	2	31	12
				dalle	15	cyanophycée	2		
				petits blocs	5				
				gros blocs	60				
6	20°29'47	166°16'02	4.5	petits blocs	50	cyanophycée	80	32	10
				gros blocs	40				
				pâtés	10				
7	20°29'49	166°16'02	0.8	dalle	45	corail	65	36	12
				corail branchu	65				
8	20°29'69	166°16'17	11.0	sable fin blanc	80		0	26	11
				sable grossier blanc	15				
				gravier	5				
				debris	1				
9	20°29'53	166°16'72	4.0	dalle	10	cyanophycée	10	33	12
				debris	20				
				petis blocs	70				
10	20°29'64	166°16'94	1.8	dalle	70	cyanophycée	10	30	11
				corail	25	corail	30		
				debris	5				
11	20°29'36	166°19'23	1.8	dalle	75	cyanophycée	50	29	9
				corail	23	corail	25		
				débris	2				
12	20°29'41	166°19'60	9.0	sable fin blanc	95	algue	1	32	11
				gros blocs	1				
				corail	4				
13	20°29'09	166°19'75	5.5	dalle	75	corail	3	30	11
				petits blocs	20				
				gros blocs	5				
14	20°29'14	166°20'59	5.2	débris	20	corail	15	29	10
				petits blocs	20				
				gros blocs	50				
				pâté	10				
15	20°28'80	166°21'59	0.8	dalle	80	cyanophycée	80	34	17
				sable grossier blanc	2	corail	5		
				debris	10				
				pâtés	8				

N°	Latitude	Longitude	Prof.	Substrat	%	Organismes	%	C1	C2
16	20°28'37	166°22'32	4.5	dalle	80	cyanophycée	30	30	11
				petits blocs	10				
				gros blocs	8				
				pâtés	2				
17	20°28'07	166°23'05	3.8	sable fin blanc	30	corail	5	43	12
				débris	10				
1				petits blocs	20				
1				gros blocs	30				
				sable grossier blanc	10				
*18	20°28'05	166°23'37	12	sable fin blanc	80		0	26	9
				gros blocs	17				
				pâtés	3				
19	20°27'14	166°24'35	4.6	dalle	90	corail	1	26	13
				débris	2				
				petits blocs	6				
				gros blocs	2				
20	20°32'61	166°11'24	4.7	sable fin blanc	90	corail	10	45	10
				gros blocs	10	algue	3		
						diatomée	10		
21	20°33'00	166°11'51	1.6	dalle	55	algue	20	41	18
				débris	10				
				petits blocs	15				
				gros blocs	18				
				pâtés	2				
22	20°33'29	166°12'09	1.2	roche	15		0	36	14
				corail	85				
23	20°33'61	166°12'47	1.2	dalle	80	cyanophycée	40	32	14
				corail	20				
24	20°34'10	166°12'91	1.1	dalle	40	algue	80	30	13
				débris	15				
				petits blocs	20				
				gros blocs	20				
				pâtés	5				
25	20°34'90	166°13'00	7.0	dalle	85	corail	5	22	10
				petits blocs	5				
				gros blocs	8				
				pâtés	2				
26	20°34'25	166°13'93	15.0	dalle	80	corail	5	27	11
				débris	5				
				petits blocs	10				
				gros blocs	5				
27	20°34'25	166°14'79	2.1	dalle	25	corail	80	31	11
				gros blocs	75				
28	20°35'07	166°16'28	1.3	dalle	60	algue	15	38	16
				débris	10	corail	25		
				petits blocs	20				
				gros blocs	10				

N°	Latitude	Longitude	Prof.	Substrat	%	Organismes	%	C1	C2
29	20°37'77	166°17'60	1.0	dalle	85	algue	5	38	19
				petits blocs	15				
30	20°37'58	166°17'44	8.0	dalle	90	cyanophycée	50	32	10
				sable grossier blanc	2]	
				gros blocs	8				
31	20*37'71	166°18'34	0.6	corail	90	corail	50	37	19
				sable fin blanc	10	algue	40		
*32	20°37'49	166°18'21	9.0	sable fin blanc	95	algue	1	31	10
				dalle	2	corail	3		
				pâtés	3				
33	20°37'44	166°17'19	0.6	dalle	60	corail	35	40	10
				sable fin blanc	5				
				gros blocs	35				
34	20°37'59	166°19'40	9.7	dalle	50		0	28	10
				sable fin blanc	40				
				petits blocs	10				
35	20°37'78	166°19'38	1.0	petits blocs	10	caulerpe	50	43	20
				gros blocs	20				
1				débris	60				
				sable grossier blanc	10				
36	20°37'92	166°19'77	7.6	dalle	60	alcyonaire et gorgone	40	27	10
				roche	20				
				pâtés	20				
37	20°38'18	166°20'46	9.0	dalle	88		0	25	9
				pâtés	12				
*38	20°37'24	166°18'57	12.3	sable moyen moyen	100	cyanophycée	50	27	9
39	20°39'66	166°21'48	1.3	sable grossier blanc	20		0	50	15
				gravier	10				
				débris	20				
				gros blocs	50				
40	20°39'41	166°21'28	1.5	sable grossier blanc	10	corail	45	41	15
				gros blocs	60				
				corail	30				
*41	20°39'38	166°22'09	15.0	sable moyen blanc	85		0	26	9
ļ				débris	8				
				petits blocs	2				
				gros blocs	2				
				pâtés	3				
42	20°39'93	166°22'09	0.8	roche	70	corail et alcyonaire	18	29	14
				débris	15				
				corail	15				
*51	20°30'19	166°33'59	6.8	sable moyen blanc	60	algue	40	37	9
				dalle	35	corail	5		
				petits blocs	5				
*52	20°30'57	166°34'18	3.5	sable moyen blanc	90	algue	30	40	11
				corail	10	corail	10		
*53	20°31'51	166°33'59	4.0	sable moyen blanc	40	algue	10	37	11
				dalle	40	corail	30		
				petits blocs	20				
*54	20°31'06	166°33'45	7.3	sable moyen blanc	80	algue	20	36	10
				dalle	18	corail	5		
				petits blocs	2				

N°	Latitude	Longitude	Prof.	Substrat	%	Organismes	%	C1	C2
*55	20°25'14	166°31'17	7.2	sable moyen blanc	90	algue	10	36	10
				gros blocs	10	corail	15		
*56	20°24'51	166°31'17	4.7	sable moyen blanc	50	corail	10	40	11
				dalle	40				
				gros blocs	10				
*63	20°25'46	166°30'19	9.0	sable grossier blanc	70	corail	10	29	10
				dalle	20				
				gros blocs	10				
*66	20°26'20	166°28'16	5.5	sable grossier blanc	60	corail	30	25	9
				gravier	20				
				débris	10				
				petits blocs	10				
*74	20°27'00	166°28'34	11.5	sable grossier blanc	100		0	32	9
*75	20°27'04	166°29'24	10.2	sable moyen blanc	100		0	32	9
*76	20°27'12	166°27'07	13.5	sable moyen blanc	90		0	28	10
				dalle	10				
77	20°27'01	166°27'03	9.8	sable moyen gris	15	corail	20	29	12
				dalle	75				
				gros blocs	10				
78	20°27'04	166°26'50	9.5	sable moyen gris	20	corail	10	26	11
				dalle	75				
				gros blocs	5				
81	20°27'10	166°25'57	10.0	dalle	65	corail	10	29	9
				sable moyen gris	25				
				gros blocs	10				
82	20°27'01	166°26'09	2.7	dalle	50	corail	70	53	22
				roche	50				
83	20°27'15	166°25'18	11.5	sable gris moyen	45	corail	5	27	10
				dalle	45				
				gros blocs	10				
84	20°27'05	166°25'03	8.5	dalle	30		0	31	10
				sable grossier gris	20				
				gravier	20				
				débris	30				
85	20°27'16	166°27'28	12.0	sable moyen gris	95	corail	5	33	11
				gros blocs	5				
86	20°27'28	166°24'13	14.0	dalle	30	corail	5	27	9
				sable gris moyen	65				
<u> </u>				gros blocs	5				
*87	20°27'25	166°23'41	18.0	sable fin blanc	100		0	23	9
*88	20°27'10	166°23'29	18.5	sable fin blanc	100		0	23	10
*90	20°28'14	166°22'14	9.7	sable moyen blanc	95	corail	5	39	14
				gros blocs	5				
*91	20°32'46	166°33'47	4.3	sable moyen blanc	95	corail	5	40	10
				corail	5				
*92	20°33'08	166°33'42	2.5	sable moyen blanc	100	algue	70	40	11
*93	20°33'32	166°33'33	4.8	sable moyen blanc	98	corail	3	40	10
				petits blocs	2	algue	50		
*94	20°33'57	166°33'30	4.8	sable moyen blanc	100		0	44	11
*95	20°33'33	166°33'05	7.6	sable moyen blanc	100	algue	50	38	10
*96	20°32'58	166°33'00	8.8	sable moyen blanc	100	algue	15	36	10

N°	Latitude	Longitude	Prof.	Substrat	%	Organismes	%	C1	C2
*97	20°41'56	166°28'05	2.5	sable moyen blanc	100		0	50	12
101	20°41'46	166°23'05	7.2	dalle	70	corail	30	32	9
				sable grossier gris	20				
				gros blocs	10				
102	20°41'29	166°23'00	7.2	sable moyen gris	65	corail	15	31	10
1				graviers	15				
				débris	5			· ·	
				petits blocs	15				
									L
103	20°41'03	166°22'40	7.6	dalle	25	corail	20	24	9
]			1	sable grossier gris	50				
				graviers	10				
				débris	5				
				petits blocs	10			L	
104	20°40'42	166°22'46	5.5	sable grossier gris	50	corail	20	38	12
				graviers	15				
				débris	10				
				gros blocs	20				
				pâtés	5				

1.2-Les stations de fonds durs

Le tableau 5 indique les principales données obtenues pour les stations de fonds durs. Le substrat et les pourcentages des organismes recouvrants sont moyennés sur les 2 radiales. Les valeurs des canaux SPOT sont la moyenne pour un carré de 3x3 pixels centré sur la position de la station. La nature du fond sur une même station étant très hétérogène nous avons également fourni l'écart type des valeurs des canaux SPOT sur le carré 3x3. Neuf des stations "fonds durs" se situent en fait dans la zone fonds meubles (stations 23 à 31 et 44, figure 4) et les résultats en seront utilisés pour caractériser les fonds meubles.

Tableau 5 : données des stations de fonds durs.

station

les profondeurs (Prof.) sont en m, le premier chiffre étant la valeur moyenne suivi des valeurs extrêmes

le % donné après "Organismes" indique la proportion du substrat couverte par ces organismes

C1 : canal 1 de SPOT valeur moyenne et écart type sur un carré de 3x3 pixels centré sur la C2 : idem pour canal 2 SPOT

N°	Latitude	Longitude	Prof.	Substrat	%	Organismes	%	C1	C2
1	20°30'60	166°13'60	4.3	sable grossier blanc	3	corail	40	26.7	10.6
			1.5/9	gravier	2			0.61	0.50
				débris	5				
				petits blocs	10				
				roche	70				
				dalle	10				
2	20°30'00	166°14'20	4.0	sable grossier blanc	5	corail	40	31.4	11.0
			1/7	débris	12	alcyonaire	10	0.5	0.0
				petits blocs	3	algue	15		
				dalle	7				
				roche	73				

N°	Latitude	Longitude	Prof.	Substrat	%	Organismes	%	C1	C2
3	20°29'50	166°15'30	4.0	sable grossier blanc	20	algue	40	29.6	14.8
			4/4	gravier	10	corail	3	1.32	0.79
				débris	20				
				petits blocs	20				
				gros blocs	25			,	
				pâté	5				
4	20°29'50	166°16'30	3.5	sable grossier blanc	15	corail	25	32.0	9.78
			1/4	gravier	10			1.66	0.35
				débris	20				
				petits blocs	5				
				gros blocs	5				
				roche	45				
5	20°29'80	166°17'50	3.2	gravier	5	corail	25	29.8	11.7
			2/5	débris	5	algue	5	0.50	0.35
				dalle	40				
				roche	50				
6	20°29'30	166°19'30	4.0	sable grossier blanc	10	corail	35	32.8	15.0
			3/5	gravier	10	algue	5	1.06	0.87
				débris	15				
				petits blocs	3				
				roche	62				
7	20°29'00	166°20'00	3.0	dalle	100	corail	30	38.6	21.3
			3/3					5.0	5.30
8	20°29'00	166°21'70	3.8	sable grossier blanc	13	corail	40	28.3	12.4
			1/8	gravier	5	algue	5	1.73	1.80
				débris	20				
				petits blocs	2				
				roche	60				
9	20°28'20	166°23'20	5.4	sable moyen blanc	10	corail	25	32.7	10.2
			2/10	débris	15			0.80	0.01
				petits blocs	5				
				gros blocs	10				
				dalle	5				
				roche	55				
10	20°27'20	166°24'40	3.0	sable grossier blanc	5	corail	5	32.9	11.1
			2/5	débris corallien	10	algue	25	2.70	1.20
				gros blocs	5				
				dalle	10				
				roche	70				
11	20°32'80	166°11'40	2.8	sable grossier blanc	10	corail	15	41.8	11.0
			2/4	débris	60	algue	50	3.10	0.70
				petits blocs	10				
				gros blocs	5				
				dalle	5				
				roche	10		ļ		
12	20°33'10	166°11'90	5.1	sable grossier blanc	10	corail	20	30.8	11.6
			2/8	débris	20			1.30	0.01
				gros blocs	5				
				dalle	10				
				roche	50				
1				pâté	5				

N°	Latitude	Longitude	Prof.	Substrat	%	Organismes	%	C1	C2
13	20°34'00	166°13'40	7.0	sable blanc grossier	5	corail	30	31.0	13.0
			3/16	gravier	5			1.00	1.50
				débris	2				
				dalle	38				
				roche	50				
14	20°34'60	166°15'30	7.7	dalle	30	corail	50	33.6	15.1
			5/18	roche	70	alcyonaire	25	1.80	0.00
15	20°34'90	166°16'50	2.0	débris	5	corail	50	30.9	14.4
			1/5	gros blocs	10	alcyonaire	5	1.70	1.20
				roche	85				
16	20°35'90	166°16'50	4.8	sable grossier blanc	2	corail	30	31.8	13.3
			1/8	gravier	5			2.9	2.60
				débris	20				
				petits blocs	5				
				roche	68				
17	20°37'10	166°16'90	3.4	sable grossier blanc	2	corail	25	33.6	10.4
			1/8	gravier	3	alcyonaire	2	2.80	0.05
				débris	20	algue	2		
				gros blocs	5				
				dalle	10				
				roche	60				
18	20°37'50	166°19'10	2.6	sable grossier blanc	5	corail	50	38.6	13.3
			1/7	débris	10			5.00	1.70
1				petits blocs	5				
				gros blocs	5				
				roche	75				
19	20°37'60	166°18'50	2.3	sable blanc fin	2	corail	25	41.0	17.1
			1/5	sable blanc grossier	10			1.60	1.80
				gravier	5				
				débris	15				
				petits blocs	5				
				dalle	10				
				roche	53				
20	20°37'60	166°17'70	2.5	sable moyen blanc	5	corail	15	38.7	10.9
			1/4	sable grossier blanc	10			3.00	0.40
				gravier	5				
				débris	10				
				dalle	25				
				roche	45				
21	20°38'40	166°20'60	3.2	sable grossier blanc	10	corail	30	35.1	12.0
			1/7	gravier	5	alcyonaire	5	3.80	0.90
				débris	15				
				petits blocs	5				
				gros blocs	10				
				dalle	15				
				roche	40				

N°	Latitude	Longitude	Prof.	Substrat	%	Organismes	%	C1	C2
22	20°39'40	166°21'30	3.7	sable grossier blanc	10	corail	35	26.6	10.3
			2/8	gravier	5			1.60	0.05
				débris	5				
				petits blocs	10				
				gros blocs	10				
				dalle	20				
				roche	40				
23	20°39'00	166°31'00	4.5	sable vaseux	20	algue	40	42.4	10.9
			4/5	sable grossier	10	corail	5	0.05	0.05
				gravier	10				
				gros blocs	5				
				dalle	50				
				pâté	5				
24	20°38'30	166°32'40	3.5	sable vaseux blanc	80	algue	70	47.3	14.7
			3/4	gravier	5			2.12	0.05
				dalle	15				
25	20°37'10	166°33'20	1.5	sable fin blanc	80	algue	80	58.0	22.6
			1.5	gravier	10	phanérogame	10	10.0	2.47
				dalle	10	éponge	5		
26	20°34'80	166°33'60	2.5	sable fin blanc	15	algue	35	46.4	21.6
1			1.5/3	sable grossier	20	corail	35	7.40	7.11
				dalle	5				
				roche	60				
27	20°30'80	166°34'30	2.5	sable vaseux blanc	20	corail	10	47.6	14.0
			2/3	dalle	10	algue	10	1.54	0.00
				roche	70				
28	20°29'85	166°34'80	2.2	sable vaseux blanc	12	algue	50	41.4	11.6
			1/3	sable fin blanc	20			1.37	0.05
				sable grossier blanc	13				
				roche	55				
29	20°28'30	166°35'50	2.2	sable blanc vaseux	70	algue	60	43.0	13.6
			2/2.5	dalle	30	phanérogame	5	2.83	0.71
30	20°27'50	166°34'70	4.0	sable fin blanc	40	corail	15	42.0	10.1
			2/4.5	gros blocs	15	algue	20	0.71	0.05
				dalle	40				
				pâté	5				
31	20°26'40	166°35'30	3.8	sable vaseux blanc	50	algue	50	51.2	13.0
			3.5/4	débris	5	corail	5	7.80	1.12
				dalle	45				
32	20°24'30	166°30'80	4.5	débris	20	corail	40	25.9	10.2
			3/5.5	petits blocs	5	alcyonaire	5	0.50	0.40
				roche	75				
33	20°24'60	166°30'20	3.4	roche	100	corail	5	27.8	13.4
			1/6			algue	5	0.70	0.05
34	20°25'20	166°30'20	5.5	gros blocs	80	corail	7	35.9	11.0
			2/6	dalle	18			0.50	0.00
<u> </u>				pâté	2		<u> </u>		
35	20°25'50	166°29'10	2.7	débris	5	corail	30	29.9	11.7
			1.5/8	petits blocs	5	alcyonaire	15	0.80	0.05
<u> </u>				roche	90		ļ		
36	20°26'00	166°29'00	5.4	sable grossier blanc	25	corail	20	35.4	10.1
			3/7	gravier	5			1.30	0.40
				débris	25				
				petits blocs	5				
				roche	40				

•

N°	Latitude	Longitude	Prof.	Substrat	%	Organismes	%	C1	C2
37	20°26'50	166°28'50	1.8	sable grossier blanc	2	corail	10	41.0	14.4
			1/2.5	débris	30	alcyonaire	2	1.1	1.20
				gros blocs	10				
				dalle	28				
				roche	30				
38	20°26'40	166°28'00	4.5	sable grossier blanc	5	algue	15	30.7	10.0
			2/5.5	gravier	15			0.40	0.50
				débris	20				
				petits blocs	10				
				roche	50				
30	20°27'00	166925'70	45	débris	5	corail	55	27.3	9.90
	20 21 00		3/7	roche	95	alcyoniare	5	0.05	0.05
			5,1	Toche		gorgone	5	0.05	0.05
40	20°27'30	166°26'50	10.0	sable grossier blanc	40	corail	30	28.2	9.30
	20 21 30		8/12	débris	5			0.60	0.02
			0,12	mos blocs	5			0.00	0.02
				rocha	50				
41	20926100	166925150	20	déhaia	10		25	20.1	17.0
41	20 20 90	100 25 50	2.0	debris	10	coran	25	30.1	17.0
1			2/3.2	dalle	40			1.70	2.20
42	20826100	166922170	2.0	rocne	150		0	27.0	
42	20-20-90	100-23-70	2.8	sable grossier blanc	15	corail	8	27.2	11.2
			1/4	gravier	5	algue	15	1.00	0.90
				debris					
				petits blocs	5				
				roche	65				
43	20°26'80	166°24'50	5.0	sable grossier blanc	5	corail	8	36.9	13.2
			4/6	gravier	10	algue	10	2.10	0.01
				débris	5				
				dalle	50				
				roche	30				
44	20°32'50	166°33'80	1.8	sable vaseux blanc	85	corail	2	41.1	12.0
			1/2.5	dalle	10	algue	40	0.61	0.50
				roche	5	phanérogame	40		
45	20°38'70	166°26'60	12.0	sable moyen blanc	25	corail	1	25.1	9.56
			11/13	débris	15			0.02	0.02
L				roche	60				
46	20°40'40	166°22'20	6.5	débris	5	corail	50	33.1	15.8
			0/12	roche	95			3.10	1.10
47	20°40'10	166°22'50	3.7	sable grossier blanc	10	corail	25	36.8	15.3
			1/7	gravier	5			2.40	2.70
				débris	5				
				petits blocs	10				
				gros blocs	20				
				roche	50				
48	20°43'00	166°24'00	5.6	sable fin blanc	2	corail	8	ND	ND
			2.5/9	gros blocs	3	algue	10		
				dalle	20				
				roche	60				
				pâté	15				
49	20°42'30	166°23'50	3.7	sable moyen blanc	2	corail	70	ND	ND
			2/7	gravier	3	alcvonaire	20		
				débris	5	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			
				corail	40				
				roche	50				
N°	Latitude	Longitude	Prof.	Substrat	%	Organismes	%	C1	C2
----	----------	-----------	--------	----------------------	-----	------------	----	------	------
50	20°41'60	166°23'00	2.1	sable fin blanc	2	corail	25	37.4	13.8
			1/5	sable moyen blanc	5]	2.50	1.70
				sable grossier	10				
				gravier	10				
				débris	8				
				petits blocs	5				
				gros blocs	5				
				roche	55				
51	20°41'00	166°22'40	5.2	sable moyen blanc	10	corail	20	32.2	16.0
			.5/6.5	sable grossier blanc	10	algue	5	2.30	1.60
				gravier	10				
				débris	5				
				petits blocs	5				
				gros blocs	2				
				dalle	5				
				roche	53				
52	20°39'70	166°21'50	1.7	sable grossier	5	corail	60	32.6	9.70
			1/4	gravier	5			1.50	0.02
				petits blocs	2				
				gros blocs	8				
				dalle	10				
				roche	70				
53	20°37'7	166°18'70	1.4	roche	100	corail	45	33.6	17.4
			1/3.5			algue	30	0.50	0.50
54	20°37'60	166°17'00	1.7	sable grossier blanc	10	corail	15	47.4	17.1
			1.1/2	gravier	5	algue	5	1.10	0.70
				petits blocs	35				
				gros blocs	5				
				dalle	15				
				roche	30				
55	20°34'10	166°14'40	3.5	petits blocs	10	corail	30	34.6	11.1
			3.5/4	gros blocs	15	alcyonaire	10	2.20	0.40
				dalle	55				
				roche	20				
56	20°29'00	166°20'50	3.1	gros blocs	2	corail	50	29.6	11.9
			1.5/7	roche	98			1.30	1.40
57	20°30'00	166°13'70	3.8	sable grossier blanc	2	corail	20	31.8	11.9
			2/4	gravier	3			0.87	0.87
		1		gros blocs	50				
				roche	45				
58	20°29'40	166°16'00	3.8	gros blocs	30	corail	8	34.2	12.6
			1/6	dalle	20			1.90	1.00
60	00000100	1.0000100		roche	50		07	05.5	
39	20~28'30	166°22'30	2.0	sable grossier blanc	8	corail	35	25.6	9.8
			1//	gravier	8			1.40	0.90
				peuts blocs	4				
]			gros blocs	20				
1				roche	60		1	1	l

1.3- Stations de fonds meubles

Le résumé des observations réalisées sur les stations de fonds meubles est donné dans le tableau 6. Les pourcentages donnés pour les différentes composantes du substrat sont les moyennes des 10 sections de 10 m du transect établi sur chaque station. On remarque que le nombre de composantes du substrat est en général moins élevé que sur les fonds durs. Dans la plupart des cas il s'agit de sable recouvrant de la dalle avec quelques blocs de corail mort éparts. L'épaisseur de sédiment n'a pas été notée, mais elle est en général faible,

2

de 1 à 5 cm, même à proximité de la côte. Bien qu'aucune mesure précise de la taille des blocs n'aie été effectuée, il semble que cette taille augmenterait avec la profondeur.

Tableau 6 : observations réalisées sur les stations de fonds meubles du lagon d'Ouvéa

Prof. : profondeur moyenne en m.

C1 : valeur du canal 1 SPOT (moyenne d'un carré de 3x3 pixels centré sur la station suivi de l'écart type) C2: idem pour le canal 2 SPOT

N°	Latitude	Longitude	Prof.	Substrat	%	Organisme	%	C1	C2
302	20°28'00	166°34'00	7.0	sable vaseux	95	corail	0.5	37.9	9.89
				gravier (coquille)	3	algue	2	0.61	0.05
				gros blocs	1				
				dalle	1				
304	20°26'00	166°34'00	5.0	sable vaseux	97		0	47.8	10.1
				gravier (coquille)	3			0.71	0.0
				gros blocs	0.1				
306	20°30'00	166°34'00	7.0	sable vaseux	12	corail	1	36.8	9.67
				sable fin blanc	4	algue	45	0.61	0.05
				sable moyen blanc	50				
				gros blocs	20				
				dalle	15				
				pâtés	1				
308	20°30'00	166°32'00	12.0	sable vaseux blanc	90	corail	0.5	27.9	9.67
				débris	1	algue	2	0.01	0.05
				petits blocs	4				
				gros blocs	1			1	
				dalle	5				
310	20°32'00	166°32'00	12.0	sable vaseux	93	corail	0.5	29.6	9.89
				débris	1	algue	4	0.05	0.02
				petits blocs	5				
				gros blocs	1				
				dalle	0.5				
312	20°34'00	166°32'00	11.1	sable moyen blanc	92	corail	1	30.8	9.67
				débris	0.5	algue	2	0.35	0.02
				gros blocs	3				
				dalle	2				
				pâté	1				
314	20°36'00	166°32'00	8.5	sable vaseux blanc	85	algue	8	33.6	9.67
				sable fin blanc	13		1	0.05	0.05
				gravier (coquille)	1				
			· ·	gros blocs	1				
316	20°38'00	166°32'00	6.5	sable vaseux blanc	97	cyanophycée	60	44.7	12.0
				gros blocs	2	algue	20	0.71	1.0
				dalle	1				
318	20°38'00	166°30'00	10.0	sable vaseux blanc	82	algue	5	34.1	10.6
				gravier (coouille)	2			0.79	0.05
				débris	13				
				gros blocs	1				
				dalle	2				
320	20°36'00	166°30'00	13	sable fin blanc	65	algue	8	28.8	9.56
				sable moven blanc	15			0.05	0.02
				débris	4				
1				gros blocs	2				
				dalle	14				

73

N°	Latitude	Longitude	Prof.	Substrat	%	Organisme	%	C1	C2
322	20°34'00	166°30'00	14.0	sable fin blanc	85	algue	5	27.4	9.56
				débris	8	corail	0.5	0.05	0.05
				gros blocs	3				
				dalle	2				
				pâté	2				
324	20°32'00	166°30'00	14.0	sable fin blanc	68	algue	15	27.6	9.22
				gravier (coquille)	2	corail	1	0.05	0.05
				gros blocs	12		· ·		
				dalle	18				
326	20°30'00	166°30'00	15.0	sable moyen blanc	92	corail	0.5	24.7	9.00
				débris	4			0.35	0.87
				gros blocs	3				
				pâté	1				
328	20°28'00	166°30'00	14.2	sable vaseux blanc	7	corail	0.2	27.1	9.11
1				sable fin blanc	69			0.50	0.50
				gravier(coquille)	1				
				débris	9				
				gros blocs	5				
				dalle	8				
	0.000 (100	16600000	120		1			07.0	0.00
330	20*26'00	166°30'00	13.0	gros blocs	15	corail	4	27.0	8.89
				dalle	80			1.00	0.02
	2092(100	166822100	6.0	roche			0	067	0.00
332	20°26'00	166°32'00	5.8	sable moyen blanc	95		0	26.7	8.89
				gravier (coquilie)	4			1.12	0.02
224	20828'00	166922'00	12.0	gros blocs			10	201	0 70
334	20-28 00	100-32.00	12.0	sable vaseux blanc	25	aigue	10	20.1	0.70
				ares block	1			1.41	0.05
				dalle	4				
336	20°28'00	166°28'00	17.5	sable moven blanc	7	aloue	50	23.0	9.00
,, .				gros blocs	6	angue		0.02	0.00
				dalle	60				0.00
				roche	25				
				pâté	2				
338	20°30'00	166°28'00	17.0	sable fin blanc	17	corail	0.2	24.2	9.00
				sable moyen blanc	70			0.02	0.00
				gravier(coquille)	5				
				débris	1				
				gros blocs	2				
				dalle	3				
				pâté	2				
340	20°32'00	166°28'00	17.0	sable moyen blanc	90	corail	0.2	24.1	9.44
				gravier(coquille)	2			0.02	0.05
				gros blocs	6	1			
				dalle	1				
				pâté	1				
342	20°34'00	166°28'00	15.5	sable fin blanc	97	algue	20	25.8	10.0
				gros blocs	2	corail	0.2	0.02	0.00
	0000000	1///20100	1.0	dalle	1	<u> </u>			0.75
344	20°36'00	166°28'00	14.0	sable vaseux blanc	30	algue	35	27.6	9.33
				sable fin blanc	30			0.05	0.05
				aedris	5				
				gros blocs	3				
1		1	1	ualle	134	1	1	1	1

N°	Latitude	Longitude	Prof.	Substrat	%	Organisme	%	C1	C2
346	20°40'00	166°30'00	8.0	sable vaseux blanc	95	algue	10	41.3	10.3
				gravier (coquille)	3	cyanophycée	15	2.15	0.05
				gros blocs	1				
				dalle	1				
348	20°40'00	166°28'00	11.5	sable vaseux blanc	50	corail	3	32.3	10.0
				sable fin blanc	20	algue	5	0.05	0.50
				sable moyen blanc	20	-			
			ļ	gros blocs	8				
				dalle	1				
				pâté	1				
350	20°42'00	166°26'00	11.5	sable moyen blanc	77	corail	2	29.0	9.56
				gravier (coquille)	5			0.50	0.05
				gros blocs	3				
	ļ			dalle	15				
352	20°40'00	166°26'00	13.8	sable moyen blanc	98	algue	3	29.8	9.33
	1			gravier (coquille)	1.5	corail	0.2	0.02	0.02
				gros blocs	0.5				
354	20°38'00	166°28'00	14.5	sable fin blanc	40	algue	15	27.0	9.33
				sable moyen blanc	20	cyanophycée	10	0.50	0.05
				débris	9	corail	0.1		
				gros blocs	3				
				dalle	28				
356	20°38'00	166°26'00	14	sable fin	70	corail	10	25.3	9.33
				débris	4	algue	30	0.35	0.05
				gros blocs	20	cyanophycée	15		
				dalle	6				
358	20°36'00	166°26'00	15.0	sable moyen blanc	90	corail	2	25.4	9.56
				gros blocs	5	algue	20	0.05	0.05
				dalle	3	cyanophycée	10		
		<u></u>		pâté	2		<u> </u>		
360	20°34'00	166°26'00	16.0	sable fin blanc	70	corail	3	24.0	9.56
				débris	2	algue	20	0.00	0.05
				gros blocs	13				
		ļ		dalle	15				
362	20°32'00	166°26'00	18.0	sable fin blanc	28	corail	0.5	24.0	9.67
				sable moyen	60			0.00	0.10
				débris	2				
				gros blocs	6				
				dalle	2				
-				päté	2				
364	20°28'00	166°26'00	17.5	sable moyen blanc	85	corail	0.1	24.2	9.00
				gravier (coquille)	6			0.02	0.00
				debris	3				
				gros blocs	$ ^2$				
				dalle	2				
2//	00000100	1//00/100	10.0	pate	2				0
366	20*30'00	166°26'00	18.0	sable moyen blanc	96	corail	0.1	23.9	9.11
				acons				0.01	0.01
				gros blocs	2				
					0.5				
269	20920100	1((004)00	17.0		0.5				0.55
308	20-28.00	106~24'00	17.0	sable moyen blanc	9/		0	24.3	9.22
			1	gravier (coquille)	3			0.35	0.02
									1

Nº	Latitude	Longitude	Drof	Substrat	07.	Organiama	0%	C1	
19		Longitude	FIUL	Subsual	90	Organisme	70		
574	20-34 00	100-24 00	18.0	sable moyen blanc	95	cyanophycee		24.0	9.11
				gravier (coquille)	2			0.00	0.05
				gros blocs					
				dalle	1.5				
				pâté	0.5				<u> </u>
376	20°36'00	166°24'00	18.0	sable fin blanc	30	algue	1	24.2	9.11
				sable moyen blanc	40	corail	0.1	0.05	0.02
				gros blocs	6				
			ļ	dalle	24				L
378	20°38'00	166°24'00	16.0	sable fin blanc	80	corail	3	24.4	9.22
				sable moyen blanc	5	cyanophycée	3	0.05	0.05
				débris	1				
				gros blocs	8				
				dalle	6				
380	20°40'00	166°24'00	14.5	sable moyen blanc	97	corail	0.1	25.6	9.22
				débris	1			0.50	0.05
				gros blocs	2				
382	20°42'00	166°24'00	13.8	sable moven blanc	50	corail	12	26.7	9.33
–				gros blocs	28			0.05	0.05
				dalle	22				
384	20°38'00	166'22'00	18.1	débris	1	comil	4	22.8	0 11
504	20 50 00	100 22 00	10.1			alque	25	0.05	0.01
					27	aigue	25	0.05	0.01
				gios blocs	55				
					55				
200	00000000	1.((000)000	001		9				
388	20-36 00	166-22.00	20.1	sable moyen blanc	191	corail	0.1	23.2	9.78
1				debris	2			0.02	0.01
				gros blocs	3				
			1	dalle	3				
<u> </u>		1		pâté	1				
390	20°34'00	166°22'00	19.0	sable moyen blanc	28	corail	2	23.4	9.33
				gros blocs	4			0.05	0.05
				dalle	77				
L				pâté	1		ļ	I	
392	20°32'00	166°22'00	26.0	sable fin blanc	10	corail	0.2	21.9	9.44
				sable moyen blanc	14	cyanophycée	20	0.05	0.05
				gros blocs	3				
				dalle	77				
402	20°36'00	166°20'00	19.5	débris	3	corail	0.5	23.0	9.56
				gros blocs	18	algue	70	0.71	0.05
				dalle	78				
				pâté	1				
404	20°38'00	166°20'00	16.5	sable moven blanc	3	corail	10	25.1	9.78
				gros blocs	5			0.05	0.02
				dalle	74				
				roche	7				
				nâté	11				
426	2003200	166934'00	6.0	sable fin blanc	25	corail	5	46.2	14.2
120	20 32 00	100 34 00	0.0	sable moven blong	23		5	40.3	14.3
	1			area blocs	10	aigue	00	2.12	0.05
				dollo					
	1				20				
	1		1	pate	12	1	1	1	1

1.4- Corrélations entre les canaux SPOT et les composantes du substrat

Le principe de la cartographie à partir d'image satellite est d'associer un thème à une combinaison de valeurs des canaux radiométriques. En général on localise, de façon la plus précise possible, un thème sur le

•

terrain, par exemple une zone de sable blanc, puis on cherche sur l'image satellite le point correspondant et les valeurs des canaux radiométriques. En principe on peut par la suite associer ce thème à tous les points de l'image ayant la même combinaison de valeurs radiométriques.

Dans la pratique un même thème peut avoir des signatures radiométriques différentes en fonction de la profondeur ou de la turbidité. D'autre part, une même combinaison de valeurs peut couvrir plusieurs thèmes. Plus le nombre de canaux radiométriques est important et plus les risques de recouvrement entre thèmes différents sont faibles. Les images SPOT ne disposent que de 2 canaux pénétrant dans l'eau, ce qui réduit considérablement les combinaisons possibles et augmentent donc les risques d'erreurs qui sont de 2 types:

- a) attribuer un thème erroné pour une combinaison de valeurs radiométriques données
- b) attribuer à une signature donnée un seul thème alors qu'elle en couvre plusieurs

Il existe de nombreuses méthodes de classifications automatiques. Ces techniques sont basées essentiellement sur des analyses multivariées, en particulier les analyses hiérarchiques. Elles créent des groupes ayant des valeurs radiométriques proches, reste à l'utilisateur à vérifier si ces groupes correspondent à un thème précis sur le terrain. Nos diverses tentatives avec ce type d'outil n'ont pas été satisfaisantes, un même groupe recouvrant la plupart du temps plusieurs thèmes. Ceci était surtout vrai si le groupe était présent à des emplacements éloignés les uns des autres sur l'image. Pour tenter d'élucider ce problème nous avons analysé les relations entre les valeurs des canaux (c1 et c2) avec la composition du substrat sur les 178 stations disposant de données complètes.

Il y avait initialement 22 variables par stations : 4 types de sables, 4 types de sédiments grossiers, 4 types de fonds durs, 3 types de couvertures algales et 3 types de couvertures coralliennes. Ce grand nombre de variables permet certes une séparation fine des stations, mais le nombre important de zéros gène les analyses statistiques. Les variables ont donc été regroupées en 8 classes comme suit : sables fins, sables grossiers, débris, blocs, dalle, autres fonds durs, algues, coraux. Il convient d'ajouter 2 autres variables, la profondeur et la turbidité (coefficient d'extinction de la lumière), cette dernière n'étant disponible que sur les 46 stations fonds meubles (Clavier et al., 1992).

Une régression multiple descendante (SAS stepwise backward regression analysis) sur les 8 variables du substrat et la profondeur (tableau 7 a,b) indique que cette dernière variable contribue pour l'essentiel des corrélations existantes entre c1, c2 et le substrat. Il convient de noter que les valeurs des 8 variables du substrat ont été transformées par la fonction arcsinus pour les normaliser et que pour les relations avec c2 l'utilisation du logarithme des profondeurs améliore la corrélation. Mis à part la profondeur, les variables influant de manière significative (au seuil $\alpha < 0.05$) sur le canal c1 sont les pourcentages de sables fins, de blocs et de substrats durs. Pour le canal c2 aucune variable du substrat n'a de corrélation statistiquement significative.

Tableau 7 : résultats principaux des régressions multiples entre les canaux c1 et c2 avec les composantes du substrat et la profondeur pour 178 stations du lagon d'Ouvéa.

a) c1 = f(profondeur, sables fins, sables grossiers, débris, blocs, fonds durs, dalle, algues, corail)

$r^2 = 0.57$	N= 178		•
Variables	N= 110	Transformation	Valeur de α
intercept		aucune	< 0.0001
profondeur		aucune	< 0.0001
sables fins		arc sinus	0.0032
sables grossiers		arc sinus	0.095
débris et graviers		arc sinus	0.707
blocs		arc sinus	0.045
fonds durs		arc sinus	0.0004
dalle		arc sinus	0.102
algues		arc sinus	0.214
coraux		arc sinus	0.606

b) c2 = f(profondeur, sables fins, sables grossiers, débris, blocs, fonds durs, dalle, algues, corail)r² = 0.45 N = 178

Variables	Transformation	Valeur de α
intercept	aucune	< 0.0001
profondeur	logarithme	< 0.0001
sables fins	arc sinus	0.749
sables grossiers	arc sinus	0.625
débris et graviers	arc sinus	0.331
blocs	arc sinus	0.388
fonds durs	arc sinus	0.330
dalle	arc sinus	0.193
algues	arc sinus	0.844
coraux	arc sinus	0.109

c) autres relations: profondeur en mètres; la turbidité est représentée par le coefficient d'extinction de la lumière k d'après la relation $L_z = L_0 e^{-kz}$ où z est la profondeur et L la quantité de lumière à une profondeur donnée.

relation	r ²	N	а	b	С
c1 = a + b profondeur	0.413	178	39.0	-0.849	
$c1 = a + b \log (profondeur)$	0.357	178	41.3	-5.06	
c2 = a + b profondeur	0.316	178	13.64	-0.293	
$c2 = a + b \log (profondeur)$	0.409	178	15.08	-2.14	
c1 = a + b profondeur + c turbidité	0.709	46	42.3	-1.11	13.8
$c1 = a + b \log (profondeur)+c$	0.760	46	19.9	-9.12	0.15
log(turbidité)					
c2 = a + b profondeur + c turbidité	0.247	46	9.95	-0.061	4.89
$c2 = a + b \log (profondeur) + c turbidité$	0.275	46	8.70	-2.22	1.00

Le tableau 7c montre que les valeurs de c1 et c2 sont liées à la profondeur de façon très significative. 11 est possible d'affiner cette relation en incluant la turbidité (elle même fonction de la profondeur). Pour c1 l'apport de cette variable améliore sensiblement la relation alors que pour c2 elle n'est d'aucune utilité. En d'autres termes les valeurs des canaux SPOT sont fortement dépendants de la profondeur et c1 de la turbidité. Les résultats de Clavier et al. (1992) indiquent que la turbidité diminue d'est en ouest et atteint un maximum dans la baie de St Joseph. En conséquence, un même substrat donnera des valeurs de c1 et c2 différentes suivant sa localisation dans le lagon.

Une étude graphique des relations entre les valeurs de c1 et c2 avec les différentes composantes du substrat est donnée sur les figures 8 à 12. Comme le laissaient prévoir les relations données au tableau 7a,b, la figure 8 montre une bonne corrélation entre les sables et c1, c2, les forts pourcentages de sables (> 75%) couvrant l'ensemble des valeurs de c1 mais étant limités à des valeurs de c2 n'excédant pas 15. En tenant compte de la relation existant entre c1, c2 et la profondeur (tableau 7c) il serait possible d'estimer le pourcentage de couverture de sable pour une combinaison donnée de c1, c2, profondeur. L'estimation de l'interval de confiance dans ce cas devient très complexe, il est cependant possible d'employer la méthode simplifiée de Bonferroni (Neter et Wasserman, 1974) pour une combinaison donnée. Dans ce type d'estimation, l'interval de confiance minimum est obtenu pour les valeurs moyennes des variables, soit dans notre cas c1 = 32.6, c2 = 11.4, profondeur = 7.5m. Le pourcentage de sable pour cette combinaison serait compris entre 0 et 99.4% pour $\alpha = 0.05$. En d'autres termes, pour une profondeur connue, il n'est pas possible de prédire précisément à partir des valeurs de c1 et c2 la couverture en sable.

Les figures 9 et 12 montrent qu'il n'existe pas de relation entre les débris ou les coraux et les valeurs de c1 et c2. La figure 10 indique que les substrats ayant une forte proportion de fonds durs ont tendance à avoir des valeurs de c2 élevées alors qu'une forte couverture algale (figure 11) entraine des fortes valeurs de c1. Dans tous les cas l'estimation de l'interval de confiance montre qu'il n'est pas possible de prédire la composition du substrat à partir des seules données c1 et c2.



Figure 8: relation entre le pourcentage de sable et les valeurs radiométriques des canaux c1 et c2



Figure 10 : relation entre le pourcentage de fonds durs et les valeurs de c1 et c2



Figure 9: relation entre le pourcentage de débris, graviers, petits blocs et les valeurs de c1 et c2



Figure 11 : relation entre la couverture algale et et les valeurs de c1 et c2



Figure 12 : relation entre la couverture en coraux vivants et les valeurs radiométriques des canaux c1 et c2

L'impossibilité d'utiliser les données SPOT pour une prédiction du substrat est liée à de nombreuses causes, les principales étant citées ci-après:

a) le substrat est en général très hétérogéne ce qui multiplie les combinaisons possibles de c1, c2 et affaiblit les modèles prédictifs (variance plus élevée).

b) les valeurs de c1 et c2 pour une composition du substrat et une profondeur donnée varient d'une extrémité à l'autre de l'image. Ceci est dû en partie à l'angle de prise de vue, mais le facteur le plus important est la turbidité qui varie considérablement entre la côte de l'île principale et la passe d'Anémata (Clavier et al., 1992). A faible profondeur ce facteur ne joue guère, mais devient non négligeable au-delà de 5m.

c) la scène SPOT a été prise en mai 1988 alors que la vérité terrain a eu lieu en 1991 et 1992. Entre ces dates la couverture algale a pu changer considérablement, surtout les cyanophycées qui sont éphéméres et qui peuvent couvrir de grandes étendues en particulier sur les zones sableuses.

d) la précision du positionement des stations est théoriquement de 50m mais en pratique elle est le plus souvent de l'ordre de 100m, voire plus. La taille des pixels étant de 20 m, il en résulte des associations erronées entre c1, c2 et les composantes du substrat.

Il ne faudrait pas cependant conclure hativement de ce qui précéde que les données SPOT sont inutilisables. Associée aux photos aériennes l'image SPOT peut rendre de grands services comme le montreront les paragraphes 2.2 et 2.3.

2 - Analyse des 4 biotopes

21-Les fonds meubles

Sous la désignation "fonds meubles" est comprise la zone indiquée en grisé sur la figure 5b. Les résultats de 80 stations (25 stations GPS, tableau 5) (9 stations fonds durs, paragraphe 1.2) (46 stations fonds meubles) ont été utilisés pour étudier cette zone (figure 5b). La partie la moins profonde (0-10 m) de cette zone fera l'objet d'une étude particulière dans le chapitre "fonds cotiers". Cette étude des fonds cotiers sera

basée sur l'utilisation des photos aériennes et de l'image SPOT, ces techniques ne fournissant guère de renseignements pour les parties au delà de 10 m de profondeur.

Le tableau 8 donne les corrélations existantes entre les différentes composantes du substrat des fonds meubles pour les 80 stations étudiées. Dans la plupart des cas les corrélations significatives sont négatives, indiquant qu'une composante exclue l'autre. L'analyse de chaque composante est détaillée ci-après.

Tableau 8 : corrélations (Bravais-Pearson) entre les différentes composantes du substrat des fonds meubles. Le nombre des stations est 80.

	sables très fins et fins	sables moyens et grossiers	graviers et débris	petits et gros blocs	roche, pâtés et corail	dalle	algues
sables fins et très fins	1.00						
sables moyens et grossiers	-0.72**	1.00					
graviers et débris	0.16	0.10	1.00				
petits et gros blocs	-0.18	0.03	-0.11	1.00			
roche, pâtés et corail	-0.17	-0.03	-0.16	-0.34**	1.00		
dalle	-0.21	-0.33**	-0.39**	0.26*	-0.15	1.00	
algues	0.12	-0.40**	-0.34**	-0.34**	-0.05	0.11	1.00
coraux	-0.35**	0.19	-0.15	0.26*	0.19	-0.02	-0.41**

* : significatif à $\alpha < 0.05$

****** : significatif à $\alpha < 0.01$

211 - Les sables

Durant les observations, les sables ont été classés en 4 catégories : très fins, fins, moyens et grossiers (tableau 2). A posteriori, il semble qu'une telle précision ne soit pas réaliste différents observateurs ayant effectué les relevés. Nous avons donc regroupé les sables fins et très fins d'une part et les sables moyens et grossiers d'autre part.

La figure 13 indique la répartition des sables fins et très fins. A l'exception des zones côtières bordées par des falaises coralliennes peu élevées (île de Mouly et zone entre Hwaadrila et le col du Casse-cou) ce type de sable couvre une bande côtière de 5 à 15 km de large, les couvertures les plus importantes étant notées entre Fayaoué et Hwaadrila et dans la baie de St Joseph. Ces sables sont également présents derrière les îlots à proximité des passes, dans des zones de décantation.

La figure 14 indique la répartition des sables moyens et grossiers. Ce type de sédiment se situe le plus souvent à proximité des passes (passes du Styx et de la Meurthe dans le sud, passes du Taureau et de la Baleine dans le nord) ainsi qu'à la sortie de la baie de Lekiny et en face des falaises côtières entre Hwaadrila et le col du Casse-cou.

Le tableau 8 indique que les 2 catégories de sable sont très fortement corrélées, la présence d'une catégorie excluant l'autre. Le tableau 8 montre aussi que le corail ne se trouve pas sur les fonds à sables fins et que les algues sont le plus souvent absentes des sables grossiers. La même relation existe dans le lagon sudouest de Nouvelle Calédonie où les algues sont surtout présentes sur les sables gris et absentes des zones d'arrière récif où les sables sont plus grossiers (Garrigue, 1985).

La comparaison avec les résultats de Chevillon et al. (1992) montre qu'il existe une bonne corrélation entre la distribution des sables les plus fins et la teneur en vase du sédiment. Par ailleurs, les travaux de Chevillon et al. (1992) indiquent que dans la baie de St Joseph ainsi que dans une zone à 5 km de la passe du Styx se trouvent des zones où le sédiment présente une épaisseur maximale et où les teneurs en vase sont les plus importantes du lagon. La répartition des sédiments fins donnée par Chevillon et al. (1992) (classes texturales 4 à 7 de ces auteurs) est proche des répartitions des sables indiquées par les figures 13 et 14.



Figure 13: répartition du pourcentage de sables fins et très fins sur les fonds meubles



Figure 14 : répartition du pourcentage de sables moyens et grossiers sur les fonds meubles

212 - Graviers, débris et petits blocs

La figure 15 indique que les sédiments grossiers (graviers, débris et petits blocs) sont souvent abondants aux mêmes endroits que les sables fins. Ceci est dû en grande partie à la présence de débris coquilliers mélés aux sables en particulier devant Fayaoué. Les sédiments grossiers sont également importants près des passes du Styx et du Taureau. Dans ces zones de passes il s'agit surtout de débris coralliens et de petits blocs également d'origine corallienne. Les maxima observés sur la figure 14 correspondent en grande partie avec la répartition des classes texturales 3 et 4 données par Chevillon et al. (1992). Le tableau 8 indique que les algues sont peu abondantes sur les sédiments grossiers.



166°10°E 166°10°E 166°20°E 166°20°E 166°30°E 166

213 - Les formations rocheuses

Ce paragraphe rassemble plusieurs types de substrats : les gros blocs, la roche, les pâtés coralliens, les coraux massifs et la dalle. Ces éléments revêtent une importance particulière pour les poissons car ils leur servent de refuge. Il en résulte que malgré la faible superficie couverte par ces formations elles ont un rôle très important dans la distribution non seulement des poissons mais également du benthos.

La figure 16 indique la répartition des gros blocs. Dans la plupart des cas ces formations sont d'anciens madrépores, le plus souvent morts et soudés à la dalle sous-jacente. Ils sont plus abondants dans la partie sud du lagon en particulier au niveau de la passe du Coëtlogon. A noter qu'ils sont aussi relativement abondants à la passe de la Baleine, dans les Pléiades du Nord, qui est symétrique à celle du Coëtlogon. Le tableau 8 montre que les blocs sont associés à la dalle et aux coraux. On constate en effet que la plupart des blocs sont soudés à la dalle et que cette dernière affleure à proximité des blocs, sans doute suite à l'action du benthos et des poissons qui prennent refuge dans les blocs. Quant au corail, il se trouve souvent en petites formations à proximité ou sur les blocs.

La figure 17 montre la répartition des roches, pâtés coralliens et coraux massifs. On remarque que ces formations sont surtout présentes le long de la côte entre St Joseph et Hwaadrila. Il s'agit là surtout de coraux de la famille des Turbinaria et de quelques pâtés isolés. Dans la zone au sud de la passe du Taureau on a observé des formations rocheuses parralléles aux récifs des Pléiades du Nord. Il est probable qu'il s'agit de récifs barriére fossiles. La taille des pâtés coralliens augmente avec la profondeur, les plus belles formations étant observées dans la zone au delà des 18 m de profondeur. Aucune mesure précise n'a cependant été effectuée sur la taille des pâtés et cette relation taille-profondeur nécessiterait d'être quantifiée pour être valide. De même l'abondance de pâté coralliens d'aprés les observations faites au sondeur, serait plus importante au delà de l'isobathe des 20 m. Comme le montre la répartition de la dalle (figure 18), il semble qu'il y ait un changement important dans la structure du substrat au delà de 18 m de fond. Ceci pourrait être lié à une rupture de pente qui joint l'île de Bagaat (sud de la passe de la Meurthe) à l'île Angeü (milieu des Pléïades du Nord). Cette anomalie a été détectée à plusieurs reprises sur le sondeur, la bathymétrie passant de 15-17m à 19-21m de façon très rapide (parfois quelques métres), ce qui laisse penser qu'il pourrait s'agir d'une faille. On remarque également que la pente passe de 0.11 % à 0.2% dans cette zone, ce qui est en accord avec l'hypothèse d'un soulévement des Loyautés suivant un axe NNW-SSE (Bitoun et Récy, 1982).



Figure 16 ; répartition du pourcentage de gros blocs sur les fonds meubles

214 - Les organismes recouvrants

La figure 19 indique la répartition des algues, phanérogames et cyanophycées. Ces organismes représentent une couverture importante prés de la côte depuis le nord de la baie de St Joseph jusqu'à la baie de Lekiny. Il s'agit là essentiellement de phanérogames et de sargasses dans la frange côtière (profondeur inférieure à 2m) puis de champs d'halimédas et de caulerpes au-delà. On note cependant, surtout en face de Fayaoué, de grandes plaques de cyanophycées. Ces algues sont posées sur le fond mais ne pénétrent pas dans le substrat et sont facilement déplacées lors de périodes de mauvais temps. Il est donc vraisemblable que la surface et les zones occupées par ces cyanophycées varient considérablement d'une année sur l'autre. En particulier, ce pourrait être la cause des variations de la couleur du fond observées entre différentes séries de photos aériennes et les images SPOT (cf chapitre sur la cartographie de la zone côtière).

Sur la figure 19 on remarque également au large trois zones où la densité algale est importante : une zone au large de Fayaoué, une autre au sud de la passe du Taureau et une troisième entre les passes de la Meurthe et celle du Styx. Dans les deux premiers cas il s'agit d'algues de la famille des Halimeda. Dans le troisième il s'agit de cyanophycées. D'après la figure 17 ces trois zones comportent également un pourcentage de dalle important. Une corrélation directe entre dalle et algue n'a cependant pas pu être mise en évidence (tableau 8).



Figure 17 : répartition du pourcentage de roche, corail branchu et pâté corallien sur les fonds meubles



Figure 18 : répartition du pourcentage de couverture de la dalle sur les fonds meubles



Figure 19 : répartition du pourcentage de couverture algale sur les fonds meubles



Figure 20 : répartition du pourcentage de couverture en coraux vivants, alcyonnaires et gorgones sur les fonds meubles

La figure 20 indique la distribution des coralliaires (coraux, alcyonnaires, gorgones). Ces organismes présentent des concentrations près du littoral, au niveau de certaines passes (Meurthe, Baleine, Coëtlogon) et au large de Fayaoué. Le long du littoral il s'agit essentiellement de petites colonies éparses de coraux. Près des passes on observe davantage d'alcyonaires et de gorgones qui sont souvent des organismes liès aux courants. Le plus remarquable est sans doute la concentration au large de Fayaoué qui coïncide avec une augmentation de la couverture algale (figure 18) et de dalle (figure 17). Cette zone aurait donc un faciès particulier, ce que l'on retrouve en étudiant les communautés benthiques (Clavier et al., 1992) et de poissons (Egretaud, 1992). Il convient cependant de noter que sur l'ensemble du lagon algues et coraux sont négativement corrélés (tableau 8).

215 - La variabilité des substrats

1984)

Jusqu'à présent nous avons analysé séparément les différentes composantes du substrat des fonds meubles. Lors des plongées effectuées sur les stations de fonds meubles, les observateurs ont été frappés par l'extrême hétérogénéité du milieu. Sur une même station on observe fréquemment de très nombreux changements de substrats. Trois indices ont été employés pour étudier cette hétérogénéité :

a) la diversité du substrat, calculée à partir de l'indice de Shannon (Legendre et Legendre,

b) l'équitabilité, qui est le rapport entre la diversité observée et la diversité maximale potentielle (Legendre et Legendre, 1984)

c) la variabilité spatiale du substrat. Elle a été estimée sur chaque station par le nombre de secteurs (il y a 10 secteurs de 10m par station) ayant une composition différant d'au moins 5 % de celle des autres secteurs.

La figure 21 indique que la diversité du substrat est maximale près de la côte, aux passes du Coetlogon et de la Baleine ainsi qu'au large de Fayaoué. Ces zones correspondent aussi à des maxima de couverture pour les coraux (figure 20) et pour celle au large de Fayaoué on a également constaté une forte couverture d'Halimeda (figure 19).



Figure 21 : répartition de la diversité du substrat (indice de Shannon) des fonds meubles



Figure 22 : répartition de la diversité du substrat (équitabilité) des fonds meubles



Figure 23 : répartition de la variabilité du substrat (nombre de secteurs différents par station) sur les fonds meubles

La figure 22 montre que l'équitabilité des substrats suit presque la même distribution que la diversité (figure 21), la principale différence étant une forte équitabilité au niveau de toutes les passes et pas uniquement celles aux extrémités de l'île principale (Coëtlogon et Baleine).

La figure 23 montre que la variabilité spatialle intra-station présente de fortes analogies avec la distribution de la diversité des substrats (figure 21). En d'autres termes, les stations ayant plusieurs types de substrats sont également très hétérogènes dans l'agencement spatial de ces substrats. Les zones les plus hétérogènes se situent donc d'une part au large de Fayaoué, le long de la côte entre Hwaadrila et St Joseph et à proximité des passes. Il est vraisemblable que les peuplements benthiques et ichthyologiques présenteront une plus grande diversité aux mêmes endroits comme le suggèrent certains résultats préliminaires (Clavier et al., 1992; Egretaud, 1992).

216 - Les principales régions des fonds meubles

Les résultats précédants suggèrent qu'il existe plusieurs biotopes sur les fonds meubles du lagon d'Ouvéa. Pour définir ces fonds nous avons utilisé deux types d'analyses multivariées: analyse hiérarchique et analyse en composantes principales. Les deux analyses ont porté sur deux groupes de données:

-groupe 1: les composantes de sédiments regroupés en 6 classes (sables très fins et fins, sables moyens et grossiers, graviers et débris, petits et gros blocs, dalle, roche et formations coralliennes)

-groupe 2: les 6 composantes précédentes complémentées par la couverture algale et corallienne.

L'analyse hiérarchique a été conduite sur des données transformées par la fonction arcsinus (Sokhal et Rolf, 1981). La méthode utilisée est le groupement par perte d'inertie et distance moyenne pondérée (Legendre et Legendre, 1984). L'analyse du groupe 1 fait apparaitre 3 classes de stations, la première classe pouvant être subdivisée en 2 sous-classes (figure 24). L'analyse du groupe 2 montre 2 classes de stations la première pouvant être subdivisée en 2 et la seconde en 3 sous-classes (figure 25).



Figure 24 : analyse hiérarchique des stations de fonds meubles en fonction du substrat



Figure 25 :analyse hiérarchique des stations en fonction du substrat et des organismes recouvrants

\$

•

.



Figure 26 :analyse en composantes principales des stations en fonction du substrat. les symboles correspondent aux groupes définis sur la figure 24



Figure 27 : répartition géographique des stations en fonction de leur groupe. Les symboles sont les mêmes que ceux des figures 24 et 26



Figure 28 : analyse en composantes principales des stations en fonction du substrat et des organismes recouvrants. Les symboles correspondent aux groupes définis sur la figure 25

L'analyse en composante principale du groupe 1 (figure 26) montre que les classes et sous-classes définies par l'analyse hiérarchique forment des groupements distincts sur le plan définis par les 2 premiers axes. La répartition des stations de la classe 1a (figure 27) décrit un arc de cercle entre les Pléïades du Nord et celles du Sud et correspond essentiellement à la zone des 15-20m. La classe 1b (figure 27) est composée de stations à proximité des passes et le long de la côte de l'île principale au sud de St Joseph. La répartition des stations de la classe 1 expliquée par le pourcentage élevé en sables moyens et grossiers (tableaux 9, 10), la différence entre les sous-classes 1a et 1b étant due à une plus forte proportion de fonds durs pour 1b (9.9% de blocs et 25 % de dalle, tableaux 9, 10). La classe 2, liée essentiellement au pourcentage de dalle (67.7%) et de blocs (12.4%)(tableaux 9, 10), forme une zone à la limite de l'isobathe des 20m (figure 27), comme le laissait présager la répartition de la dalle (figure 18). La classe 3 se répartit en une large bande côtière (à l'exception du sud de St Joseph) et est déterminée par les fortes teneurs en sables fins ou très fins (tableaux 9, 10).

L'analyse en composantes principales du groupe 2 (figure 28) montre que les classes et sous-classes définies par l'analyse hiérarchique (figure 25) sont moins bien séparées que pour le groupe 1. La classe 1 est déterminée par la teneur élevée (>80 %) en sables moyens et grossiers (tableaux 9, 10), la différence entre les classes 1 a et 1b se faisant grace à la couverture algale très importante (38.2%) sur la classe 1 a (tableaux 9, 10). La classe 2 est hétérogène, comprenant d'une part les sous-classes 2a, 2b caractérisées par des sables fins ou très fins (> 65%, tableaux 9, 10) et d'autre part la sous-classe 2c qui est dominée par des substrats durs (roche: 22.8%, dalle: 51.5%). Dans la classe 2, seule la sous-classe 2a ne comporte qu'un faible pourcentage de coverture algale. Il convient de noter que la couverture en corail n'intervient pas dans la classification.

	Tableau 9 : constitution moyenne	du substrat pour les group	es définis par la classificat	ion de la figure 26 et 28
--	----------------------------------	----------------------------	-------------------------------	---------------------------

		Groupe 1				Groupe 2			
		Classes			Classes				
	1a	1b	2	3	1a	1b	2a	2b	2c
Sables fins et très fins	1.6	6.5	4.3	75.0	2.3	2.7	90.6	65.8	8.8
Sables moyens et	90.7	58.0	4.9	2.9	85.9	81.3	1.4	2.9	8.6
giossiers				• •					
Graviers et débris	2.6	0.5	2.0	2.8	0	2.8	3.0	3.7	1.3
Blocs	2.7	9.9	12.4	3.6	3.1	4.7	2.6	5.8	8.3
Roche	1.1	0.3	9.3	6.1	1.3	0.7	0.5	0.4	22.8
Dalle	1.2	25.0	67.7	9.5	7.5	7.6	2.0	21.3	51.5
Algues					38.2	0.5	5.4	43.6	27.3
Coraux					4.1	4.4	0.9	2.8	6.5

Tableau 10 : constituants du substrat permettant de séparer les groupes du tableau 9 de facon significative (t test) au seuil 5% (minuscules) ou au seuil 1% (majuscules)

sf: sables fins et très fins sg: sables moyens et grossiers bl: petits et gros blocs dal: dalle alg: algues cor: corail deb: graviers et débris roc: roche

		1a	1b	2
Groupe 1	1a			
	1b	sf;DAL		
	2	SG;BL;ROC;DAL	SG;dal	
	3	SF;SG;roc	SF;SG;bl;dal	SF;bl;DAL

		1a	1b	2a	2b
Groupe 2	1a		*		
	1b	ALG			
	2a	SF;SG;ALG	SF;SG		
	2b	SF;SG;DAL	SF;SG;dal;ALG	DAL;ALG	
	2c	SF;SG;ROC;DAL	SF;SG;ROC;DAL;	ROC;DAL;ALG	SF;ROC;dal
			ALG		

217 - conclusions sur les fonds meubles

Cette présentation des fonds meubles a mis en évidence la grande hétérogénéité de ce milieu. Il existe cependant un gradient côte-large, les sédiments grossiers devenant plus importants avec la bathymétrie. La nature du sédiment change également à l'approche des récifs, les passes à proximité de l'île principale (Baleine et Coëtlogon) se différenciant des passes plus éloignées par une plus grande hétérogénéité du substrat. On peut distinguer six biotopes principaux:

a) une frange côtière caractérisée par des sables fins. Cette frange est interrompue au nord de Hwaadrila et ne reprend qu'à partir de St Joseph

b) une zone côtière hétérogéne entre Hwadrilla et St Joseph, elle se caractérise par une petite falaise corallienne (2 à 5 m), la présence d'une mosaïque de corail et d'algues sur un substrat de sables et sédiments grossiers

c) une bande parrallèle à la côte s'étendant de 12 à 20 m de profondeur. C'est la zone la plus homogène du lagon et comprend surtout des sables moyens et grossiers

d) les zones à proximité des récifs et des passes caractérisées par des sédiments grossiers et hétérogènes, la présence de dalle et de coraux

e) une zone au large de Fayaoué comportant une forte hétérogénéité du substrat, une couverture importante en algues et en coraux

f) une zone entre la passe de la Baleine et St Joseph avec des sédiments homogènes et assez épais avec une très faible couverture algale ou corallienne

22 - les fonds côtiers

La zone étudiée dans ce paragraphe a été en partie analysée dans le chapitre précédent sur les fonds meubles. L'emploi de photos aériennes et d'une image SPOT va cependant permettre d'affiner nos observations.

Les fonds proches de la côte présentent un intérêt particulier, d'une part parce qu'ils sont facilement accessibles à la pêche et d'autre part parce que les zones côtières sont souvent des endroits privilégiés pour les juveniles. L'étude des fonds meubles a montré qu'il existait au moins trois ensembles le long de la côte. Au nord entre la passe de la Baleine et St Joseph (zone 1) s'étendent de vastes surfaces de sables relativement homogènes et profonds. Entre St Joseph et Hwaadrila (zone 2) les fonds sont très hétérogènes, présentant une importante couverture algale et du corail. Au sud de Hwaadrila (zones 3-4) les fonds seraient plus homogènes avec une couverture algale moyenne et quelques pâtés coralliens épars. Les passes au sud (Coëtlogon) et au nord (Baleine) de l'île principale sont caractérisées par des sédiments grossiers et hétérogènes, sans doute liés aux forts courants.

L'utilisation de photos aériennes et d'une image satellite SPOT va permettre de détailler considérablement ces observations. Deux séries de photos aériennes sont disponibles, une au 1/40 000 et la seconde au 1/20 000. L'identification des biotopes sur ces photos s'est faite d'une part à partir des observations effectuées sur les stations (32 stations sont dans la zone bathymétrique 0-5 m de l'île principale) et d'autre part à partir d'observations casuelles faites lors de transits entre stations et lors de déplacements à terre. Au total 9 thèmes ont été retenus (Tableau 11). L'image SPOT a été utilisée en conjonction avec les photos aériennes. Ainsi, quand un thème est reconnu sur une photo, on cherche les pixels correspondants sur l'image SPOT et on attribue ce thème aux pixels environnants ayant la même valeur.

Tableau 11 : surface et répartition des différents thèmes dans la zone côtière de l'île principale. Le premier chiffre donne la surface en ha, le second le pourcentage par zone. Les zones se chevauchant légérement, la somme des parties est supérieure au total.

Zone 1 : de la Passe de la Baleine au sud de St Joseph	1
Zone 3 : de Hwaadrila jusqu'au sud de Fayaoué	

Zone 2 : du sud de St Joseph au nord de Hwaadrila Zone 4 : de Fayaoué à la pointe de Mouly

Thème	Zone 1	Zone 2	Zone3	one3 Zone 4		
Dalle et fonds durs	85 - 2.7	83 - 5.4	66 - 2.7	38 - 2.2	. 237 - 2.9	
Sable nu	292 - 9.2	25.4 - 1.7	⁷ 197 - 8.0 250 - 14.1		752 - 9.3	
Fonds détritiques	93 - 2.9	0 - 0	6.2 - 0.25	62 - 3.5	164 - 2.0	
Herbiers sur fonds durs	148 - 4.7	86 - 5.6	74 - 3.0 45 - 2.5		305 - 3.8	
Herbiers seuls	33.7 - 1.1	0 - 0	0 - 0 3.6 - 0.2		38 - 0.47	
Herbiers sur sable - forte densité	770 - 24.4	333 - 21.8	622 - 25.3	251 - 14.2	1744 - 21.5	
Herbiers sur sable - densité moyenne	768 - 24.3	911 - 59.5	1174 - 47.9 814 - 46.0		3195 - 39.4	
Herbiers sur sable- faible densité	781 - 24.7	93 - 6.1	315 - 12.8	305 - 17.2	1471 -18.2	
Végétation halophyle	190 - 6.0	0 - 0	0 - 0	2.5 - 0.14	196 - 2.4.	
Total	3160 - 100	1530 - 100	2450 - 100	1770 - 100	8100 - 100	

Il n'a pas été possible de définir plus de 3 classes de substrats: fonds durs, fonds détritiques et sables. Les fonds durs comprennent essentiellement de la dalle nue sublittorale et quelques zones rocheuses. Il n'y a pas de secteurs où le corail présente des développements importants. Les fonds détritiques sont peu abondants et surtout présents dans les chenaux qui relient le lagon à l'océan (Mulifenua, Abiget, Lekiny). Le sable, dont la répartition des principaux types a été donné au paragraphe 2.1, est présent sur la majeure partie de la région côtière. En revanche la couverture algale joue un rôle très important dans la classification choisie. Les herbiers "seuls" sont des formations très proches du littoral à dominante de phanérogames et parfois de sargasses qui sont extrémement denses et ne laissent pas apparaitre le substrat qui peut être soit de la dalle soit du sable. Les herbiers sur fonds durs, qui pour la plupart sont aussi littoraux, se distinguent des autres types d'herbiers par un substrat de couleur sombre (la dalle est le plus souvent grise, la roche marron clair) au contraire du sable toujours très blanc à Ouvéa. Les herbiers sur sable ont été divisés en trois classes de densité, cependant faute d'avoir suffisament de vérité terrain il n'a pas été possible d'attribuer un pourcentage précis de couverture algale à ces 3 densités. La végétation halophyle est constituée essentiellement de palétuviers et de plantes du type *Sesuvium*.

Les figures 29 à 38 indiquent la répartition géographiques des 9 thèmes sur chacune des 4 zones. La répartition de la densité des herbiers n'est pas régulière du nord au sud. Dans la zone 1 (figure 29) il existe une séparation au niveau de St Joseph. Au nord de cette ligne la densité des herbiers est minimale à la côte (sable côtier et sortie des chenaux à proximité) puis maximale sur une étroite bordure et intermédiaire au-delà. Au sud de cette ligne existe une bande côtière de 2 km de large avec de fortes densités d'herbiers, la densité diminuant avec la profondeur. A noter devant St Joseph une bande étroite d'herbiers "seuls" ainsi que l'absence d'herbiers dans les chenaux. La zone 2 est surtout caractérisée par des herbiers de densité moyenne (figure 30). Dans la zone 3 on distingue 2 parties (figure 31). Au nord (environs de Hwaadrila) la densité des herbiers augmente avec la profondeur, au sud (à partir de Fayoué) les herbiers présentent la même zonation qu'au nord de St Joseph: faible densité près du bord (plage importante), densité maximale sur une bande de 1 km puis diminution de la densité avec la profondeur. La zone 4 montre le même agencement que le sud de la zone 3 (figure 32) cependant la largeur des bandes d'herbiers se rétrécie pour se terminer devant Mouly. On note un peu d'herbier "seul" au niveau du chenal de Lekiny. Les herbiers sur fonds durs sont dans l'ensemble près de la côte et se répartissent en 2 grands groupes, l'un devant St Joseph (figure 33), l'autre entre le wharf et Banutr (figures 34 et 35). On note aussi quelques taches de ces herbiers de fonds durs devant l'île de Mouly (figure 36). Les fonds détritiques sont presque exclusivement présents dans les chenaux. D'importantes formations de sable nu sont présentes à la sortie des chenaux (figure 33 et 36), et une bande de sable nu côtier d'environ 300 m de large s'étend de Banutr à Mouly. La végétation halophyle n'est présente que dans les chenaux et les vestiges de chenaux (figures 37 et 38).



Ile principale (1)

Figure 29 : répartition des herbiers sur fonds meubles dans la zone de St Joseph





Figure 30 : répartition des herbiers sur fonds meubles dans la zone entre le sud de St Joseph et Hwaadrilla

Ile principale (3)



Figure 31 : répartition des herbiers sur fonds meubles dans la zone entre Hwaadrilla et Lekiny



٠

Figure 32 : répartition des herbiers sur fonds meubles dans la zone entre Lekiny et la pointe de Mouly

.

٠



Ile principale (1)

Figure 33 : répartition des herbiers sur fonds durs, des fonds durs et des sables dans la zone de St Joseph



Figure 34 : répartition des herbiers sur fonds durs, des fonds durs et des sables dans la zone entre le sud de St Joseph et Hwaadrilla

Ile principale (3)



Figure 35 : répartition des herbiers sur fonds durs, les fonds durs et les sables dans la zone entre Hwaadrilla et Lekiny



.

٠

.

¢



.



Figure 37 : répartition de la végétation halophyle dans la zone de St Joseph



Ile principale (4)

Figure 38 : répartition de la végétation halophyle aux environs de Lekiny

La figure 39 indique la distribution des valeurs de c1 et c2 pour les 9 thèmes. L'étude des histogrammes (non représentés) des valeurs de c1 et c2 montre que leur distribution est de type log-normale. D'autre part l'étude de la répartition spatialle des pixels de même valeur montre que les valeurs des pixels ne

sont pas indépendantes, la valeur d'un pixel étant corrélée aux valeurs des pixels voisins. Pour ces raisons il n'est pas possible d'évaluer correctement l'erreur standard. En conséquence nous avons représenté sur la figure 39 les quartiles, donnant ainsi l'aire de répartition de 50% des observations de chaque thème. La répartition des observations présente une assymétrie importante due à la distribution de type log-normale. Mis à part les sables nus, il existe un recouvrement des thèmes. Ce recouvrement est important entre dalle et herbiers de fonds durs ainsi qu'entre herbiers à moyenne et forte densité. La végétation halophyle est le thème ayant la dispersion la plus importante, ceci étant dû aux différents types de végétations prises en compte sous cette rubrique: palétuviers et plantes de prés salés. L'importance des recouvrements est à mettre en relation avec l'impossibilité de trouver un modèle prédictif de la composition du substrat à partir des canaux c1 et c2 (paragraphe 1.5). Malgré ce recouvrement dans la plupart des cas il est possible de distinguer les thèmes soit grâce à leur position géographique (cas de la végétation halophile) soit parce que les pixels observés sont en contraste avec les pixels avoisinants.



Figure 39: valeurs de c1 (axe des x) et de c2 (axe des y) en fonction du thème. Pour chaque thème l'intersection des segments note la moyenne, le segment de gauche l'étendue du premier quartile et celui de droite le second quartile

23 - Les fonds durs

Cet ensemble couvre les Pléïades du Nord et du Sud et a été découpé en 7 sous-ensembles pour la présentation des données (figure 40). Contrairement à l'étude des fonds côtiers les thèmes définis pour cette zone sont basés essentiellement sur la géomorphologie et non sur la couverture végétale. Au total 15 thèmes ont été retenus (tableau 12). La nomenclature suit celle donnée par Battistini et al. (1975), cependant certains types de formations (marqués par * dans le tableau 12) n'ont pas pu être identifiés à partir de l'ouvrage cité.

Thèmes	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Total
Récif barrière extérieur abrité	19.9-3.9	32.3-8.4	17.7-4.2	25.0-4.1	35.9-6.7	3.8-0.50	0.9-0.28	139-3.9
Récif barrière extérieur exposé	10.5-2.6	18.7-4.9	30.0-7.0	53.2-8.8	32.6-6.1	40.2-5.3	14.8-4.7	204-5.8
Récif frangeant d'îlot abrité	22.8-5.6	20.6-5.4	3.0-0.71	3.6-0.60	3.4-0.64	13.2-1.8	9.9-3.1 ·	78.0-2.2
Récif frangeant d'îlot exposé	13.5-3.3	14.8-3.9	0.7-0.17	2.6-0.42	2.6-0.49	12.4-1.6	4.8-1.5	52.7-1.5
Conglomérat récifal	50.9-12.5	47.8-12.5	80.8-18.9	143-23.8	136-25.4	83.3-11.0	51.3-16.1	604-17.2
Front récifal	1.5-0.36	14.0-3.7	11.7-2.7	12.6-2.1	33.0-6.1	35.6-4.7	0.4-0.11	111-3.2
* Dalle	45.8-11.3	37.6-9.8	29.5-6.9	45.6-7.6	74.6-13.9	139-18.4	53.2-16.7	440-12.5
* Récif intérieur de lagon	4.8-1.2	1.7-0.44	30.0-7.0	32.9-5.5	38.2-7.1	45.0-6.0	31.4-9.9	188-5.4
Cuvettes et vasques	24.9-6.1	27.7-7.2	39.5-9.3	61.6-10.2	34.0-6.3	26.4-3.5	9.0-2.8	232-6.6
Chenaux et couloirs de marée	30.8-7.6	54.8-14.3	48.1-11.3	47.0-7.8	9.7-1.8	57.4-7.6	53.0-16.7	310-8.8
* Fonds détritiques	100-24.6	56.2-14.7	73.0-17.1	91.6-15.2	84.6-15.7	148-19.6	23.8-7.5	589-16.8
Sable	7.8-1.9	11.5-3.0	5.3-1.25	4.3-0.72	5.6-1.0	21.7-2.9	2.8-0.88	60.0-1.7
* Fonds meubles avec pâtés coralliens isolés	17.4-4.3	17.8-4.6	53.1-12.4	80.0-13.3	35.4-6.6	139-18.4	42.3-13.3	319-9.1
* Fonds meubles sur dalle	54.8-13.5	28.6-7.4	29.5-6.9	0-0	74.6-13.9	51.1-6.8	53.2-16.7	440-12.5
Pinacles	1.4-0.33	0-0	0-0	0-0	12.0-2.2	9.8-1.3	8.2-2.6	32.1-0.91
Total	407-100	384-100	427-100	603-100	538-100	756-100	318-100	3514-100

Tableau 12 : répartition des thèmes sur les zones de fonds durs du lagon d'Ouvéa. Le premier chiffre représente les surfaces en ha, le second les pourcentages par zone.



Figure 40 : définition des zones et des sous-zones récifales

Dans notre nomenclature, la "dalle" représente des zones où affleurent des formations indurées caractérisées par l'absence de relief et le plus souvent très pauvres en faune fixée. Les "fonds détritiques" englobent plusieurs types de formations leur principale caractéristique étant la présence de sédiments très

grossiers (gravier, débris coralliens, petits blocs). A proximité des formations coralliennes s'étendent soit des fonds meubles (plus de 10 cm d'épaisseur de sédiment) avec des petits pâtés coralliens (moins de 1m de diamètre) isolés -dénommées "fonds meubles avec pâtés coralliens isolés-, soit des fonds meubles peu épais recouvrant de la dalle -dénommés "fonds meubles sur dalle". A l'intérieur du lagon existent de nombreuses formations récifales caractérisées par un tombant de quelques métres à la base duquel se trouvent des débris ou des poches de sable grossier. Ces formations ont été regroupées sous le terme "récifs intérieurs de lagon".

Au cours de la phase terrain nous avons pu constater qu'il existait un gradient nord - sud et un gradient est -ouest dans la géomorphologie des zones récifales du lagon d'Ouvéa. Pour essayer, d'une part de quantifier ces gradients et d'autre part définir des zones à composition homogène, les formations récifales ont été divisées en 18 sous-zones (figure 40) et une analyse hiérarchique (similarité du χ^2) a été conduite sur la composition (nombre de pixels par thème, données centrées et réduites) de ces dernières. La figure 41 indique que ces zones peuvent être classées en 3 groupes. Si on excepte la zone 6a (figure 40) qui présente des similitudes avec le nord-ouest du lagon, les zones se groupent suivant leur proximité géographique.



Figure 41 : analyse hièrarchique des sous-zones récifales en fonction de leur géomorphologie (tableau 12)

Le premier groupe, situé au nord-est du lagon est caractérisé par un pourcentage plus important de récifs frangeants et moins important de fonds meubles avec pâtés coralliens et de conglomérats que les 2 autres groupes. Le peu de fonds meubles près des récifs dans cette zone a déjà été noté par Chevillon et al. (1992) et dans le paragraphe 2.1. Le pourcentage moins important de conglomérats récifaux est lié à l'étroitesse du plateau récifal dans cette zone. En revanche, l'importance des récifs frangeants est dûe à la présence de nombreux îlots dans ce secteur. La différence principale reste cependant la quasi absence de récif intérieurs, ce qui a des conséquences importantes sur la répartition de la faune. En effet, les récifs intérieurs sont des habitats protégés où les juvéniles de poissons peuvent trouver refuge.

Le second groupe s'étend de l'île des Jumeaux (Pléïades du Nord) jusqu'à la passe de la Meurthe (Pléïades du Sud) et correspond donc aux récifs à l'ouest de la rupture de pente décrite au paragraphe 2.13. Faute d'îlots, les récifs frangeants sont peu développés dans cette zone. A l'inverse, le récif est large et les conglomérats récifaux plus importants qu'ailleurs. On note également une plus grande abondance de cuvettes récifales.

Le troisième groupe est constitué de la partie est des Pléïades du Sud. Cette partie du lagon diffère sensiblement du reste des formations récifales par la présence de dalle nue près des zones de passe, par des récifs intérieurs importants, par la grande surface de fonds meubles avec pâtés coralliens éparts ainsi que quelques formations coralliennes importantes qui sont quelque peu analogues aux pinacles des atolls polynésiens. On note aussi qu'il y a peu de cuvettes récifales, ceci étant sans doute lié à l'exposition des récifs barrières aux alizés.

Les paragraphes précédents ont mis en évidence des différences quantitatives entre les différentes zones récifales du lagon d'Ouvéa, mais il existe aussi des variations dans l'agencement des thèmes et dans leur distribution sur les récifs. Ces différences sont plus difficiles à caractériser, mais peuvent avoir d'importantes conséquences sur la répartition de la faune. Le détail de la distribution des 15 thèmes retenus est donnée sur les figures 42 à 61.



.



107
Pleiades du Nord (3-4)



٠

•

.

Figure 43 : répartition des récifs barrière et des récifs frangeants dans les zones 3 et 4 (Jumeaux à Anemata)

108



.

Figure 44 : répartition des récifs barrière et des récifs frangeants dans la zone 5 (récif Draule et les Banya)

.

.

109

Passe de la Meurthe

*



,

Figure 45 : répartition des récifs barrière et des récifs frangeants dans la zone 6 (Bagaat à Waanuyi)

110

.

٠

Pleiades du Sud (7)



Figure 46 : répartition des récifs barrière et des récifs frangeants dans la zone 7 (de Gee à la pointe de Mouly)

Les figures 42 à 46 montrent que l'importance des récifs extérieurs croit d'est en ouest. Ces récifs comportent des éperons sillons très marqués dans les Pléïades du Nord, surtout dans leur partie ouest, alors que dans les Pléïades du Sud les éperons sillons sont souvent absents et remplacés par un tombant de 8 à 20m de dénivelé en haut du quel se développent des formations de coraux branchus. Il existe une grande différence de faune fixée entre les récifs barrière exposés et ceux abrités des alizés. Ces derniers sont souvent très pauvres en faune fixée, en particulier en corail. La distribution des récifs frangeants est naturellement liée à la distribution des îlots, ces derniers étant essentiellement à l'est de la ligne de rupture de pente. Il existe là également des différences entre les récifs abrités et les récifs exposés aux alizés, et entre ceux des Pléïades du Nord et ceux des Pléïades du Sud. Les récifs frangeants sous le vent sous moins découpés et le plus souvent moins riches en faune que ceux au vent. Les récifs frangeants des Pléïades du Sud comportent un trottoir plus large que ceux des Pléïades du Nord où ce trottoir est même souvent absent.



,



Pleiades du Nord (3-4)

•



.

.

Figure 48 : répartition des cuvettes, chenaux, fonds détritiques et sables dans les zones 3 et 4 (des Jumeaux à Anemata)

113



٠

4



¢

Passe de la Meurthe

Figure 50 : répartition des cuvettes, chenaux, fonds détritiques et sables dans la zone 6 (de Bagaat au Motu Waaunyi)



Pleiades du Sud (6)



Figure 51 : répartition des cuvettes, chenaux, fonds détritiques et sables dans la zone 7 (de Gee à la pointe de Mouly)

Les figures 47 à 51 montrent la répartition des cuvettes, des chenaux et couloirs de marée, des fonds détritiques et du sable. Les cuvettes et vasques sont de taille beaucoup plus grandes sur les Pléïades du Nord que sur celles du Sud. Cette taille tendrait également à augmenter d'est en ouest. Dans les Pléïades du Nord ces formations sont essentiellement en arrière du récif barrière, alors que dans les Pléïades du Sud elles se situent à proximité du récif intérieur. Ces cuvettes et vasques sont des zones d'accumulation de débris et de sable et sont le plus souvent dépourvues de faune fixée. Ce sont des zones où les poissons prédateurs et certains herbivores de grande taille se concentrent à certaines périodes de la marée, vraisemblablement en fonction des courants.

Les chenaux sont plus développés dans la partie sud où le fond entre les îlots est souvent moins important que dans la partie nord. Dans ces chenaux le fond est le plus souvent rocheux avec des organismes adaptés aux courants tels que certaines gorgones et alcyonnaires. Ce sont par ces chenaux et par les passes que se font une grande partie des échanges d'eau entre le lagon et l'extérieur. Les couloirs de marée sont des zones généralement situées en arrière du récif barrière par les quelles s'écoulent les eaux du platier vers le lagon. Ces couloirs sont quasiment absents des Pléïades du Sud. Dans les Pléïades du Nord ces formations se trouvent le plus souvent sous le vent des îlots et permettent aux courants de s'écouler le long des récifs frangeants. Ces couloirs ont en général de quelques dizaines de mètres à 200-300 m de large et n'excédent pas 1 km de long.

Les fonds détritiques se situent en arrière des cuvettes ou au vent des îlots sur les récifs des Pléïades du Nord alors que ces formations sont surtout présentes sur le milieu des récifs ou à proximité du front récifal dans les Pléïades du Sud. La dimension de ces formations tend à augmenter d'est en ouest, en d'autres termes les fonds détritiques sont plus morcelés à proximité de l'île principale qu'au voisinage de la passe d'Anemata. Les zones de sable sont dans l'ensemble peu fréquentes. Dans les Pléïades du Nord elles se situent essentiellement au vent des îlots alors que dans les Pléïades du Sud elles sont dispersées à proximité des fonds détritiques et ont des dimensions plus petites que dans le nord du lagon.



Figure 52 : répartition des conglomérats récifaux (plateu corallien), des fronts récifaux (zone de brisants du récif barrière), de la dalle et des récifs intérieur de lagon dans les zones 1 et 2 (d'Abiget à Jehuten)









Pleiades du Sud (5)

119

Passe de la Meurthe







Figure 56 : répartition des conglomérats récifaux (plateu corallien), des fronts récifaux (zone de brisants du récif barrière), de la dalle et des récifs intérieur de lagon dans la zone 7 (de Gee à la pointe de Mouly)

Les figures 52 à 56 indiquent la répartition du conglomérat récifal, du front récifal, de la dalle et des récifs d'intérieur de lagon. Dans les Pléïades du Nord le conglomérat récifal se répartit surtout en arrière du récif barrière le long du quel il forme une bande presque continue, coupée par endroit par des chenaux et couloirs de marée. Il existe également quelques zones de conglomérat récifal au vent des îlots, mais ces formations ne sont pas en contact avec le conglomérat récifal d'arrière récif barrière. Dans les Pléïades du Sud le conglomérat récifal est réparti très différemment, soit constituant une bande de part et d'autre du récif, les 2 bandes ainsi formées se rejoignant sur les récifs étroits, soit disposé en formations éparses dans la partie sous le vent des récifs. Sur l'ensemble des récifs la dimension des formations de conglomérat récifal a tendance à augmenter d'est en ouest.

Le front récifal est plus développé dans les Pléïades du Sud que dans celles du Nord où ces formations vont en diminuant d'ouest en est. Sur l'ensemble des Pléïades du Sud et sur la partie ouest de celles du Nord la dalle forme une zone étroite immédiatement en arrière du front récifal. A l'est de l'île des Jumeaux (Pléïades du Nord) la dalle constitue des zones assez étendues qui ne sont pas en relation avec le front récifal. On note également dans cette zone ainsi que près de la passe du Styx (Pléïades du Sud) des formations de dalles entre les récifs.

Les récifs d'intérieur de lagon sont presque absents de la partie est des Pléïades du Nord. Ces formations se situent au vent des conglomérats récifaux à l'ouest des Pléïades du Nord. Ils ne sont en général pas continus mais constitués d'une succession de petits récifs avec un tombant à l'intérieur du lagon n'excédant pas 10 m. Dans les Pléïades du Sud les récifs intérieurs forment une bande presque continue sur le côté interne des formations récifales. A l'ouest les récifs intérieurs ont des tombants pouvant atteindre 30 m et sont peu découpés. En se dirigeant vers l'île principale le tombant devient moins important, pour ne guère dépasser 5 m à l'îlot Gece. Ces récifs deviennent également beaucoup plus découpés vers l'est. Sous le vent des îlots on note que la faune fixée, corail surtout, est beaucoup moins abondante sur les récifs intérieurs que dans les zones comprises entre les îlots et exposées à la circulation d'eau passant au-dessus des récifs barrière.

Pleiades du Nord (1-2)



Figure 57 : répartition des fonds meubles avec pâtés coralliens ou dalle et des pinacles dans les zones 1 et 2 (d'Abiget à Jehuten)





123

.

.



Pleiades du Sud (5)









Figure 61 : répartition des fonds meubles avec pâtés coralliens ou dalle et des pinacles dans la zone 7 (de Gee à la pointe de Mouly)

Les figures 57 à 61 montrent la répartition des fonds de lagon associés aux formations récifales: les fonds meubles avec pâtés coralliens isolés et les fonds meubles sur dalle. Les fonds meubles sur dalle sont essentiellement situés près de l'île principale et sont plus développés dans la partie nord du lagon que dans la partie sud. Ces formations sont immédiatement derrière les récifs, à l'intérieur du lagon, dans les Pléïades du Nord, alors quelles sont précédées par des fonds meubles avec pâtés coralliens dans la partie sud. Ceci est peut-être lié à l'exposition aux alizés, l'intérieur du lagon y étant exposé au nord et protégé au sud. De ce fait les particules fines pourraient se déposer en arrière du récif au sud, mais seraient poussées par dessus le récif au nord. Dans les Pléïades du Nord les fonds meubles avec pâtés coralliens isolés sont importants surtout dans la partie à l'ouest de la rupture de pente dans des fonds supérieurs à 15 m. Ces formations sont sans doute présentes à l'intérieur du récif Draule mais dû à la profondeur n'ont pu être détectées. On note la présence de ces fonds meubles à pâtés coralliens isolés sur l'extérieur de ce récif Draule, à l'abri d'un coude du récif barrière. Ce type de fond est présent jusqu'à l'île principale.

Les pinnacles sont également représentés sur les figures 57 à 61. En fait sous ce terme sont regroupés des formations hétérogènes, allant de gros pâtés coralliens (plus de 10 m de diamètre) à des formations coralliennes de morphologie proche de celle des pinnacles des atolls polynésiens. Les pinnacles sont quasiment absents de la partie nord du lagon. Dans la partie sud ils sont dispersés dans les zones les plus profondes des récifs du sud du lagon et sont également présents en petits groupes à l'est des Pléïades du Sud.

Le recouvrement des différents thèmes a été estimé de la même facon que pour les fonds meubles côtiers et est representé sur les figures 62 a,b,c. Le recouvrement est en général très important, mais il est essentiel de noter que les différents thèmes n'occupent pas la même position sur les récifs et que ceci permet la plupart du temps de les distinguer sans grand problème. Les thèmes étant le plus fréquemment adjacents sont représentés sur les mêmes figures. Ainsi la figure 62a montre qu'il y a peu de recouvrement entre les thèmes concernant la barrière récifale et le platier d'arrière récif. En revanche sur la figure 62b on remarque que les thèmes associés aux îlots et à l'arrière récif barrière présentent un recouvrement beaucoup plus important, en particulier il est difficile de séparer les fonds détritiques (thème 11) des cuvettes et vasques (thème 9). Ces 2

thèmes sont tous deux constitués de sédiments grossiers, ils diffèrent par leur morphologie et position sur le récif. Les thèmes concernant le récif interieur et sa bordure (figure 62c) ne montrent de recouvrement important qu'entre cuvette et vasque (thème 9) et les fonds meubles avec pâtés coralliens (thème 13). Ces deux thèmes ont le plus souvent des profondeurs différentes et ne sont que rarement adjacents, la plupart du temps le récif interieur les séparant. En conclusion, il est possible de séparer les différents thèmes choisis d'après leur situation sur le récif et par contraste avec les thèmes avoisinants. En revanche, il n'est pas possible de distinguer un thème uniquement d'après les valeurs de c1 et c2.



Figure 62 : distribution des valeurs de c1 et c2 pour les 15 thèmes définis pour les fonds durs. Les segments représentent les quartiles et les valeurs moyennes par l'intersection des segments

a) récif barrière abrité (1), exposé (2); conglomérat récifal (5), front récifal (6), dalle (7)

b) récif intérieur de lagon (8), cuvettes (9), chenaux (10), fonds meubles avec pâtés coralliens (13), avec dalle (14)

c) récif frangeant abrité (3), exposé (4); sable (12), cuvettes (9), chenaux (10), fonds détritiques (11)

24 - le milieu pélagique

Les images CZCS ont été traitées à 2 niveaux, d'une part à moyenne échelle $(300 \times 300 \text{ km})$ de façon à observer des phénomènes océaniques, d'autre part à petite échelle $(100 \times 100 \text{ km})$ de manière à mettre en évidence les phénomènes côtiers. Pour des raisons techniques, la répartition des grisés a été inversée entre les 2 échelles, sur les images 300 x 300 une teinte foncée indiquant des eaux pauvres en chlorophylle, sur les images 100 x 100 celà indique au contraire des eaux riches.

Les informations apportées par les images CZCS n'ayant pas été vérifiées par des mesures in situ, il convient de les considérer avec la plus grande prudence.





Figure 63 : image CZCS du 03-05-81. La partie traitée couvre 300 x 300 km, la zone couverte étant indiquée sur l'image au-dessus



Figure 64: image CZCS du 17-04-81. La zone couverte est la même que sur le haut de la figure 63



Figure 65 : image CZCS du 13-10-82. La zone couverte est la même que sur le haut de la figure 63



Figure 66: image CZCS du 04-10-83. La zone couverte est la même que sur le haut de la figure 63



Figure 67 : image CZCS du 13-06-81. La zone couverte est la même que sur le haut de la figure 63



Figure 68: image CZCS du 22-09-83. La zone couverte est la même que sur le haut de la figure 63



Figure 69 : image CZCS du 02-12-84. La zone couverte est la même que sur le haut de la figure 63



Figure 70: image CZCS du 29-12-79. La zone couverte est la même que sur le haut de la figure 63



Figure 71 : image CZCS du 22-03-84. La zone couverte est la même que sur le haut de la figure 63



Figure 72 : image CZCS du 29-06-81. La zone couverte est la même que sur le haut de la figure 63



Figure 73 : image CZCS du 18-12-79. La zone couverte est la même que sur le haut de la figure 63



Figure 74 image CZCS du 03-07-81. La zone couverte est la même que sur le haut de la figure 63

241- moyenne échelle

Sur l'ensemble des images traitées les valeurs de chlorophylle de surface sont très faibles (de 0.1 à 0.3 mg/m³) ce qui est en accord avec les données de terrain (Le Borgne et al., 1985). A moyenne échelle il est possible de considérer les phénomènes suivants:

a- gradient côte-large: sur les figures 63, 64, 65 et 66 s'observe un appauvrissement des eaux en chlorophylle à mesure que l'on s'éloigne de la côte de la Grande Terre (noté 1 sur les figures). Un tel phénomène s'explique aisément par les apports terrigènes importants de la côte Est de la Grande Terre, dont on note sur plusieurs figures (63, 64, 65, 67, 68, 69, 70) les panaches dans le bassin des Loyautés (notés 1 sur les figures).

b- des eaux plus pauvres dans la fosse des Nouvelles Hébrides: ce phénomène n'est pas très tranché, mais cependant discernable sur les figures 68, 70, 71 et 72 (noté 2 sur les figures)

c- un "effet d'île": on observe 2 phénomènes inverses, d'une part des eaux plus riches autour d'Ouvéa et dans une moindre mesure Lifou et Beautemps-Beaupré (figures 65, 66, 67, 72) et d'autre part des eaux apparemment très pauvres immédiatement à l'est d'Ouvéa et de Lifou (figures 64 à 68, 71 à 74). Ce dernier phénomène n'est en fait qu'un artefact lié à l'aveuglement du capteur du satellite après le passage au dessus d'une zone fortement contrastée (noté 3 sur les figures).

d- courant NW-SE dans le bassin des Loyautés: on note sur les figures 63, 65, 67 au niveau des panaches côtiers et sur la figure a6 au niveau d'une lentille d'eau au sud d'Ouvéa un infléchissement vers le SE (noté 4 sur les figures). A l'inverse, sur la figure a6 les panaches côtiers ont une direction NE suggérant l'existence temporaire d'un contre-courant côtier (noté 4a sur les figures).

e- gradient perpendiculaire à la Grande Terre: ce phénomène est net sur la figure 69 et probable sur les figures 63, 64, 69, 72 (noté 5 sur les figures), les eaux au nord étant tantôt plus riches tantôt plus pauvres que celles au sud sans que les données actuelles permettent d'établir une saisonnalité.



Figure 75 : image CZCS du 03-05-81. La partie traitée est centrée sur Ouvéa et fait 100 x 100 km (Beautemps-Beaupré est inclus)



Figure 76 : image CZCS du 13-06-81. La partie traitée est centrée sur Ouvéa et fait 100 x 10 km (Beautemps-Beaupré est inclus)



Figure 77 : image CZCS du 29-06-81. La partie traitée est centrée sur Ouvéa et fait 100 x 100 km (Beautemps-Beaupré est inclus)



Figure 78 : image CZCS du 22-09-83. La partie traitée est centrée sur Ouvéa et fait 100 x 10 km (Beautemps-Beaupré est inclus)



Figure 79 : image CZCS du 04-01-82. La partie traitée est centrée sur Ouvéa et fait 100 x 100 km (Beautemps-Beaupré est inclus)



Figure 80 : image CZCS du 04-10-83. La partie traitée est centrée sur Ouvéa et fait 100 x 10 km (Beautemps-Beaupré est inclus)



Figure 81 : image CZCS du 13-10-82. La partie traitée est centrée sur Ouvéa et fait 100 x 100 km (Beautemps-Beaupré est inclus)



Figure 82 : image CZCS du 29-12-79. La partie traitée est centrée sur Ouvéa et fait 100 x 10 km (Beautemps-Beaupré est inclus)



Figure 83 : image CZCS du 18-12-79. La partie traitée est centrée sur Ouvéa et fait 100 x 100 km (Beautemps-Beaupré est inclus)



Figure 84 : image CZCS du 03-07-81. La partie traitée est centrée sur Ouvéa et fait 100 x 10 km (Beautemps-Beaupré est inclus)



Figure 85 : image CZCS du 13-08-81. La partie traitée est centrée sur Ouvéa et fait 100 x 100 km (Beautemps-Beaupré est inclus)



Figure 86 : image CZCS du 22-03-84. La partie traitée est centrée sur Ouvéa et fait 100 x 10 km (Beautemps-Beaupré est inclus)



Figure 87 : image CZCS du 10-09-79. La partie traitée est centrée sur Ouvéa et fait 100 x 100 km (Beautemps-Beaupré est inclus)



Figure 88 : image CZCS du 02-12-84. La partie traitée est centrée sur Ouvéa et fait 100 x 10 km (Beautemps-Beaupré est inclus)

242- petite échelle

A petite échelle la profondeur et la couleur du fond jouent un rôle essentiel dans la répartition de la couleur de l'eau. Cet effet est sensible jusqu'à une profondeur d'environ 25 m pour les canaux utilisés. Sur l'ensemble des figures 100 x 100 il est donc possible d'observer un fort gradient côte-large. Ce gradient présente cependant des fluctuations importantes qui traduisent d'une part des variations dans la turbidité (surtout liées au vent), d'autre part des courants. Les phénomènes observés peuvent se scinder en extérieur et intérieur au lagon.

a- extérieur du lagon:

- au sud de la passe du Coëtlogon s'observe un panache d'eau plus turbide. La taille de ce panache est très variable, de quelques km (figures 75 à 78) en saison fraiche à plus de 20 km (figures 79 à 82) en saison chaude. Ce phénomène (noté 1 sur les figures) n'est cependant pas présent sur toutes les scènes CZCS. La direction de ce panache est soit sud soit est.

- au niveau de la passe de la Meurthe existe aussi des panaches d'eau (notés 2 sur les figures) dont l'origine est vraisemblablement lagonnaire, cependant leur extension est minime ne dépassant pas 5 km (figures 75, 78, 82, 83) à l'exception de la figure 77. Les données disponibles ne montrent pas de saisonalité.

- le long des Pléïades du Nord la plupart des figures 100 x 100 montrent des panaches d'eau (notés 3 sur les figures) d'origine lagonnaire. Leur extension ne dépasse pas 10-15 km vers le nord (figures 76, 84, 85) et en général n'excède pas 4-5 km. On note parfois une direction est (figure 86). La sortie de ces eaux du lagon est le plus souvent diffuse (pas de passe en particulier), cependant elle peut se faire par les passes du nord (Passes de la Baleine et du Taureau, figure 86) ou les passes du centre (Jumeaux et Jehuten, figure 76) ou de l'ouest (figure 76, 79, 85). Aucune des images disponibles ne montre de sortie d'eau lagonnaire par la passe d'Anémata.

b- intérieur du lagon:

- l'eau océanique pénétre dans le lagon par les passes. Il est cependant difficile de visualiser son parcours dans les eaux peu profondes. Au delà de 25 m on observe que les eaux océaniques (en blanc) (notées 4 sur les figures) rentrent par la passe d'Anémata. Ce courant de diviserait en 2 branches, une branche sud (figures 75, 76, 88) et une branche nord (figures 82, 83, 87, 88). L'extension des eaux océaniques provenant d'Anémata semble très variable et non lié à la saison. Sur les fonds de moins de 25m on note parfois la présence d'eaux plus transparentes (notée 4b sur les figures) à l'intérieur de la passe du Taureau (figures 78, 83, 84, 87, 88).

- entre la passe de la Meurthe et celle du Coëtlogon semble exister un chenal intérieur, ou tout au moins un courant le long du récif intérieur (noté 5 sur les figures). En effet, les isolignes de couleur de l'eau ne correspondent pas à celles des isobathes et montrent que des eaux plus transparentes suivent le bord intérieur du récif (figures 75 à 77, 81, 83, 85, 87, 88).

- existence d'une zone particulière à environ 2km au NE de l'ilot Su (notée 6 sur les figures) et s'étendant sur environ 4 x 4 km (figures 77, 82, 84, 86, 87)

- une autre zone particulière (notée 7 sur les figures) existe vraisemblablement au large de Fayaoué (figures 75, 77, 79, 85) mais son emplacement est mal défini par les images CZCS

DISCUSSION

Les méthodes utilisées lors de cette étude ne sont pas d'une grande précision et il est nécessaire d'en définir les limites avant d'aborder la discussion.

L'évaluation des composantes du substrat par des transects en plongée présentent un certain nombre

d'avantages. D'une part la rapidité, d'autre part la possibilité de prendre en compte l'hétérogéneité du milieu. Cette caractéristique du milieu est souvent assez prononcée dans les lagons tropicaux et un échantillonage à la benne du fait de la faible surface des échantillons ne rend souvent pas bien compte de ce problème. En revanche, nos observations en plongée sont d'une précision très médiocre quant à la classification des sédiments fins et l'évaluation du pourcentage de couverture des différentes composantes du substrat. Il a cependant été démontré (Kinzie et Snider, 1978) que la plupart des techniques d'évaluation des couvertures en plongée ne sont pas très précises et qu'il vaut mieux une technique de précision moyenne avec beaucoup de réplicats (cas de notre étude) qu'une méthode fine avec peu de réplicats.

L'utilisation de photos aériennes et d'image satellite est bien établie pour réaliser des cartes bionomiques ou géomorphologiques. L'un des principaux problème rencontré dans notre étude est l'impossibilité de prédire à partir des seules valeurs des canaux radiométriques l'identité du substrat. En revanche, une fois un thème identifié les valeurs observées pour les canaux radiométriques permettent de le discriminer avec une bonne précision des thèmes adjacents. Cette contradiction apparente s'explique de la facon suivante. Les valeurs radiométriques prennent en compte non seulement le substrat mais également, dans le milieu marin, la profondeur et la turbidité. Ces derniers facteurs sont même plus importants que le substrat dans la détermination de la valeur radiométrique dans le cas de nos données. La séparation de 2 thèmes adjacents est basé sur le contraste qui existe entre leurs valeurs radiométriques. Si ces thèmes sont proches géographiquement, la profondeur et la turbidité sont en général du même ordre pour les 2 thèmes et alors seule la réflectance du substrat entre en ligne de compte. La marge d'erreur dans notre étude n'est pas connue. Il est certain que pour des substrats ayant une signature proche et étant spatialement proches l'erreur peut être importante. Il est cependant probable que la classification des différentes zones récifales ou les grandes lignes de la répartition des algues de la frange cotière restent valides.

L'histoire géologique de l'atoll permet d'expliquer en partie les gradients observés à l'heure actuelle dans les caractéristiques physiques des récifs et des fonds meubles. Cet atoll, situé sur la ride des Loyautés a subi un basculement est-ouest (Bitoun et Récy, 1982) qui explique la pente observée dans cette direction ainsi que la présence d'îlots à l'est et non à l'ouest. Ce basculement est sans doute aussi à l'origine de la cassure nord-sud observée le long de l'isobathe des 20 m. Cette pente et la présence des ilots ont à leur tour une influence considérable sur la géomorphologie des récifs et sur la distribution des sédiments dans cet atoll. L'exposition aux alizés est l'autre facteur fondamental dans l'explication des gradients observés.

Les résultats indiquent qu'il est possible de diviser les récifs en 4 sous ensembles: les Pléiades du Nord se différencient de celles du Sud et chacune de ces 2 zones peut se subdiviser en une partie est et une partie ouest délimitées par la ligne de faille qui suit l'isobathe des 20 m. La séparation Nord-Sud est engendrée essentiellement par l'influence des alizés. Au sud le récif barrière est directement exposé et obtient donc un flot d'eau océanique important. Cette masse d'eau océanique est disponible au récif intérieur qui est à l'abri du vent. La croissance de ce récif a engendré un plateau récifal beaucoup plus important que dans les Pléiades du Nord où le récif intérieur est très peu developpé à cause de la houle engendrée par les alizés. L'exposition aux alizés de la partie Nord a généré la formation de chenaux et de couloirs de marée pour écouler l'eau hors du lagon. Ces formations sont très peu développées dans la partie sud. Le vent a également causé l'accumulation de débris coralliens et de sables dans la partie Nord. Les différences est-ouest sont essentiellement liées à la présence des ilots. A l'abri des ilots se créent des zones de dépot dans la partie sud et des chenaux avec des fonds détritiques dans la partie Nord. Au vent des ilots on observe des récifs frangeants étroits et dans les Pléiades du Nord l'absence de récif intérieur. En l'absence d'ilot le conglomérat récifal est beaucoup plus large et les récifs intérieurs sont beaucoup plus developpés. La différence de pente entre l'est et l'ouest ne semble avoir une influence notable que dans les Pléiades du Sud ou le tombant interieur du récif Draule dépasse les 30 m alors qu'à l'extrémité est à Gee la profondeur n'est que de 5-8 m. On note là encore l'influence de l'histoire géologique, l'atoll ayant non seulement basculé d'est en ouest mais étant également soulevé du sud-ouest vers le nord-est (Bitoun et Récy, 1982). Cette grande profondeur à proximité du récif devrait faciliter l'accumulation de particules fines (Chevillon et al., 1992)

Dans leur ensemble les fonds meubles du lagon d'Ouvéa sont très différents de ceux de la Grande Terre (Chevillon et Richer de Forges, 1988; Debenay, 1987). En particulier, il n'y a pas d'apport terrigène ni de plaine lagonnaire. Contrairement au lagon SW de Nouvelle-Calédonie, l'épaisseur des sédiments est presque partout faible. La distribution des sédiments près des récifs est également différente, à Ouvéa ces zones étant caractérisées par une forte hétérogénéité et des sédiments de faible épaisseur alors que sur la Grande Terre ces zones sont le plus souvent couvertes d'une épaisse couche de sable blanc grossier coquillier. Il existe
cependant quelques similitudes, telle que la présence des sédiments les plus fins près de la côte.

La profondeur et le vent sont également à l'origine de certaines caractéristiques des fonds meubles. Les sédiments sont les plus fins à proximité de l'île principale, là où le vent est le moins sensible. Sur l'ensemble du lagon l'épaisseur des sédiments est faible ce qui suppose soit une très faible production de sable ou de facon beaucoup plus probable l'exportation des sables à l'extérieur du lagon. On remarque également que les algues sont essentiellement concentrées le long de la côte. Il est possible que cette concentration soit d'une part due aux apports terrigènes, bien que le faible relief et la nature poreuse du terrain (calcaire d'origine récifal et sable) ne facilitent pas ce phénomène, et d'autre part à un léger upwelling cotier lié au vent. Il a été en effet possible de constater de façon anecdotique que lors de forts alizés la température de l'eau le long de l'île principale était inférieure de plusieurs degrés Celsius à celle des récifs.

Ł

Il est en revanche plus difficile d'expliquer l'hétérogénéité du substrat sur les fonds meubles. On constate que c'est sur la zone la plus hétérogène que se situe la seule formation récifale intralagonnaire de quelque importance (au large de Fayaoué). Cette hétérogénéité est sans doute très importante pour expliquer la distribution des peuplements benthiques et ichtyologiques. Cette hétérogénéité est peut-être liée à la nature de la dalle qui est partout sous-jacente dans le lagon. La faible épaisseur du sédiment a permis la formation de nombreux pâtés coralliens. Ceux-ci sont en effet le plus souvent ancrés sur la dalle. Ces formations sont plus nombreuses et plus importantes au large. Il est possible que ceci soit lié à la turbidité des eaux qui est plus forte près de l'ile principale (Clavier et al., 1992) mais il est vraisemblable que d'autres facteurs soient en cause.

La comparaison avec la morphologie des atolls de Polynésie (Ricard, 1985; Harmelin-Vivien, 1985; Salvat et Richard, 1985) montre qu'Ouvéa présente des caractéristiques particulières. Les atolls polynésiens ne communiquent avec l'océan que par un nombre limité de passes et par des hoas parfois nombreux mais n'apportant que de l'eau superficielle. Il en résulte des sédiments intralagonnaires beaucoup plus fins qu'à Ouvéa et l'absence de gradient important dans les sédiments. A Enewetak (Collins, 1987) la majorité du fond de l'atoll est occupé par des substrats meubles avec cependant une zone indurée couvrant environ 15% de ce lagon. Dans cet atoll, comme dans ceux de Polynésie, l'épaisseur du sédiment excéde 20 cm et les phénomènes de bioturbation y sont importants, alors qu'à Ouvéa le sédiment est peu épais et les organismes fouisseurs en général rares (à l'exception de quelques zones restreintes avec des callianasses). Il est probable que le renouvellement des eaux lagonnaires est plus rapide à Ouvéa que dans la plupart des atolls polynésiens. Les pinacles sont beaucoup plus fréquents et développés en Polynésie. A Eniwetak (îles Marschall) les pinnacles sont également très nombreux (Ristvet, 1987). Les facteurs engendrant la formation de pinnacles ne sont pas clairement connus. La quasi-absence de ces formations à Ouvéa suggère que cet atoll n'a pas eu la même génése que ceux du Pacifique Est ou central.

L'ORSTOM a mené une étude sur les "effets d'ile" aux abords de Maré et Lifou de décembre 1982 à septembre 1984 (Le Borgne et al., 1985; Le Borgne, 1986). Les variations saisonnières et spatiales de la chlorophylle de surface ont été décrites à partir des données CZCS (Dupouy et al., 1988; Dupouy, 1990, Dupouy, 1992).

Il existe peu de données sur le milieu pélagique du lagon et des abords de l'atoll d'Ouvéa. La carte marine de Nouvelle Calédonie (n°4310 du SHOM) indique des courants NW-SE de 2nd par vent de nord. Hénin et al. (1984) montrent qu'il existe effectivement un courant dans cette direction au sud du bassin des Loyautés, en particulier en période de vent d'ouest. Les données CZCS confirment donc l'existence de tels courants sans cependant en préciser l'étendue géographique, l'intensité ou la périodicité. Les campagnes de mesure de la température de surface par radiométrie aérienne (Petit et Hazane, 1983) ne montrent pas de structure thermique particulière, mais il convient cependant de noter l'existence de fronts thermiques faibles sur les cartes NOAA-GOSSTCOMP au cours de la saison chaude. Hallier et Kulbicki (1984) ont montré que c'est à cette saison que les pêcheurs de thons à la canne (pêche de surface) fréquentaient de préférence cette zone et qu'ils obtenaient leurs meilleurs rendements. En revanche, les palangriers, qui pêchent à des profondeurs plus importantes, ont obtenu aux environs d'Ouvéa des rendements similaires au reste de la ZEE de Nouvelle Calédonie (Hallier et Moutham, 1984, 1985; Moutham et Grandperrin, 1985,1986). Il est probable qu'il existe un lien entre rendements thoniers et les conditions océanologiques, mais la nature de ce lien est encore indéterminé.

Les variations de la chlorophylle de surface ont été décrites à très grande échelle à partir des données

de surface obtenues par les bateaux marchands (Dandonneau et Gohin, 1984). Ces auteurs démontrent l'existence d'enrichissements en chlorophylle de surface durant la saison fraiche de 32°s jusqu'à 20-22°s. Ces enrichissements seraient liés à l'existence d'un brassage vertical corrélé au vent. Nos données CZCS (19°30's à 21°40' s) ne permettent pas de montrer cet enrichissement. Les données CZCS ont déjà été utilisées pour montrer les variations saisonnières et spatiales de la chlorophylle à l'échelle de la ZEE de Nouvelle Calédonie (Dupouy, 1990,1992). Cet auteur distingue un fort signal, lié aux variations saisonnières de la chlorophylle dans le Pacifique tropical sud-ouest, et des signaux de plus faible intensité, autour des terres émergées. Nos données ne permettent pas de mettre en évidence de saisonnalité, mais indiquent en revanche une forte variation spatiale. Dupouy (1990) signale un impact du lagon autour de la Nouvelle-Calédonie, mais effet d'île réduit autour des Loyauté. Cette quasi-absence d'effet d'île a également été notée par LeBorgne et al. (1985) autour de Maré. Ces auteurs attribuent ce phénomène à l'inexistence d'apports terrigènes. Nos observations à partir des images CZCS suggèrent que cet effet d'île est en effet faible, mais cependant présent à certains moments.

Les images CZCS montrent que les eaux lagonnaires sont exportées essentiellement par le sud et dans une moindre mesure tout au long des Pléïades du Nord. Il est également probable qu'il existe un courant le long des Pléïades du Sud entre la passe de la Meurthe et celle du Coëtlogon. L'entrée des eaux océaniques se ferait essentiellement par la passe d'Anémata. En l'absence de mesure de courant il n'est pas encore possible de réaliser un schéma de circulation, mais il est vraisemblable que l'eau à proximité de l'île principale a un temps de séjour plus long que le long des Pléïades.

Les structures particulières au NE de l'îlot Su et au large de Fayaoué que suggèrent les données CZCS se retrouvent au niveau de la sédimentologie (Chevillon et al., 1992) et du benthos (Clavier, 1993; Kulbicki et al., 1993a). Il n'est pas possible de déterminer à partir des canaux CZCS étudiés si les anomalies observées sont dues à la nature du fond ou à celle de la colonne d'eau. Une étude du canal rouge, peu affecté par le substrat car sa pénétration dans l'eau est faible, est envisagé pour répondre à ce problème.

CONCLUSION

L'atoll d'Ouvéa est extrêmement ouvert et les échanges avec le milieu océanique sont sans doute importants. Il existe un gradient est-ouest pour la plupart des caractéristiques physiques du lagon et des récifs. En particulier, il est probable qu'il existe une ligne de faille nord-sud dans le lagon qui délimite un secteur ouest (de la passe d'Anemata jusqu'à environ l'isobathe des 20 m) très ouvert à l'influence océanique et un secteur est (de l'isobathe des 20 m jusqu'au rivage de l'ile principale) beaucoup plus fermé, protégé des vents dominants par la masse de l'ile principale.

L'étude des fonds meubles de l'atoll montre qu'il est possible de définir 6 zones dans les fonds compris entre 0 et 20m (partie est du lagon). Le long de l'ile principale le substrat est caractérisé par des sables fins, à l'exception d'une zone hétérogène entre Hwadrilla et St Joseph où le substrat est constitué d'une mosaique de sédiments grossiers, de sables fins, de dalle avec du corail et des algues. La majorité des fonds entre 12 et 20 m sont homogènes et constitués de sables moyens ou grossiers avec un peu de dalle. Au large de Fayaoué existe une "cuvette" où le substrat est plus hétérogène que dans le reste du lagon. On y note en particulier une couverture plus importante en algues et en coraux que dans le reste du lagon. A proximité des récifs et des passes les sédiments deviennent plus grossiers et plus hétérogènes. Entre la passe de la Baleine et St Joseph existe une zone de dépôt avec des sables fins assez épais et une très faible couverture algale ou corallienne. Cette épaisseur du sédiment est plus importante que sur l'ensemble des fonds meubles étudiés pour les quels les sédiments ont rarement plus de 10 cm d'epaisseur.

L'étude plus détaillée de la région côtière (0 - 7 m) montre que les fonds durs y sont peu importants (2.9% de la surface), 85 % de la surface étant constituée par des sables recouverts par des champs d'algues de densité très variable et dont la distribution spatialle est complexe. Le sable nu, qui ne couvre que 9.3% de la surface de cette zone, est concentré suivant une bande cotière de 200 à 300 m de large entre Banutr et Mouly ainsi qu'au nord de St Joseph II existe un peu de végétation halophile et des mangroves, mais celles ci ne représentent qu'une faible superficie.

Les récifs coralliens sont essentiellement constitués des Pléiades du Nord et du Sud. Il existe de

nombreux pâtés coralliens sur les fonds meubles, leur diamètre augmentant en général avec la profondeur. Il existe des différences nord-sud et est-ouest dans la structure géomorphologique des Pléiades. Ces différences sont en grande partie liées à l'exposition aux alizés ainsi qu'à la présence ou absence d'ilots. Ainsi la partie intérieur des Pléiades du Nord est exposée aux alizés et a un récif intérieur très peu développé alors que dans les Pléiades du Sud ce type de récif est très important. L'exposition aux alizés a crée des chenaux de marée importants en arrière du récif barrière dans les Pléiades du Nord, de telles formations n'existant pas au Sud. En revanche dans les Pléiades du Sud le plateau corallien en arrière du récif barrière est beaucoup plus important qu'au Nord. A l'est les ilots engendrent des zones abritées de l'alizé. Dans ces zones le développement corallien est souvent moindre et il y existe des zones d'accumulation, formations beaucoup moins importantes à l'ouest. La profondeur du récif intérieur augmente également d'est en ouest pour atteindre plus de 30 m sur le récif Draule au niveau de la passe d'Anemata

k

-

REMERCIEMENTS

Ce travail a été possible grâce au concours de très nombreuses personnes. Nous tenons en particulier à remercier les marins de l'ALIS, du DAWA et du DAR MAD qui nous ont aidés au cours des nombreuses semaines de mer pour la plongée, la pêche, le matériel et la vie à bord. Les intiateurs du projet, Mr. Donskoff et Blanc ainsi que leurs successeurs Mr. Buruss et Daguzan, les responsables locaux à Ouvéa ont permis le bon déroulement de ce projet. Mr. C. Habault a grandement contribué au montage financier et à la réalisation de cette convention. De nombreuses personnes de l'ORSTOM ont aussi contribué à ce travail, en particulier le LATICAL et l'ensemble des biologistes, techniciens et secrétaire de l'Océanographie biologique.

BIBLIOGRAPHIE

Anonyme 1991 Résultats des thoniers palangriers français dans la ZEE de Nouvelle Calédonie. Service Territorial de la Marine marchande et des pêches maritimes. Rapports de janvier 1991 à décembre 1991:120 p

Battistini R. et al. 1975 Eléments de terminologie récifale indo-pacifique Téthys 7(1):1-111

Bitoun G. et J.Récy, 1982 Origine et évolution du bassin des Loyauté et de ses bordures après la mise en place de la série ophiolitique de Nouvelle-Calédonie *in* Contributions à l'étude géodynamique du sud-ouest Pacifique *Travaux et Documents ORSTOM -Paris* 505-540

Chevillon C. et B. Richer de Forges 1988 Sediments and bionomic mapping on soft bottoms in the southwestern lagoon of New Caledonia Sixth International Coral Reef Congress Townsville 2: 589-594

Chevillon C., J.Clavier, C.Garrigue 1992 Preliminary data on the sediments of the Uvea Lagoon (New Caledonia Seventh International Coral Reef Congress Guam June 1992 6p

Clavier J., C.Garrigue, G.Bargibant, A.Di Matteo, P.Hamel, M.Kulbicki, R. Urbain 1992 Etude quantitative du benthos dans le lagon d'Ouvéa. Liste taxonomique, densité et biomasses du macrobenthos, ATP, pigments photosynthétiques et matière organique dans le sédiment. *Rapports Scientifiques et Techniques ORSTOM Nouméa Sciences de la Mer* 64: 70 p

Clavier J. 1993 Etude du benthos d'Ouvéa. in Evaluation des resources en poissons du lagon d'Ouvea. lère parite: L'environnement biologique: le macrobenthos, le megabenthos et le plancton. ORSTOM Nouméa Sciences de la Mer Rapport de Convention 8: 1-35

Colin P. 1987 Physiography of Enewetak Atoll . D.M Devaney, E.S. Reese, B.L. Burch et P. Helfrich (eds) *The Natural History of Enewetak Atoll vol. 1* Office of Scientific and Technical Information U.S. Depart. of Energy 27-36

Dandonneau Y. et F.Gohin 1984 Meridional and seasonal variations of sea surface chlorophyll concentrations in the southwestern tropical Pacific (14 to 32°S, 160 to 175°E) *Deep Sea Research* 31(12):1377-1393

Debenay J.P. 1987 Sedimentology in the southwestern lagoon of New Caledonia, SW Pacific J.Coast. Res. 3(1):77-91

÷

Dupouy C. 1990 La chlorophylle de surface observée par le satellite NIMBUS-7 dans une zone d'archipel (Nouvelle-Calédonie et Vanuatu). Une première analyse. Bulletin de l'Institut Océanographique de Monaco 6:125-148

Dupouy C. 1992 Discouloured waters in the melanesian archipelago (New Caledonia Vanuatu). The value of the Nimbus-7 coastal zone colour scanner observations E.J. Carpenter (ed) Marine pelagic cyanobacteria: Trichodesmium and other Diazotrophs Kluwer Acad. Press 177-191

Dupouy C., M. Petit et Y. Dandonneau 1988 Satellite detected cyanobacteria bloom in the southwestern tropical Pacific. Implication for nitrogen fixation. International Journal of Remote Sensing 8(3): 389-396

Egretaud C. 1992 Etude de la biologie générale, et plus particulièrement du régime alimentaire de Lethrinus nebulosus du lagon d'Ouvéa (Nouvelle Calédonie) DAA Halieutique ENSA Rennes 102 p

Garrigue C., 1985 Répartition et production organique et minérale de macrophytes benthiques du lagon de Nouvelle Calédonie Thèse Université de Montpellier 270p

Hallier J.P. 1984 La pêche à la palangre en Nouvelle Calédonie. Rapports bimensuels. ORSTOM Nouméa rapports miméo numéros 1 à 9: 70p

Hallier J.P et G. Mou Tham 1984 La pêche à la palangre en Nouvelle Calédonie- Aout-Septembre 1984 ORSTOM Nouméa 10: 12 p

Hallier J.P. et Kulbicki M., 1984 Analyse des résultats de la pêcherie à la canne de Nouvelle-Calédonie (aout 1981-avril 1983) Rapports Scientifiques et Techniques ORSTOM Nouméa 36: 136 p

Harmelin -Vivien M. 1985 Atoll de Tikehau, archipel des Tuamotus B.Delesalle, R. Galzin et B. Salvat (eds) French Polynesian Coral Reefs Proc. 5th Internat. Coral Reef Congress Tahiti june 1985 211-268

Henin C., Guillerm J.M. et L. Chabert 1984 Circulation superficielle autour de la Nouvelle Calédonie Océanogr. trop. 19(2):113-126

Kinzie R.A. et R.H. Snider 1978 A simulation study of coral reef survey methods. D.R Stoddart et R.E. Johannes (eds) *Coral reefs: research methods* UNESCO Monographs on oceanographic methodology 5. 231-250

Kulbicki M., G. Bargibant, J.L. Menou, G. Mou Tham, J.T. Williams 1993 a Evaluation des ressources en poissons du lagon d'Ouvéa. Rapports de Convention Sciences de la mer ORSTOM Nouméa 9 in prep.

Kulbicki M., C.Garrigue, G.Bargibant, J.L. Menou, G. Mou Tham 1993 b Répartition du megabenthos dans le lagon d'Ouvéa Rapports de Convention Sciences de la Mer ORSTOM Nouméa 8: 39-96

LeBorgne R. 1986 Programme PROCAL III - Campagnes Prefil, Uitoe, Maré et Ondimar (zooplancton et micronecton) Rapport miméo ORSTOM Nouméa 154 p

LeBorgne R., Y. Dandonneau et L. Lemasson 1985 The problem of the island mass effect on chlorophyll and zooplancton standing crops around Mare (Loyalty islands) and New Caledonia *Bull. Marine Sci.* 37(2):450-459

Legendre L. et P.Legendre 1984 Ecologie numérique 2- La structure des données écologiques Masson Collection d'écologie 254 p.

Mou Tham G. et R. Grandperrin 1984 La pêche à la palangre en Nouvelle Calédonie. Rapports bimensuels. ORSTOM Nouméa rapports miméo numéro 11 à 24 : 150 p Neter J. et W.Wasserman, 1974 Applied linear statistical models Richard D.Irwin Inc. 842 p

Petit M. et P. Hazane 1983 Radiométrie aérienne et prospection thonière Rapport de Convention (avril 82-déc. 82/avenant n°3) ORSTOM Nouméa 93 p

÷.

5

¢

Ricard M. 1985 Rangiroa atoll, Tuamotu archipelago. B.Delesalle, R. Galzin et B. Salvat (eds) French Polynesian Coral Reefs Proc. 5th Internat. Coral Reef Congress Tahiti june 1985 159-210

Ristvet B.L. 1987 Geology and Geohydrology of Enewetak Atoll D.M Devaney, E.S. Reese, B.L. Burch et P. Helfrich (eds) *The Natural History of Enewetak Atoll vol. 1* Office of Scientific and Technical Information U.S. Depart. of Energy 57-70

Salvat B. et G. Richard 1985 Atoll de Tokapoto, archipel des Tuamotus B.Delesalle, R. Galzin et B. Salvat (eds) French Polynesian Coral Reefs Proc. 5th Internat. Coral Reef Congress Tahiti june 1985 323-378

Sokal R. et F.Rolf, 1981. Biometry. The principles and practice of statistics in biological research. W.H. Freeman and Co. New York 860p

Annexe 1: Fiche de station utilisée pour enregistrer les caractéristiques du substrat

DIST. représente le numéro de secteur, PROF. la profondeur en m du secteur, "Substrat" correspond aux types de substrats définis dans le tableau 2, "Organismes recouvrants" indique le type et la proportion du substrat recouvert par des organismes.

N⁰ de station :

DIST.	PROF	grain Substrat - couleur	%	Organismes Recouvrants	%	Photo
	1					

5

)

ŧ

149

Centre ORSTOM de Nouméa B.P. A5 Nouméa Cédex Nouvelle Calédonie © 1994

1. .