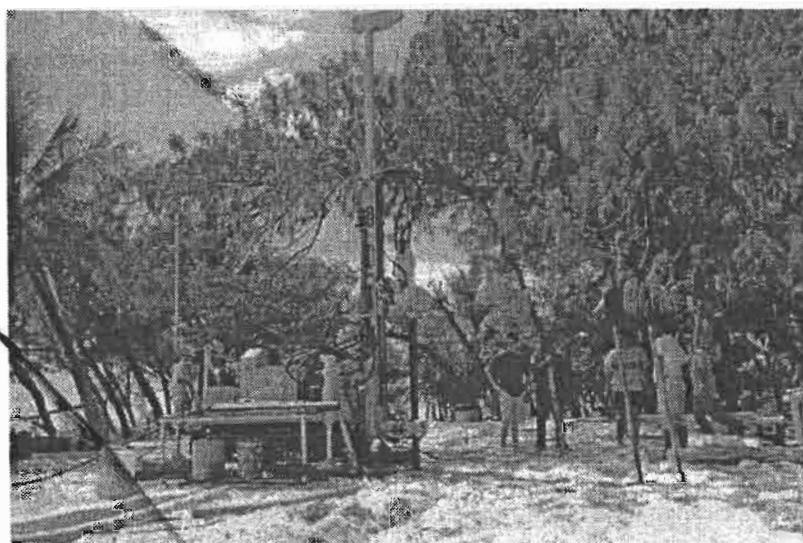


CENTRE D'OCEANOLOGIE DE MARSEILLE UNIVERSITE AIX-MARSEILLE II

Maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes Marins

Rapport de stage

ANALYSE ET CARACTERISATION DES BIOFACIES DE FORAGES REALISES DANS UN DOUBLE RECIF BARRIERE DE LA COTE EST DE NOUVELLE CALEDONIE



par Elvire HEIDINGER

**PALEO
TROPICALE**

**Responsable de stage :
Guy CABIOCH**

IRD

Institut de recherche
pour le développement

**IRD de Nouméa
Mai-Août 2004**

Remerciements

Ce stage s'est effectué dans le cadre de la maîtrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes Marins du Centre d'Océanologie de Marseille. La structure d'accueil, l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD), se trouve à Nouméa en Nouvelle Calédonie et est une véritable plaque tournante de la recherche marine.

Je remercie, dans un premier temps Christian Colin, directeur de la délégation IRD dans le Pacifique, pour m'avoir accueillie dans son centre de Nouméa.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à Guy Cabioch, directeur de recherches dans l'UR "Paléotropique" pour m'avoir proposé ce sujet de stage qui correspond parfaitement avec mon projet professionnel. Merci mille fois de m'avoir fait découvrir l'univers si intéressant des récifs coralliens, de m'avoir encadrée et aidée tout au long de ce stage. Je n'oublierai pas votre gentillesse et votre disponibilité, ainsi que tout ce que vous m'avez appris.

Claude Payri m'a été d'une aide précieuse dans l'observation des "algues rouges" et je l'en remercie.

Je remercie également toute l'équipe de l'UR "Paléotropique" pour leur accueil et en particulier Pierre Genthon qui m'a prêté son ordinateur et aussi Jocelyne Bonneau pour m'avoir amené à l'aquarium de Nouméa afin de m'expliquer ses expériences sur les bécotiers.

Un grand merci à Christophe Peignon et Mathilde Scamps, de l'UR138, pour m'avoir permis de participer au projet "herbiers" dans la partie prélèvements, sans oublier Samuel Tereua, capitaine du N/O Coris, pour sa sympathie.

Dans la partie traitement statistique, je remercie Dominique Ponton qui m'a expliqué les différences analyses et leur utilité.

Je n'oublie pas de remercier toutes les personnes croisées ici, à l'IRD, chercheurs, ITA, thésards, stagiaires, rencontrées ou non lors de mes précédents stages, qui, grâce à leur sympathie et leur bonne humeur, ont rendu mon séjour si agréable.

Enfin, je remercie encore une fois mes grand-parents pour m'avoir soutenue pendant toute la durée de ce stage et sans qui, tout cela n'aurait été possible.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION.....	1
2. MATERIEL ET METHODES.....	4
2.1. Prélèvement et localisation des carottes	
2.2. Composition des échantillons et pourcentage de récupération	
2.3. Minéralogie des carbonates : calcul du pourcentage en aragonite	
2.4. Analyses sédimentologiques et paléoécologiques	
2.4.1. <i>Description macroscopique</i>	
2.4.2. <i>Description microscopique</i>	
2.4.3. <i>Validation statistique des résultats</i>	
2.5. Datation	
3. RESULTATS.....	6
3.1. Description lithologique-Macrofaciès	
3.2. Description microscopique-Microfaciès	
3.2.1. <i>Les textures</i>	
3.2.2. <i>Les ciments</i>	
3.2.3. <i>La bioérosion</i>	
3.2.4. <i>Les constituants bioclastiques</i>	
3.2.5. <i>Les microbialithes</i>	
3.3. Analyse statistique	
4. DISCUSSION.....	16
4.1. Signification des organismes en terme d'environnement	
4.1.1. <i>Les coraux</i>	
4.1.2. <i>Les rhodobiontes</i>	
4.1.3. <i>Les chlorobiontes</i>	
4.1.4. <i>Les foraminifères</i>	
4.1.5. <i>Les mollusques</i>	
4.2. Succession des environnements et leurs significations	
4.2.1. <i>Forage Bayes 1</i>	
4.2.2. <i>Forage Bayes 2</i>	
4.2.3. <i>Forage Bayes 3</i>	
4.3. Relation entre évolution verticale des environnements et le niveau marin	
5. CONCLUSION	22
6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	23

1. INTRODUCTION

Les récifs coralliens se développent dans les régions intertropicales où la température de l'eau oscille entre 21°C et 29°C et où la lumière qui y pénètre est intense. Ils sont formés d'une multitude d'organismes dont beaucoup ont un squelette ou des parties calcaires et dont les principaux appartiennent aux coraux qui ont une croissance plus ou moins rapide selon les espèces et aux rhodobiontes encroûtantes qui vont contribuer à la cimentation de l'ensemble récifal. Les débris d'autres organismes viennent colmater les interstices de la trame récifale: ce sont principalement des foraminifères, mollusques, autres rhodobiontes ou chlorobiontes calcaires, échinides mais aussi des débris coralliens et d'encroûtements algaires. Les récifs peuvent avoir des morphologies différentes. Une première classification a été faite par Darwin (1842) qui distingue les récifs frangeants, récifs barrières, récifs de plate-forme et les atolls.

La Nouvelle Calédonie se situe dans le Sud-Ouest du Pacifique, entre 160° et 170° Est et 15° et 25° Sud. Elle est formée d'un ensemble d'îles dont la principale, la Grande Terre, est allongée suivant la direction Nord-Ouest / Sud-Est, correspondant au prolongement morphologique de la chaîne sous-marine de Norfolk qui résulte du fonctionnement de la tectonique des plaques (Dupont *et al.*, 1975). Au Crétacé (il y a 60 millions d'années), un fragment de l'ancien continent du Gondwana s'est détaché de la bordure orientale de l'Australie et s'est alors déplacé vers l'Est. Puis, il y a 35 millions d'années, la plaque tectonique australienne est passée sous la plaque Pacifique (Griffiths, 1971).

La Grande Terre est entourée par un récif barrière, parfois double ou triple, pratiquement continu sauf face aux fleuves et au Sud-Est où il s'ennoie. Il se continue au-delà au Nord et au Sud-Ouest pour former respectivement le Grand Lagon Nord et le Lagon de Nouméa (Thomassin et Vasseur, 1981). Quant aux récifs frangeants bordant directement le littoral, ils sont mieux développés à l'Est qu'à l'Ouest (Taisne, 1965 ; Coudray, 1976).

L'étude conjointe de la structure et de la morphologie des récifs avec l'analyse par forages de leur structure interne donne des informations sur la succession des unités récifales et sur leurs modalités de croissance (Davies et Montaggioni, 1985 ; Neumann et Macintyre, 1985 ; Hopley, 1989 ; Montaggioni, 2000). La formation de ces unités est en effet sous la dépendance des variations glacio-eustatiques (bas niveaux marins lors des phases glaciaires vs hauts niveaux lors des interglaciaires), des mouvements d'origine tectonique (subsidence ou surrection) et des facteurs environnementaux locaux. En 1967, la réalisation d'un forage unique sur l'îlot Ténia a révélé pour la première fois que le récif barrière de Nouvelle

Calédonie était constitué de plusieurs épisodes récifaux totalisant 226 m d'épaisseur (Avias et Coudray, 1967). Suite à l'étude de ce forage, Coudray (1976) montrait que la barrière était composée de 4 grands complexes récifaux. De telles études de longues séries récifales récupérées par forage ont été entreprises dans des atolls comme à Mururoa (Buigues, 1985 ; Ebrén, 1996) ou dans des récifs barrières subsidents comme à Tahiti (Montaggioni *et al.*, 1997), en Australie (Braithwaite *et al.*, 2004) et également depuis peu en Nouvelle Calédonie. Les données paléocéologiques obtenues ont montré que les épisodes récifaux correspondaient aux époques des derniers interglaciaires qui se sont succédés à une périodicité d'environ 100.000 ans. En effet, en Nouvelle-Calédonie, la combinaison de l'enfoncement progressif des marges et de la périodicité des hauts niveaux marins identiques à l'actuel tous les 100.000 ans peuvent donner un empilement de plusieurs épisodes de récifs d'au moins 1 million d'années (Cabioch *et al.*, 1999) ou peut-être même plus, de 2 millions (Coudray, 1976). Depuis 1995, l'UR 055 "Paléotropique" du centre IRD de Nouméa a réalisé plusieurs forages sur des îlots sur le récif barrière ou sa proximité immédiate dans le cadre d'un programme de recherche pluridisciplinaire sur « l'étude des paléoenvironnements récifaux, de la néotectonique et des variations relatives du niveau marin, du Quaternaire récent à l'Actuel ». Une première opération a été réalisée en 1995 sur l'îlot Amédée près de Nouméa (un forage de 126 m), une autre en 1998 sur l'îlot Kendec près de Koumac, au nord de l'île (un forage de 130 m), une en 2000 sur l'îlot Ténia (un forage de 151 m, un second de 60,50 m et un troisième de 122,50 m) (Cabioch *et al.*, 2002a) et enfin, en 2001, une dernière campagne a été réalisée sur l'îlot Bayes situé sur le récif barrière de la côte Est, face à Poindimié (trois forages de 3 3,40 m, 63,60 m et 48,60 m) (Cabioch *et al.*, 2002b). C'est sur le forage de 63,60 m (Bayes 2 ou B2) que va porter ce présent travail.

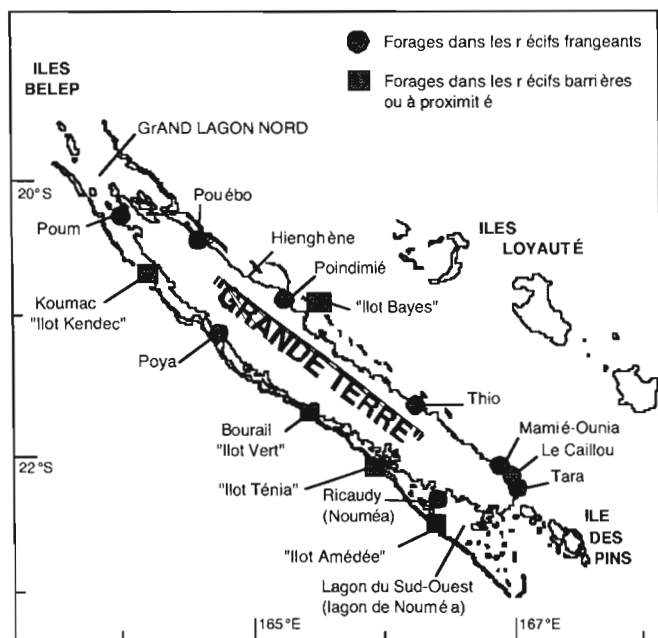


Figure 1: Localisation des forages réalisés sur les récifs autour de la Grande Terre de Nouvelle Calédonie.

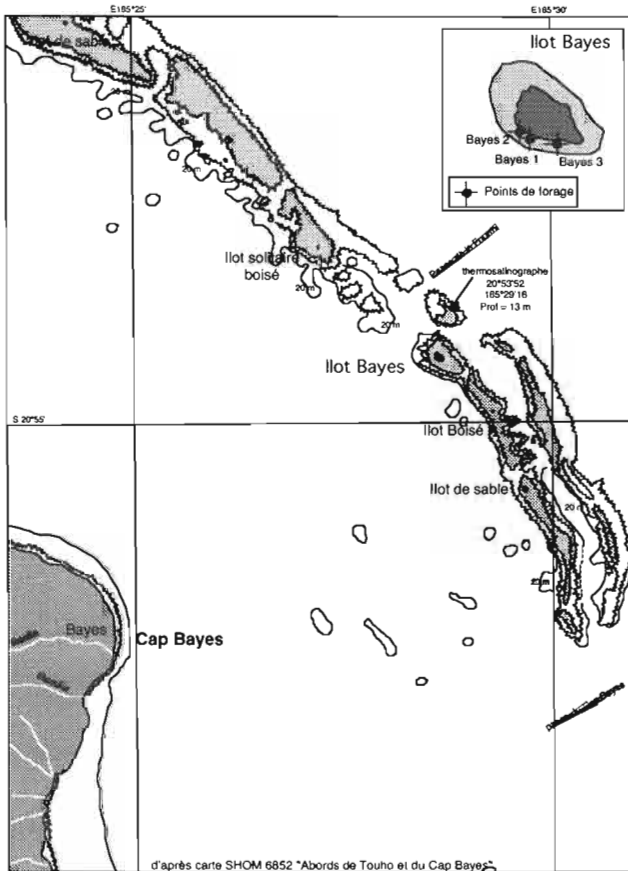


Figure 2: Localisations de l'îlot Bayes et des forages sur le double récif barrière face au Cap Bayes (Poindimié).

Une étude préliminaire avait déjà permis d'observer sur les carottes l'existence de 2 unités séparées par une discontinuité d'origine diagénétique avec les recristallisations et probablement des changements de biofaciès entre 25 et 28 m (Nowicki, 2002) mais il restait à confirmer ces observations préliminaires et à entreprendre les études paléoécologiques (ce présent travail).

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Prélèvement et localisation des carottes

Les opérations de forage se sont déroulées de début septembre à fin octobre 2001 à l'aide d'une foreuse Sédidrill 500 par rotary et injection d'eau de mer en continu.

Trois forages ont été réalisés sur l'îlot Bayes, leurs caractéristiques et localisations se trouvent dans le tableau 1. Les altitudes des forages ont pour référence le zéro des hautes mers du 2 octobre 2001.

Tableau 1 : Caractéristiques et localisation des forages

Forage	Point GPS	Altitude	Profondeur	Discontinuité
B1	S 20° 54,124' E 165° 28,821'	+ 0,21 m	33,40 m	26,25 m
B2	S 20° 54,126' E 165° 28,899'	+ 0,44 m	63,60 m	27,80 m
B3	S 20° 54,129' E 165° 28,869'	+ 0,46 m	48,60 m	24,90 m

Les échantillons prélevés par la foreuse sont ensuite placés dans des caisses de récupération et classés en fonction de la profondeur à laquelle ils ont été forés.

2.2. Composition des échantillons et pourcentage de récupération

Les carottes se composent de sédiments biodétritiques plus ou moins consolidés, de niveaux bioconstruits à coraux et algues et de passées de sables bioclastiques meubles qui la plupart du temps ne sont pas récupérés lors du forage. La nature du matériel récupéré et la non récupération des sables expliquent pourquoi les taux de récupération dans un forage sont souvent fluctuants. En plus, il faut noter la très grande porosité et structure caverneuse du récif dues aux différents processus d'érosions chimique, mécaniques et biologiques.

Ainsi, le taux de récupération est directement lié à la nature des faciès rencontrés et également à la présence de cavités ainsi que de sables et gravelles que la technique par rotary ne permet pas de récupérer.

2.3. Minéralogie des carbonates : calcul du pourcentage en aragonite

Les parties dures fossilisables des organismes constituant un récif corallien sont composés de carbonate de calcium (de la silice peut être trouvée dans certains spicules d'éponge) : initialement en aragonite (comme les coraux) ou en calcite magnésienne (rhodobiontes), ces carbonates, sous l'action de la diagénèse par les eaux douces, se transforment totalement ou en partie en calcite. Des analyses de diffractométrie X ont été ainsi réalisées par l'IRD à Bondy (région parisienne) sur plusieurs niveaux de ce forage pour déterminer les pourcentages d'aragonite et de calcite.

2.4. Analyses sédimentologiques et paléocéologiques

2.4.1. Description macroscopique

L'observation macroscopique des carottes permet de différencier des niveaux bioconstruits (coraux dont les principaux trouvés appartiennent aux familles des Poritidés, Acroporidés et Favidés et généralement associés aux rhodobiontes encroûtantes) et des niveaux bioclastiques (coraux ; rhodobiontes calcaires, mollusques et autres débris squelettiques) et quelques niveaux sableux plus ou moins indurés. Cette description macroscopique a été réalisée rapidement sur le terrain et complétée et précisée en laboratoire et elle a permis la réalisation de logs lithologiques montrant la présence de grandes unités environnementales.

2.4.2. Description microscopique

La description microscopique permet une caractérisation qualitative et semi-quantitative des constituants des différents niveaux avec, lorsque cela est possible, l'identification au niveau du genre et parfois de l'espèce des coraux, rhodobiontes encroûtantes, foraminifères et autres organismes. On peut également caractériser les différents ciments ou sédiments intervenant dans les processus diagénétiques. Cette description a été réalisée sur des lames minces représentatives des différentes variations des caractères lithologiques de la carotte. Le microscope utilisé pour l'observation des lames est un Leitz de type SM-LUX-POL avec lumière polarisée et les grossissements sont de x 2,5, x 4, x 10 et x 63.

2.4.3. *Validation statistique des résultats*

L'utilisation des méthodes statistiques permet de définir et de classer les faciès de façon rigoureuse. Elles conduisent au final à une meilleure représentation visuelle des résultats microfaciologiques des comptages de points. Les analyses qui ont été effectuées sont la classification hiérarchique ascendante et l'analyse factorielle des correspondances (AFC).

Les biofaciès qui avaient d'abord été définis en lames minces à partir des associations bioclastiques et l'estimation semi-quantitative des constituants, ont fait l'objet de comptages sur une base moyenne de 800 points comptés par lame avec un pas d'avancement de 0,2 mm, à l'aide d'un compteur semi-automatique de type SWIFT. Parfois jusqu'à 1000 points ont été comptés et quelquefois seuls 600 points en fonction de la surface de roche présente sur la lame.

Comme les comptages ont varié de 600 à 1000 points, il a été nécessaire de ramener l'ensemble des données à 100% afin qu'elles soient comparables entre elles. Les données chiffrées obtenues ont été modifiées sous excel afin d'obtenir des pourcentages arrondis au 1/100^e près.

Lors des comptages, ont été prises en compte 40 variables parmi les suivantes : porosité, ciments, Coraux, Rhodobiontes encroûtantes et articulées, Foraminifères encroûtants et libres, Chlorobiontes, Mollusques, Echinodermes, Alcyonaires, Bryozoaires, Polychètes ainsi que les éléments indéterminés.

Le traitement statistique a été réalisé à l'aide du logiciel PRIMER avec comme variables : les coraux, les rhodobiontes, les chlorobiontes, les foraminifères hyalins libres, les foraminifères porcelanés, les foraminifères agglutinants, les foraminifères encroûtants, les échinodermes, les mollusques, les autres organismes, la porosité et les ciments. Les données initiales ont été recalculées pour regrouper les différentes catégories et conserver les 100% afin de ne pas fausser la statistique. Ainsi, une MDS (Multi Dimensional Squalling) a été effectuée à l'aide de la distance de Bray Curtis (pour le calcul de la racine carrée des pourcentages) suivie d'un Complete linkage, permettant l'obtention de dendogrammes associant les lames en fonction de leur proximité en matière de composition, validés ensuite par des tests (10000 permutations).

2.5. Datation

Les datations absolues sont en cours mais un échantillon (échantillon 17B1) prélevé à 6,10m de profondeur provenant d'une bioconstruction de *Porites* a été soumise a une datation Uranium / Thorium (U/Th) dans un laboratoire australien, à Camberra. Cela permet d'ores et déjà d'avoir un repère chronologiques. L'ensemble des dates qui doit être disponible dans peu de temps permettra par la suite de faire des comparaisons entre la croissance de ce récif et celle d'autres récifs de la Grande Terre de Nouvelle-Calédonie.

3. RESULTATS

3.1. Description lithologiques - Macrofaciès

Le forage B1 révèle dans son ensemble une succession de biofaciès particulièrement homogènes avec la présence de colonies coralliennes bien marquées et d'importants taux de non-récupération. Le taux de récupération est environ de 8,78m sur les 33,40m soit 26,29% de la carotte totale.

Du sommet de la carotte et sur 2,10 m, on trouve des sables bioclastiques puis en proportion identique des niveaux à divers débris coralliens et bioclastiques. Puis, viennent des colonies coralliennes pour la majorité composée de Poritidés du genre *Porites*. Ensuite, des colonies de Favidés et Acroporidés viennent s'intercaler avec des niveaux bioconstruits jusqu'à une profondeur de 11,10 m ; puis jusqu'à 11,86 m, de nouveau une colonie de *Porites* sp. Un niveau de sable est présent jusqu'à 14,26 m puis une grande portion de débris coralliens avec quelques alternances de niveaux de débris bioclastiques jusqu'à 26,25 m. C'est à cette dernière profondeur que se trouve une discontinuité marquée par un changement significatif de couleur passant du gris à l'ocre. De 26,25 m à 33,40 m, on observe des niveaux de débris et sableux indurés. Le matériel récupéré est beaucoup plus induré jusqu'à la base de la carotte probablement en raison des processus de cimentation dus à la diagénèse.

Dans cette cartotte, on note la présence de microbialithes qui apparaissent à la profondeur de 6,78 m jusqu'à 24,90 m et se révèlent être particulièrement abondantes entre 18,60 m et 23,48 m.

Le pourcentage en aragonite est très élevé au dessus de la discontinuité (entre 85,6 et 100%, le reste étant de la calcite magnésienne). En dessous de la discontinuité, le taux d'aragonite est

faible à nul et c'est de la calcite (non magnésienne) qui a été trouvée (94,9% de calcite), ce qui montre que la partie inférieure de la carotte a été affectée par une diagénèse par les eaux douces.

Le forage B2 montre une succession de biofaciès particulièrement hétérogènes et également un taux de non récupération important. La récupération a été de 19,86 m sur les 63,60 m de cette carotte, soit 31,23% de la carotte totale.

Tout d'abord, au sommet de la carotte, il y a présence de sables bioclastiques beiges sur 2,33 m, puis on trouve en alternance des niveaux bioconstruits sous forme essentiellement de petites colonies de Poritidés et Favidés, et des niveaux biodétritiques jusqu'à environ 11,25 m. A cette profondeur, la couleur, qui était beige, change avec des tons grisâtres à gris clair accompagnés d'un changement de biofaciès : on observe des sables bioclastiques jusqu'à 20,50 m. Ensuite, une nouvelle succession de niveaux bioconstruits alternant avec des niveaux biodétritiques s'établit jusqu'à 27,80 m et la couleur redevient beige. La majorité des coraux présents sont de type Acroporidé et Favidé. La discontinuité à 27,80 m est marquée par un changement lithologique qui passe de niveaux bioconstruits gris à du sable induré beige à ocre. Après cela, on trouve une succession de niveaux indurés et bioconstruits jusqu'à 37 m et on passe à une alternance de niveaux biodétritiques très encroûtés et indurés jusqu'à la fin de la carotte. A l'approche de la base, on remarque une couleur de plus en plus orangée, traduisant une oxydation importante.

On peut également noter dans ce forage la présence de microbialithes à partir d'une profondeur de 6,75 m jusqu'à 36,63 m. Cependant, les microbialithes se révèlent être moins abondantes que dans le forage B1 et concentrées entre 24,71 m et 26,40 m.

Le pourcentage en aragonite est très élevé au dessus de la discontinuité (entre 94 et 100%) et en dessous, il est quasiment nul (99% de calcite).

Le forage B3 montre une succession de biofaciès plutôt hétérogènes avec d'importants taux de non récupération : 13,37 m sur les 48,68 m de la carotte, soit 33,63% de la carotte totale.

Tout d'abord, au sommet de la carotte, on observe la présence de sables bioclastiques grossiers beiges puis on trouve en alternance de niveaux bioconstruits (avec de petites colonies d'Acroporidés, de Poritidés et Favidés) et des niveaux bioconstruits encroûtants jusqu'à environ 11,64 m.

La nature des biofaciès change quelque peu avec une alternance de niveaux bioconstruits et de niveaux biodétritiques plus abondants et avec des encroûtements plus importants. Vers 24 m,

on a un changement de couleur qui devient gris puis blanc. Une discontinuité se trouve à 24,90 m mais sans un changement net de biofaciès qui est toujours constitué de niveaux biodétritiques encroûtés. On note simplement un changement dans la couleur qui passe au marron et cela jusqu'à la fin du forage.

On retrouve ensuite une succession de niveaux bioconstruits et biodétritiques, ces derniers étant relativement importants et leurs constituants difficilement reconnaissables macroscopiquement. Ces niveaux sont accompagnés de quelques niveaux sableux grossiers et meubles à 27,63 m et 36,65 m.

À 42,67 m apparaissent des niveaux de sables et jusqu'à la fin de la carotte, on a une forte récupération de matériel bioconstruit et de niveaux biodétritiques très encroûtés et indurés.

On peut relever l'abondance exceptionnelle dans ce forage de microbialithes à partir d'une profondeur de 5,45 m jusqu'à environ 43 m. On notera que leur abondance est particulièrement forte entre 9,82 m et 17,95 m.

Le pourcentage en aragonite est généralement élevé au dessus de la discontinuité (entre 89,6 et 99,8%) sauf à 16m où il est de 20,4%. En dessous de la discontinuité, il est compris entre 0,9 et 1,6%, soit environ 99% de calcite.

3.2. Description microscopique - Microfaciès

L'analyse de 24 lames pour le forage B1, 60 lames pour B2 et 64 lames pour B3 a permis d'identifier les différents constituants intervenant dans les niveaux bioconstruits et biodétritiques et lorsque cela été possible de déterminer les différents genres et espèces des organismes trouvés.

3.2.1. Les textures

Dans les calcaires récifaux, il existe différentes textures définies par Dunham (1971, *in* Brahic *et al.*, 1999) qui a proposé une classification basée sur la proportion qualitative des constituants par rapport à la matrice ("boue" carbonatée) et sur l'agencement des particules (de taille inférieure à 2 mm et jointives ou non). Cette classification rend ainsi compte du niveau d'énergie du milieu au moment du dépôt : on va des Mudstones Mu (moins de 10% de particules non jointives dans la matrice) caractérisant un milieu calme aux Wackestones Wa (plus de 10% de particules non jointives dans la matrice) puis Packstones Pa (particules jointives dans la matrice) et enfin Grainstones Gr (absence de matrice et constituants jointifs) traduisant le degré d'agitation maximal.

En plus des textures définies par Dunham, il a été défini des textures prenant en compte la nature des constituants de la trame construite: Framestone Fr quand les textures correspondent à des constructions à coraux, Bindstone Bi pour des rhodobiontes et / ou foraminifères encroûtants, Boundstone Bo pour des coraux et rhodobiontes et / ou foraminifères encroûtants. Les différentes textures observées sont inscrites dans le tableau 2.

Tableau 2: Textures observées dans les différentes lames des forages B1,B2 et B3.

Numéro de lame Forage B1	Profondeur (m)	Texture	Numéro de lame Forage B2	Profondeur (m)	Texture	Numéro de lame Forage B3	Profondeur (m)	Texture
3B1	2,2	Fr	3B2	2,2	GrWa	4B3	0,2	Fr
5B1	2,3	GrWa	8B2	3,7	Fr	7B3	0,35	GrPa
6B1	2,4	BoMu	18B2	5,1	Fr	11B3	2,15	Wa
23B1	6,85	Fr	22B2	6,65	Bo	13B3	3,6	Bo
26B1	7,25	Fr	26B2	6,9	Bo	17B3	3,9	Bi
27B1	7,3	Fr	29B2	7,1	Bo	22B3	5,2	Fr
31B1	8,2	Fr	40B2	9,9	Bo	25B3	5,4	Fr
34B1	9,75	Fr	43B2	10	Fr	31B3	6,8	Bo
42B1	10,35	BoMu	62B2	23,1	Bo	38B3	8,2	Bo
54B1	15,7	Bo	64B2	23,3	Bo	54B3	11,2	Bo
57B1	16	Fr	65B2	23,4	Bo	65B3	12,95	Bo
62B1	17,4	Fr	67B2	23,55	BoWa	67B3	14,1	BoMu
65B1	18,7	Fr	72B2	24,8	Bo	70B3	14,35	Bo
72B1	20,35	Bo	73B2	24,9	Fr	74B3	15,7	Bo
74B1	20,5	Bo	77B2	26,3	Bo	79B3	16	Bo
77B1	21,8	FrMu	86B2	29,1	Wa	82B3	17,2	Bo
78B1	23,1	FrMu	88B2	29,25	Pa	85B3	17,6	Bi
82B1	23,35	FrMu	89B2	29,35	Fr	89B3	17,9	Bo
85B1	24,6	Bo	90B2	29,55	FrWa	90B3	18,6	Wa
91B1	26,3	FrMu	92B2	29,6	Bi	94B3	18,75	Bo
95B1	27,7	Wa	94B2	32,25	PaGr	97B3	19	Fr
98B1	28	WaGr	96B2	32,55	Fr	98B3	20,1	BoMu
100B1	29,1	WaGr	104B2	34	Fr	103B3	21,75	Bo
107B1	32,1	FrWa	108B2	35,2	Bo	112B3	23,35	Bo
			112B2	35,4	Bo	115B3	24,8	Fr
			114B2	35,5	Bo	119B3	25	BoMu
			133B2	38,7	Pa	124B3	25,4	BoMu
			141B2	40	PaBi	127B3	25,6	Bo
			146B2	41,3	Wa	130B3	26,2	Bo
			150B2	41,5	GrWa	132B3	26,65	Bo
			154B2	42,8	Fr	134B3	26,8	GrWa
			158B2	43,1	WaGr	143B3	27,9	Bi
			160B2	43,3	Fr	145B3	28,05	BiWa
			164B2	44,2	Gr	147B3	28,2	BiMu
			171B2	44,6	BoWa	149B3	29,15	Bo
			173B2	44,8	WaGr	154B3	29,4	Bo
			177B2	45,6	WaGr	155B3	30,6	Bo
			183B2	46	BoGr	159B3	30,9	Bo
			190B2	47,6	Wa	161B3	32,1	GrWa
			199B2	49	Bi	165B3	33,85	Grwa

			206B2	50,55	Wa	167B3	34	FrWa
			210B2	51,8	Wa	176B3	35,6	Wa
			212B2	52	Bo	179B3	36,75	Wa
			216B2	53,3	Bo	182B3	36,9	Fr
			218B2	53,45	BoWa	186B3	38,25	Wa
			226B2	55	WaGr	189B3	38,4	Fr
			227B2	55,15	Fr	194B3	38,8	WaPa
			234B2	55,45	Bo	197B3	39,7	BoMu
			238B2	56,2	Pa	198B3	39,75	WaPa
			243B2	57,7	Wa	203B3	41,2	GrPa
			245B2	57,9	FrWa	205B3	41,3	Fr
			248B2	59,15	Bi	210B3	41,5	Wa
			252B2	59,4	BoWa	218B3	42,9	WaGr
			255B2	59,8	PaWa	222B3	43,1	Fr
			257B2	60,65	BoWa	223B3	44,1	Pa
			261B2	60,9	FrMu	224B3	47,1	FrMu
						226B3	48,65	FrWa

3.2.2. Les ciments

En milieu marin tropical, les ciments marins sont composés essentiellement d'aragonite ou de calcite magnésienne (comme d'ailleurs la minéralogie des organismes, aragonite pour les coraux et chlorobiontes et calcite magnésienne pour les rhodobiontes et foraminifères, Moore, 1989).

Dans les forages étudiés, on observe uniquement des ciments précoces d'aragonite et de calcite magnésienne dans les parties supérieures au-dessus des discontinuités, c'est-à-dire des ciments d'origine marine alors que dans les parties inférieures, ce sont les ciments de calcite qui sont présents, ayant pour origine l'action des eaux douces.

Le ciment aragonitique aciculaire ou épitaxiale se présente sous forme d'aiguilles ou de baguettes, généralement en franges régulières perpendiculairement au substrat. Ce ciment a le plus souvent été observé dans les loges des coraux et dans les squelettes de gastéropodes, notamment au dessus de la discontinuité. Plus rarement, on trouve du ciment aragonitique sphérolitique constitués de fibres allongées à extinction ondulante. On rencontre aussi des ciments de calcite magnésienne ou non magnésienne à l'intérieur des cavités La reconnaissance de ces ciments a été effectuée à l'aide des planches photographiques issues des travaux de Cabioch (1988). Des accumulations de sédiments internes avec des microdébris de taille variée sont également observées dans les loges des coraux ou des mollusques.

La taille des cristaux est un caractère important dans la reconnaissance des restes organiques et la classification des roches calcaires (Lucas *et al.*, 1976). On distingue, du plus petit au plus grand : la micrite, la microsparite et la sparite. Les ciments marins sont majoritairement des

ciments microsparitiques ou micritique et en baguettes ou aciculaires, alors que les ciments dues aux eaux douces sont généralement sous forme de microsparite ou de sparite.

Sous la discontinuité, on peut voir que les coraux et les chlorobiontes ont été recristallisés : les aiguilles d'aragonite des coraux sont remplacés par de grands cristaux sparitiques de calcite et la texture des chlorobiontes montre également des cristaux de microsparite ou de sparite.

3.2.3. La bioérosion

La destruction biologique dans les récifs induit la création de vides. Ce phénomène complexe engendre également une production de sédiments, régit la répartition des bioclastes et participe à la construction des faciès sédimentaires biodétritiques. On a observé la présence, entre autres, d'éclats (ou "chips") de clones, qui est une éponge perforant le corail, et d'altération des rhodobiontes qu'on pourrait attribuer à du broutage (grazing) de certains poissons récifaux, tels les scaridés.

3.2.4. Les constituants bioclastiques

L'approche microscopique a permis la reconnaissance de différents débris ou parties d'organismes : les coraux, les rhodobiontes, les chlorobiontes, les foraminifères, les mollusques, les échinodermes et les bryozoaires.

* Les coraux : on peut en observer de différentes familles appartenant principalement aux Acroporidés, Favidés ou Poritidés. Dans les framestones observés en lame mince, les calices de ces hexacoralliaires sont bien conservés.

* Les rhodobiontes calcaires ont souvent pu être identifiées au niveau du genre et même parfois de l'espèce, lorsque les critères d'identification tels que les conceptacles, les hétérocytes, les hypothalles et les périthalles étaient présents. On distingue deux catégories de rhodobiontes : les Corallinacées et les Peysonnéliacées. Les Corallinacées regroupent les Mélobésiées, encroûtantes ou arborescentes inarticulées, et les Corallinées qui sont des rhodobiontes arborescentes et articulées, plus rares et plus fragiles, donc souvent fragmentées. Les Peysonnéliacées sont des rhodobiontes calcaires sous forme de croûtes, souvent aragonitiques, faites de cellules assez allongées, en faisceaux divergents autour de quelques grosses cellules inférieures. Pour ce qui est de l'indétermination, en raison de l'absence des critères d'identification, les débris d'encroûtements roulés et les croûtes trop épaisses ou altérées n'ont pas pu être déterminées.

* Les chlorobiontes calcaires, les *Halimeda*, sont parfois présentes en quantité importante et jusqu'à des profondeurs avancées et se présentent sous forme d'articles entiers ou brisés.

* Les foraminifères benthiques sont trouvés en nombre important avec une grande diversité. On distingue les foraminifères encroûtants (Acervulinidés, Homotrématidés, Rupertidés) des foraminifères libres (Amphistégines, Soritidés, Hétérostégines, Miliolés, Baculogypsines, Calcarinidés...) qui peuvent cependant être épiphytes.

* Mollusques: de plus, on trouve des mollusques (lamellibranches et gastéropodes), entiers mais aussi souvent en débris. On peut également observer des gastéropodes Vermétidés dans les encroûtements de rhodobiontes.

* Autres constituants : Des débris d'échinodermes (souvent des sections de piquants d'oursin), des spicules d'alcyonaires, des tubes de polychètes et de rares bryozoaires sont présents.

3.2.5. Les microbialithes

Dans les 3 forages, à plusieurs niveaux, des croûtes laminées encore appelés "stromatolithes" (rarement des formes en colonnette ou "thrombolithes") composées de micrite péloïdale et parfois de niveaux plus denses de micrite ont été observées. De telles croûtes décrites dans des forages réalisés dans les récifs modernes ont été interprétées comme des microbialites (Montaggioni et Camoin, 1993 ; Camoin *et al.*, 1999). Cependant l'origine bactérienne de ces croûtes micritiques reste encore un sujet très fortement discuté.

Les résultats expliqués précédemment sont résumés dans les figures 3,4,5,6 et 7.

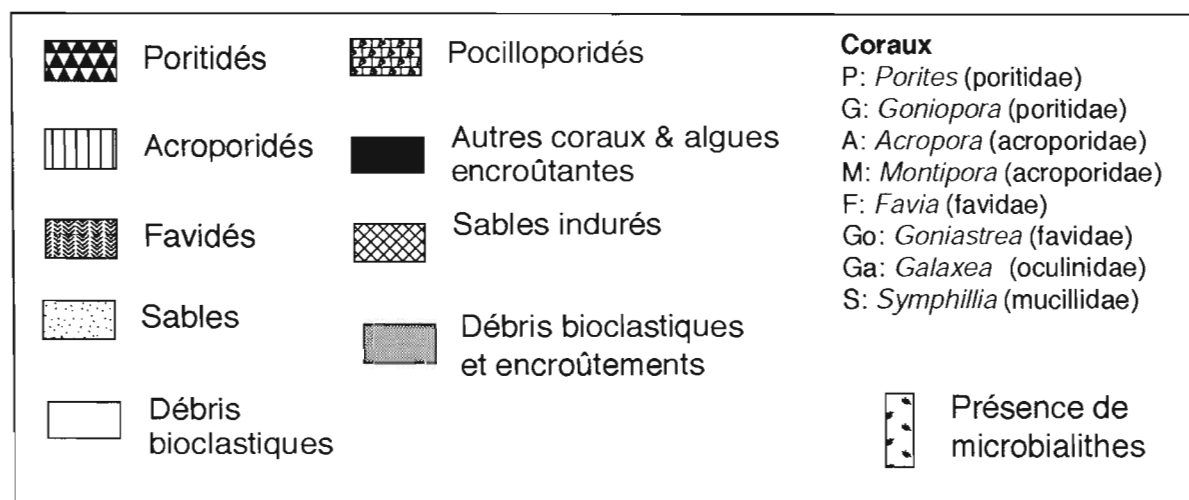


Figure 3: Légende des figures 4,5,6 et 7.

Séquence récifale de Bayes 1

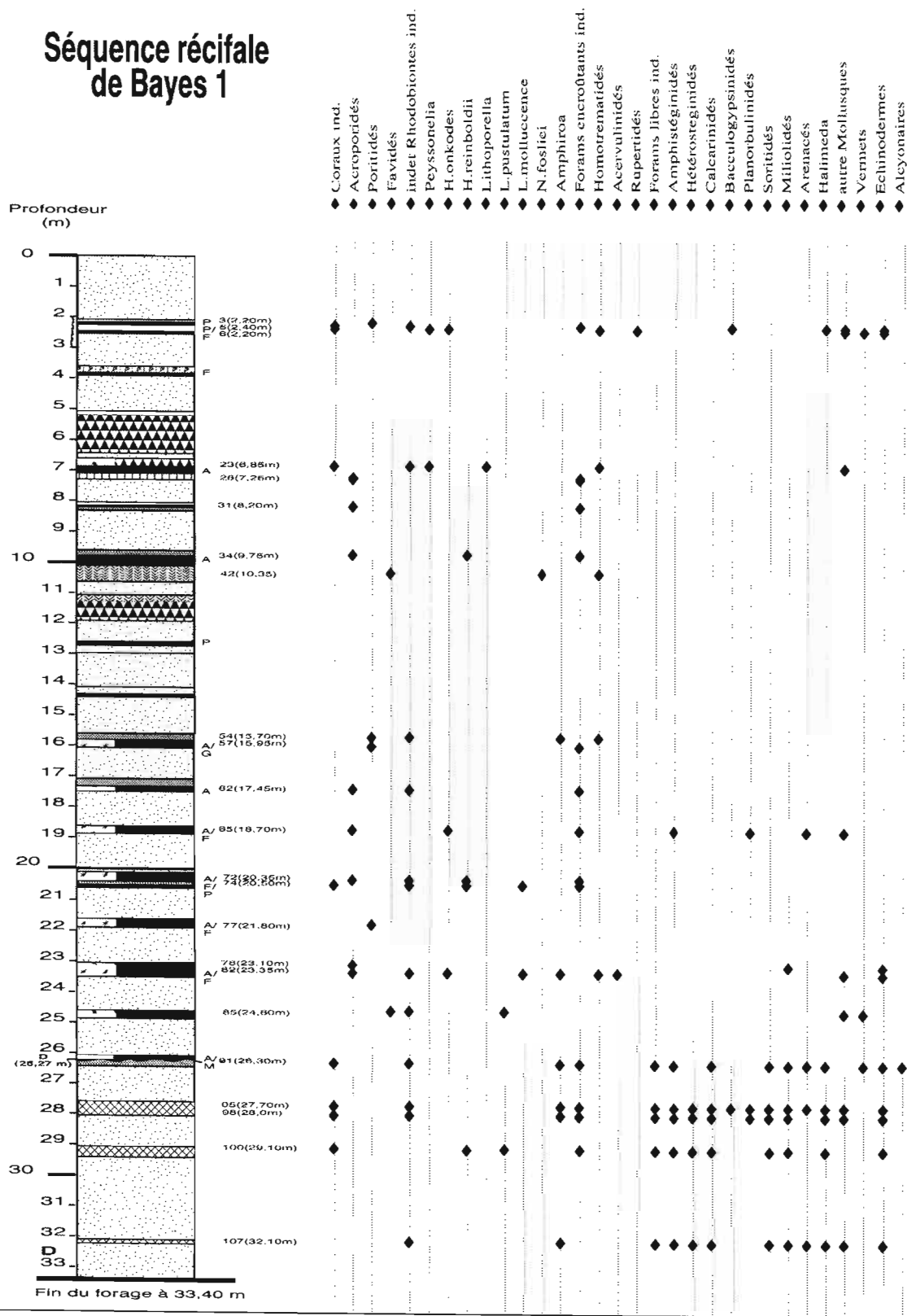


Figure 4: Lithologie et répartition des organismes dans le forage B1, de 0 à 33,40m.

Séquence récifale de Bays 2, de 0 à 40m

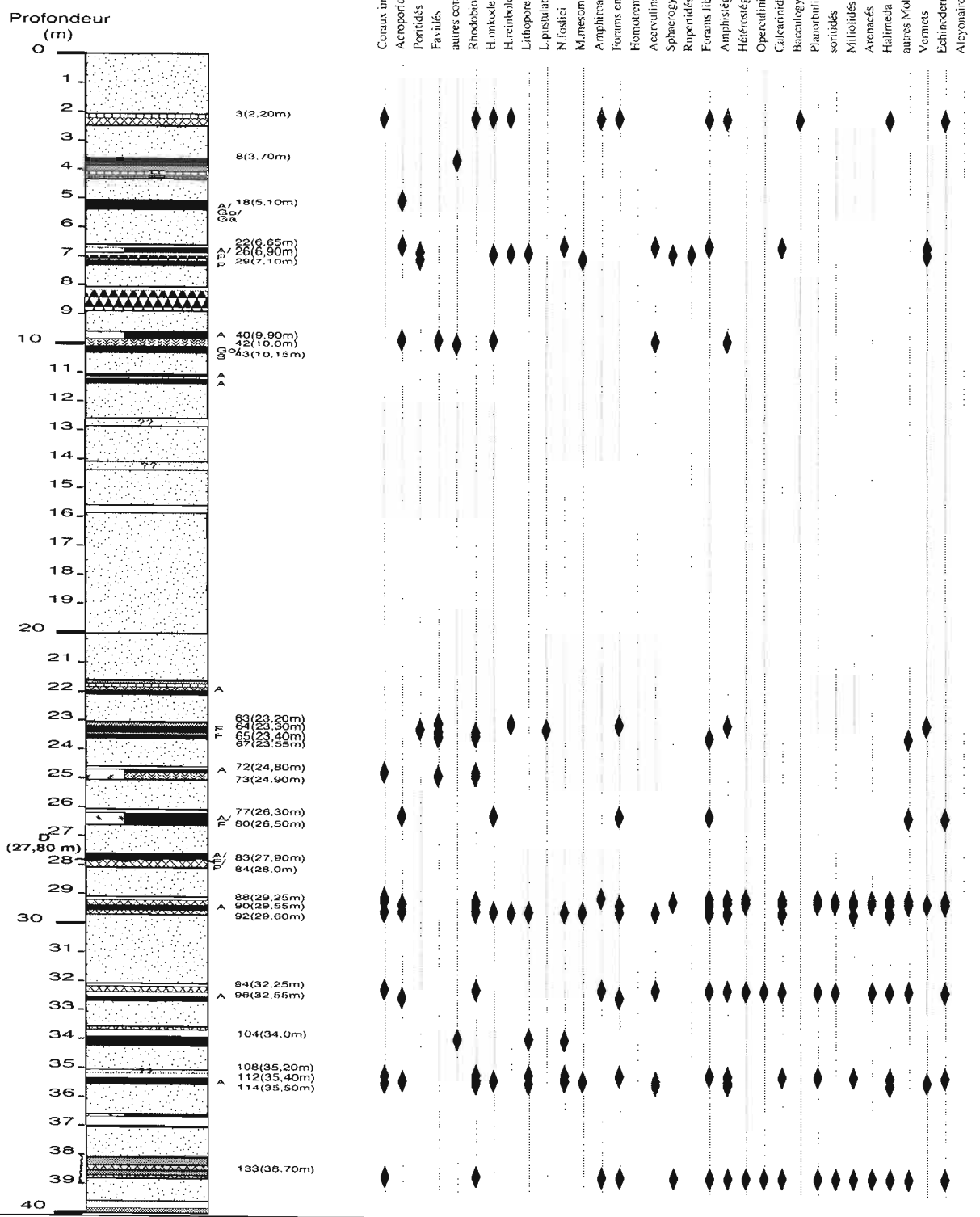


Figure 5: Lithologie et répartition des organismes dans le forage B2, de 0 à 40m.

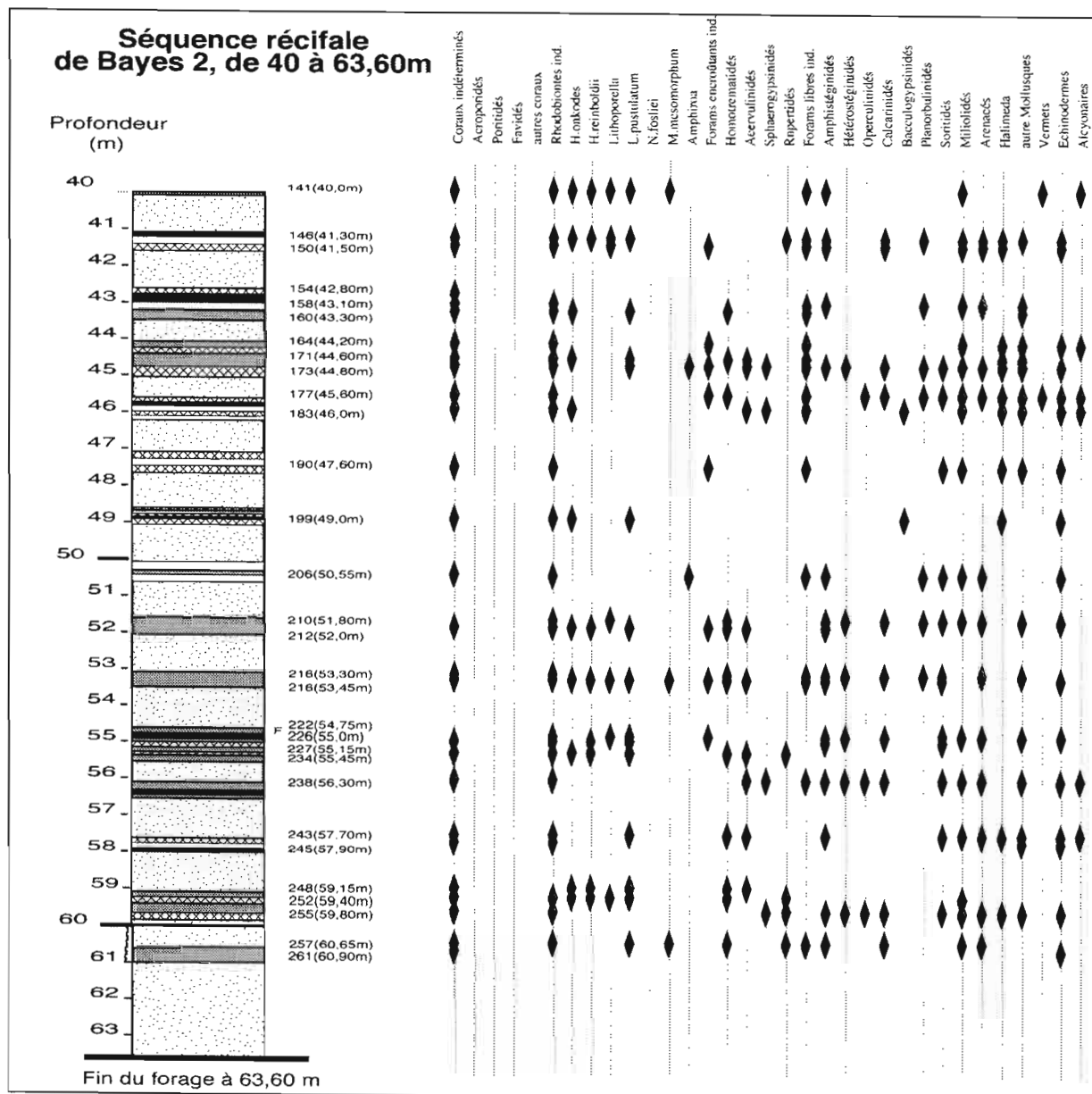


Figure 6: Lithologie et répartition des organismes dans le forage B2, de 40 à 63,60m.

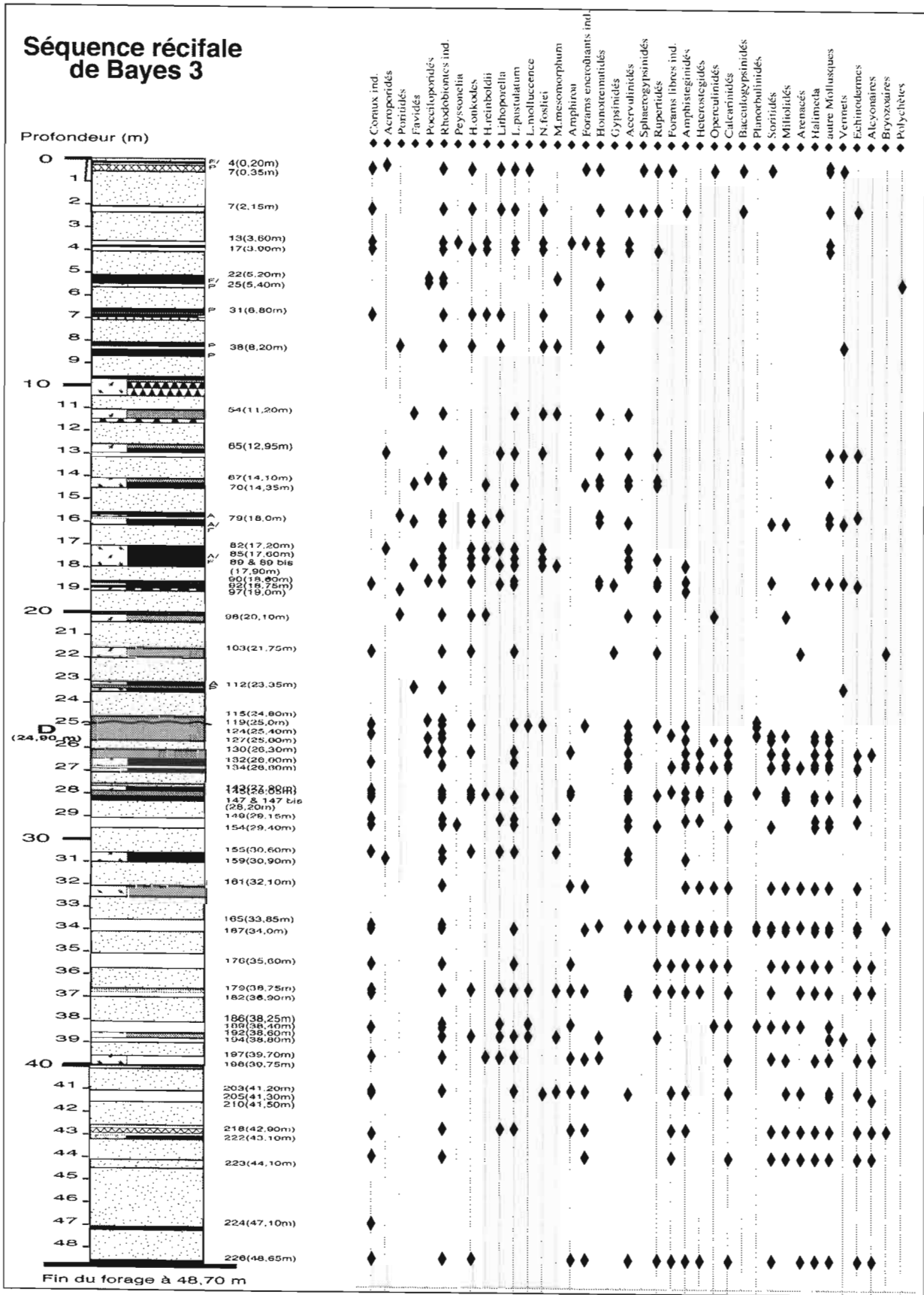


Figure 7: Lithologie et répartition des organismes dans le forage B3, de 0 à 48,70m

3.3. Analyse statistique

L'analyse numérique des données a permis de définir les biofaciès à partir de leur contenu faunistique et floristique. Les tests statistiques de permutations ont pu valider les résultats avec, à chaque fois, des valeurs significatives avec moins de 5% de hazard.

Dans le forage B1, 4 grands groupes ont été distingués, correspondant à 4 faciès principaux: Le groupe 1, renfermant les lames 107B1, 100B1, 91B1, 95B1 et 98B1, est caractérisé par la présence d'un grand nombre de foraminifères (libres ou encroûtants), d'échinodermes de mollusques dont des vermetes, d'*Halimeda* et aussi de quelques alcyonaires et pourrait correspondre à un milieu d'algueraie ou d'herbier.

Le groupe 2 (54B1, 82B1, 85B1, 42B1, 34B1, 72B1) est caractérisé par la présence d'un grand nombre de coraux (Acroporidés, Poritidés et surtout Favidés), Rhodobiontes dont *Hydrolithon reinboldii*, *Neogoniolithon cf. fosliei*, de Foraminifères encroûtants et de quelques Vermets. Ces assemblages sont rencontrés généralement dans des milieux agités bioscruits de haut de pentes externes ou de platiers externes.

Le groupe 3 (78B1, 3B1, 31B1, 77B1, 26B1, 57B1, 27B1, 62B1) comporte essentiellement des Acroporidés et des Poritidés, et correspondent à des des bioconstructions.

Le groupe 4 (74B1, 6B1, 23B1, 5B1, 65B1) est caractérisé par des Acroporidés, Rhodobiontes dont les Peyssoneliacés et *Hydrolithon onkodes*, de nombreux foraminifères encroûtants et de quelques Vermets ; ceci indiquerait également des milieux relativement agités.

Dans le forage B2, 7 groupes ont pu être mis en évidence:

Le groupe 1 (261B2, 29B2, 104B2, 154B2, 18B2, 96B2) est marqué par la présence de coraux tels que les Acroporidés, les Poritidés et les Pectinidés, et de Rhodobiontes (*Neogoniolithon* et *Mesophyllum*) et quelques foraminifères encroûtants. Cet ensemble exaratérisé des environnements de bioconstructions coralliennes.

Le groupe 2 (8B2, 43B2, 72B2, 65B2, 73B2, 89B2, 227B2, 64B2, 245B2) est composé de nombreux coraux (Acroporidés, Poritidés, Mussidés et Favidés) et quelques Rhodobiontes. Cet ensemble est quelque peu similaire au précédent

Le groupe 3 (94B2, 86B2, 88B2, 150B2, 255B2, 173B2, 177B2) est caractérisé par la présence de débris coralliens et de Rhodobiontes indéterminés, de foraminifères encroûtants (*Acervulina*) et libres (Amphistépine, *Calcarina*, Soritidés, Miliolés, Arénacés), de

nombreuses *Halimeda*, mollusques et échinodermes. Il pourrait s'agir d'un milieu de dépôt en mode agité.

Le groupe 4 (210B2, 216B2, 226B2, 158B2, 206B2, 133B2, 238B2) a les mêmes caractéristiques que le groupe précédent à l'exception des *Halimeda*.

Le groupe 5 (234B2, 248B2, 199B2, 164B2, 190B2, 92B2, 3B2, 146B2, 183B2) est composé de nombreux Rhodobiontes (*Hydrolithon onkodes*, *Hydrolithon reinboldii*, *Lithophyllum pustulatum*, *Neogoniolithon cf. fosliei*, *Mesophyllum cf. mesomorphum*), nombreuses *Acervulina* (foraminifère encroûtant), quelques foraminifères libres, d'*Halimeda*, quelques mollusques, nombreux échinodermes et alcyonaires. Ce type d'assemblage indiquerait une influence d'herbier ou d'algueraie se situant probablement en milieu externe, assez agité et peu profond.

Le groupe 6 (67B2, 141B2, 171B2, 22B2, 112B2, 26B2, 160B2) est caractérisé par la présence de coraux (Acroporidés, Poritidés), Rhodobiontes (*Hydrolithon onkodes*, *Lithophyllum pustulatum*, *Neogoniolithon cf. fosliei*), Foraminifères encroûtants (*Acervulina*) et mollusques dont les Vermets. Cet ensemble marque probablement un environnement relativement agité à forte capacité constructive.

Le groupe 7 (257B2, 40B2, 62B2, 243B2, 108B2, 218B2, 77B2, 212B2, 252B2, 90B2, 114B2) est composé de nombreux coraux, Rhodobiontes (*Hydrolithon onkodes*, *Hydrolithon reinboldii*), foraminifères encroûtants (*Acervulina*), foraminifères libres (Amphistégines), quelques *Halimeda* et d'échinodermes.

Dans le forage B3, 7 groupes ont été mis en évidence:

Le groupe 1 (210B3) représente une spiculite d'alcyonaires, c'est à dire un milieu de dépôt et d'accumulation de spicules d'octocoralliaire, lié certainement à un milieu de faible énergie.

Le groupe 2 (222B3, 159B3, 224B3, 97B3, 74B3, 94B3, 155B3, 189B3, 182B3, 205B3) est composé de coraux (dont Acroporidés et Poritidés), quelques Rhodobiontes et foraminifères encroûtants (*Acervulina* et Homotrematidés). Il pourrait s'agir d'un milieu de bioconstructions caractéristiques de milieux relativement profonds et peu agités (entre 6 et 8 m ?).

Le groupe 3 (4B3, 22B3, 115B3, 67B3, 25B3, 54B3, 112B3, 38B3, 82B3) est composé de coraux (Acroporidés, Poritidés, Pocilloporidés, Favidés), Rhodobiontes (*Neogoniolithon cf. fosliei*, *Mesophyllum cf. mesomorphum*), Foraminifères encroûtants (*Homotrema*), nombreux vermetes et d'Annélides Polychètes. Ce type d'assemblage est typique de milieux peu profonds.

Le groupe 4 (89B3, 85B3, 17B3, 194B3) est composé de Rhodobiontes (*Hydrolithon onkodes*, *Neogoniolithon* cf. *fosliei*, *Lithophyllum pustulatum*, *Mesophyllum* cf. *mesomorphum*), Foraminifères encroûtants (*Acervulina*, *Carpenteria*) et quelques mollusques dont des vermetes. L'environnement pourrait correspondre à un milieu agité.

Le groupe 5 (180B3, 198B3, 218B3, 203B3, 223B3, 134B3, 161B3, 176B3, 165B3, 179B3, 226B3, 167B3, 130B3, 132B3, 147B3) est composé de Rhodobiontes dont *Hydrolithon onkodes*, *Lithophyllum pustulatum* et *Amphiroa*, de Foraminifères encroûtants (*Acervulina* et *Carpenteria*), foraminifères libres (Amphistégine, Hétérostégine, Operculine, *Calcarina*, soritidés, Miliolés, Arénacés), *Halimeda*, mollusques, échinodermes, alcyonaires et bryozoaires. Ce type d'assemblage caractériserait un environnement de bioconstruction avec des influences d'herbier ou d'algueraie, probablement en milieu externe, assez agité et peu profond.

Le groupe 6 (124B3, 145B3, 90B3, 127B3) est composé de coraux dont essentiellement des Pocilloporidés, de Rhodobiontes (*Hydrolithon onkodes*, *Lithophyllum pustulatum*), foraminifères encroûtants (*Acervulina*, *Homotrema*, *Carpenteria*) et libres (Soritidés) et de nombreuses *Halimeda* et quelques vermetes. Ce milieu, soumis à l'influence d'un herbier ou d'algueraies, pourrait être agité et se situer sur la pente externe du récif.

Le groupe 7 (7B3, 11B3, 197B3, 98B3, 65B3, 79B3, 154B3, 143B3, 31B3, 119B3, 149B3, 103B3, 13B3, 70B3) est composé de coraux, Rhodobiontes (*Hydrolithon onkodes*, *Hydrolithon reinboldii*, *Lithophyllum pustulatum*, *Neogoniolithon* cf. *fosliei*), Foraminifères encroûtants (*Acervulina*, *Carpenteria*) et de mollusques dont des vermetes. Ce type d'assemblage avec des bioconstructions coralliennes et algaires se rencontre généralement dans des milieux peu profonds.

4. DISCUSSION

4.1. Signification des organismes en terme d'environnement

4.1.1. Les coraux

Les scléactiniaires ont une distribution liée à l'hydrodynamisme (degré d'agitation des eaux) et à la lumière en fonction de la profondeur et la turbidité) (Hopley, 1989). Dans les zones agitées comme les crêtes algales ou la partie supérieure des pentes externes, les coraux sont encroûtants, massifs et branchus robustes. A l'opposé, dans les zones relativement plus calmes des pentes externes plus profondes ou des zones d'arrière récif, les formes sont plus graciles, branchues ou tabulaires et domales (Hopley, 1989 ; Montaggioni et Faure, 1997 ; Cabioch *et al.*, 1999).

Peu de formes donnent des indications paléobathymétriques car leurs capacités de tolérance et d'adaptabilité sont larges. Chez les Acroporidés, on a observé des *Acropora* robustes massifs (comme *A. humilis*) qui pourraient être des formes caractéristiques de haute énergie. On les retrouverait sur le front récifal, dans la partie sommitale de la pente externe (jusqu'à 5m de profondeur), sur le platier et en bordure de lagon (Chevalier *et al.*, 1969). Les Poritidés sont peu caractéristiques du milieu où ils se développent, mais caractérisent plutôt des zones de basse énergie (lagon, pente externe) (Wells, 1954 ; Cabioch *et al.*, 1999). Les Favidés pourraient indiquer des parties du récif plus ou moins abritées, parties récifales externes plus ou moins profondes, arrière-récif (Cabioch *et al.*, 1999).

4.1.2. Les rhodobiontes

Les facteurs écologiques contrôlant la croissance des rhodobiontes sont l'hydrodynamisme (agitation de l'eau) le degré des apports nutritifs et la luminosité (jusqu'à -100m). Les encroûtantes sont très résistantes à l'hydrodynamisme élevé des bordures externes du platier et forment alors la crête algale.

Le genre *Hydrolithon* est adapté à un éclairage et à un hydrodynamisme important. Il peut donc supporter des émergences répétées et des variations de températures importantes. Les *Hydrolithon* sont donc des organismes compétitifs qui peuvent s'adapter à des conditions extrêmes (Littler et Doty, 1975). Le genre *Lithophyllum* n'est pas caractéristique d'un environnement particulier, on peut le retrouver dans des zones à l'hydrodynamisme modéré ou non. Le genre *Neogoniolithon* est typique dans les communautés récifales peu profondes,

dans la partie supérieure de la zone sub-littorale (Massieux, 1976). Ce sont ces 3 genres qui ont été trouvés de façon courante, mais plus rarement on a pu observer les genres *Lithoporella* ou *Amphiroa*. Ce dernier est observé sous forme de fragments à proximité de la crête algaire ou dans les zones relativement abritées (Chevalier *et al.*, 1969).

Les Peyssonélicés sont liées à l'agitation et à l'oxygénation de l'eau et sont limités au niveau intertidal, dans les zones exposées au déferlement (Chevalier *et al.*, 1969).

4.1.3. Les chlorobiontes

Les *Halimeda* sont des chlorobiontes calcaires à formes arbusculaires qui se décomposent en articles. A leur mort, elles vont plus ou moins se fragmenter et les articles pourront être conservés et participer à la genèse de calcaires bioclastiques. Elles caractérisent un étage littoral élevé, vivent entre la surface et 30-35m de profondeur et parfois plus (Lucas *et al.*, 1976) et ont une large répartition car elles peuvent s'adapter à des conditions difficiles (salinité forte ou faible, eaux renouvelées ou non...). Elles sont habituellement fixées sur des substrats rocheux, mais on les trouve aussi, en nombre important sur les fonds sableux et dans les zones de coraux morts à l'arrière des récifs.

4.1.4. Les foraminifères

Comme les rhodobiontes, ce sont de bons indicateurs environnementaux. Les Acervulinidés, formes encroûtantes, jouent un rôle dans la cimentation des débris dans les zones ombragées des substrats solides. Sur les platiers externes, les encroûtements sont peu épais et limités aux surfaces inférieures des substrats, ce qui traduit une concurrence importante (Palmieri et Jell, 1985). A plus grande profondeur (jusqu'à -60m), l'action des vagues est faible ainsi que l'éclairement et les encroûtements peuvent atteindre une dizaine de centimètres d'épaisseur. Le fait que ces encroûtements soient si épais traduit qu'il n'y a plus de compétition avec d'autres organismes encroûtants qui ont besoin de plus de lumière. Les Acervulinidés caractérisent alors dans ce cas les zones profondes de la pente externe des récifs (Perrin, 1989). Les Rupertidés sont de bons indicateurs écologiques car ce sont des organismes fixés sur substrats solides, à faible potentiel de dispersion et vivant dans des habitats cryptiques. Sur les platiers, ils sont limités aux petites cavités de la crête algaire (Emery *et al.*, 1954). Ailleurs, on les trouve dans les cavités sombres des édifices récifaux (mode de vie sciaphile), dans les parties les plus externes (eaux chaudes, peu profondes) (Montaggioni et Pirazzoli, 1984 ; Hallock et Glenn, 1986). Les Amphistégines sont réparties avec la profondeur en fonction de la luminosité car elles vivent en symbiose avec des diatomées. Les tests non

remaniés reflètent la présence de supports végétaux (Cabioch, 1988 ; Montaggioni, 1989), comme par exemple les herbiers de phanérogames. Les Amphistégines vivent préférentiellement dans les eaux agitées, bien oxygénées, ce qui correspond aux conditions du platier (zone de très haute énergie, peu profonde) (Brasier, 1975 ; Cabioch, 1988). Les Soritidés caractérisent les zones où les supports végétaux sont importants, préférentiellement dans les eaux claires, peu profondes (Montaggioni, 1981). Les Nummulitidés sont caractéristiques de substrats durs. On les retrouve dans les milieux calmes, dans les lagons, dans les dépressions et les chenaux de platiers, sur les pentes externes ou dans les zones d'arrière-récif (Montaggioni, 1981). Les Miliolés vivent sur l'ensemble du récif, des lagons aux pentes externes (Brasier, 1975) et reflètent en général des milieux abrités. Les Calcarinidés sont établies sur les platiers et dans les lagons. Elles peuvent traduire l'existence de supports végétaux, mais leurs tests, relativement résistants, sont susceptibles de remaniements (Cabioch, 1988). Les Planorbulinidés et les Arénacés indiquent la présence de supports végétaux (algues, herbiers).

4.1.5. Les mollusques

A l'état de débris ou entiers, ils interviennent dans la formation du récif et peuvent avoir certains intérêts écologiques. Les Vermétidés associées à d'épaisses croûtes algaires peuvent caractériser des zones à l'hydrodynamisme très élevé (crête algaire, front récifal) et peuvent être utilisés pour déterminer de tels milieux (Degaugue-Michalski, 1993 ; Montaggioni *et al.*, 1997)

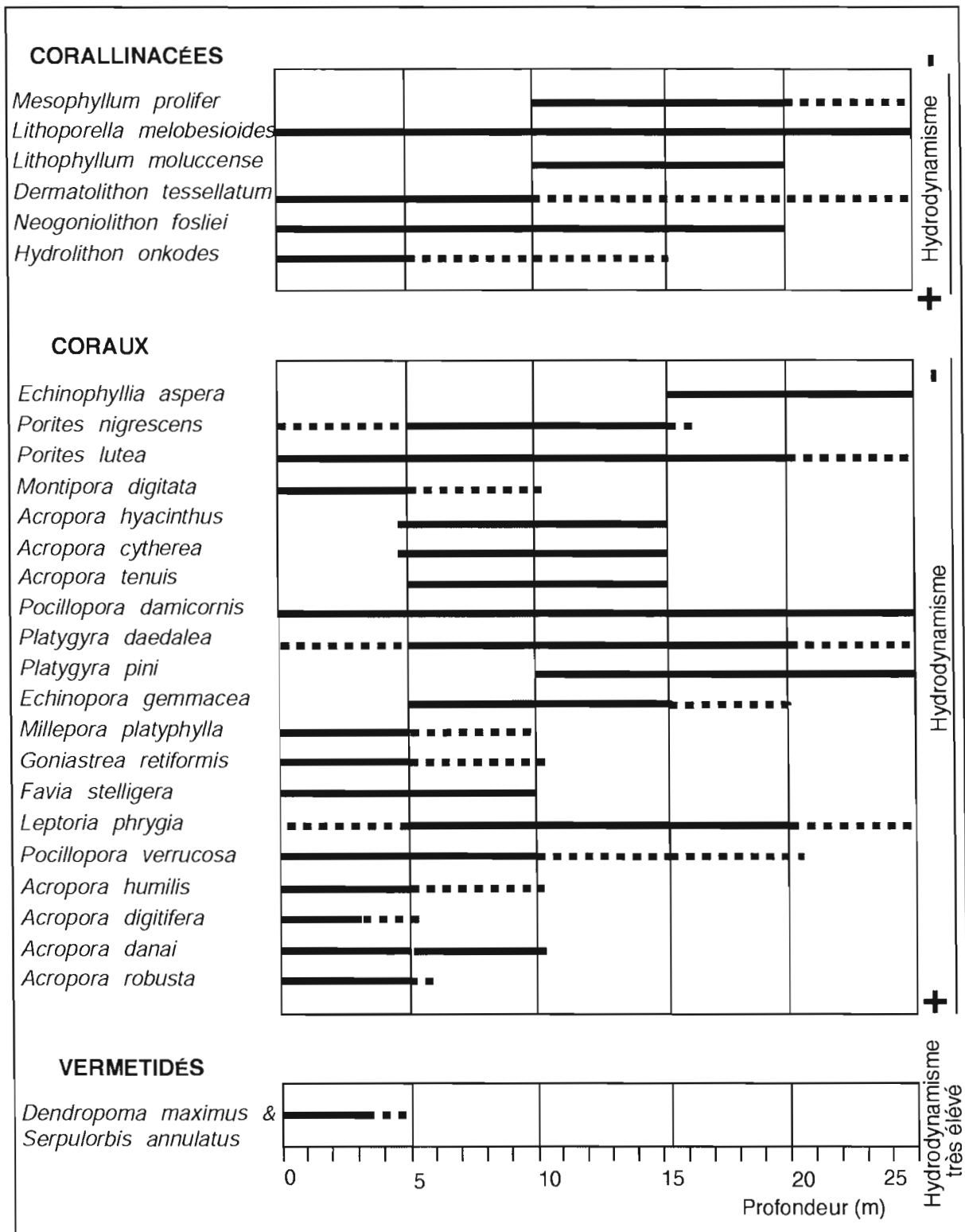


Figure 8: Distribution des coraux, rhodobiontes encroûtants et vermétidés reconnus en forages dans plusieurs séquences récifales postglaciaires du Pacifique et de l'Océan Indien (figure d'après Cabioch *et al.*, 1999b)

4.2. Succession des environnements et leurs significations

Grâce à la signification environnementale donnée par les organismes (voir ci-dessus) et les données de sédimentologie, on peut tenter de déterminer la succession des environnements suivant les niveaux. Chacune des unités délimitées par les discontinuités seront examinées séparément et suivant l'évolution verticale du récif (bas en haut).

4.2.1. Forage Bayes 1 (B1)

Unité supérieure (26,25 m à 0)

Dans cette unité, ce sont les textures de type Framestone à coraux qui dominent

* De -26,25 à -14,25m, cet intervalle comprend des constructions coralliennes généralement petites de type Favidés, Poritidés et Acroporidés associées à des foraminifères encroûtants (*Acervulina* et *Homotrema*) et à des rhodobiontes (*Hydrolithon*, *Lithophyllum* et *Amphiroa*). Cet ensemble caractérise des zones de bioconstructions, en milieu relativement profond, probablement sur la pente externe.

* De -14,25 à -12,70m, cette unité, dominée par d'importants niveaux sableux avec débris coralliens, pourrait indiquer un environnement en mode calme relativement profond.

* De -12,70 à -5,10m, une abondance d'Acroporidés caractérise cet intervalle dans lequel on observe également des *Peyssonelia*, des *Neogoniolithon*, des Homotrematidés et quelques mollusques. Ces assemblages pourraient être caractéristiques de milieux peu profonds avec un fort hydrodynamisme.

* De -5,10 à 2,10m, dans cette unité, on rencontre des colonies de Poritidés associés à des *Peyssonelia*, *Hydrolithon onkodes*, des foraminifères encroûtants (*Homotrema*, *Carpenteria*), de nombreuses bacculogypsines, des Vermets et des échinodermes. Il pourrait s'agir d'un milieu peu profond et agité, probablement un platier ou les parties supérieures de pentes externes. On note une réduction globale de la bathymétrie.

* De 2,10m à 0, cet ensemble est composé de sables qui constitue en fait la caye sableuse actuelle (ou îlot actuel).

Unité inférieure (33,40 à 26,70 m)

Cette unité est caractérisée par un net changement de faciès et de minéralogie par rapport à l'unité supérieure.

* De -33,40 à -26,25m, dans ces niveaux de débris et de sables indurés recristallisés, on retrouve des foraminifères libres (Amphistégines, Nummulitidés, Calcarinidés, Soritidés) accompagnés d'*Halimeda*, Mollusques dont les Vermets, d'échinodermes et quelques alcyonaires. Tous ces bioclastes pourraient provenir du démantèlement d'herbiers ou d'algueraies ou bien du démantèlement de constructions coralliennes éparses, en mode relativement agité, soit de platier soit de parties médianes de pente externe.

4.2.2. Forage Bayes 2 (B2)

Unité supérieure (27,80 m à 0)

Dans cette unité, ce sont les textures de type Framestone à coraux ou Boundstone à coraux et rhodobiontes encroûtantes qui dominent.

* De -27,80 à -25m, ce niveau est riche en petits coraux massifs *Favia* et de coraux robustes branchus *Acropora* cf. *humilis* encroûtés et associés à des *Hydrolithon onkodes* et des vermetes signant vraisemblablement des environnements peu profonds et relativement agités.

* De -25 à -21,60m, les colonies coralliennes de Favidés et d' *Acropora* sp. associées aux rhodobiontes *Hydrolithon onkodes* et *Lithophyllum pustulatum* accompagnés d'Acervulines, d'Amphistégines indiqueraient des milieux externes relativement plus profonds que précédemment.

* De -21,60 à -11,25m, cet ensemble dominé par des sables bioclastiques à coquilles, foraminifères et autres débris dans lesquels on trouve des *Halimeda* indique un milieu d'algueraie ou d'herbier confirmant un environnement relativement moins agité.

* De -11,25 à -8,85m, on observe un assemblage composé de coraux des genres *Acropora*, *Symphilia* et *Goniastrea*, associés à quelques *Hydrolithon onkodes* et des foraminifères Acervulines. Ceci indique un environnement dont la bathymétrie se situerait entre 0 et -10 m mais probablement plus près des 10 m,

* De -8,85 à -6,60m, on observe de grandes colonies de *Porites* avec des niveaux où sont présents quelques foraminifères encroûtants et rhodobiontes *Hydrolithon onkodes*, *H.* cf. *reinboldii* et *Mesophyllum*.

* De -6,60 à -3,60m, ce niveau est dominé par *Acropora humilis*, *Hydrolithon onkodes* et *Hydrolithon reinboldii* et les mollusques Vermétidés. Cette association est typique des faibles profondeurs (jusqu'à -5m)

* De -3,60 à 0, cet intervalle se compose de sables indurés et des accumulations de débris bioclastiques (foraminifères, mollusques) provenant du démantèlement d'herbiers et

d'algueraies et de colonies coralliennes éparses. Cet ensemble de sables constitue la caye sableuse (ou îlot actuel).

Unité inférieure (63,60 à 27,80 m)

Cette unité est caractérisée par un net changement de faciès et de minéralogie par rapport à celle au-dessus. Elle se caractérise de la façon suivante.

* De -59m à -63,60m, ce niveau est caractérisé par des encroûtements d'*Hydrolithon onkodes* et de nombreuses amphistégines. On trouve également des débris coralliens d'*Acropora* sp. Cet ensemble caractérise des zones de constructions, en milieu relativement agité (*Hydrolithon onkodes*), peut-être externe (présence de nombreuses Amphistégines, Hallock et Glenn, 1986).

* De -49m à -59m, de nombreux débris de coraux Favidés avec des *Hydrolithon onkodes* et *Lithophyllum pustulatum* abondants caractérisent cet intervalle dans lequel on observe des Amphistégines, Miliolles et Planorbulines relativement abondants. Ces assemblages pourraient caractériser une alternance de milieux de platier externe (constructions coralliennes associées à des encroûtements d'*Hydrolithon onkodes*)

* De -41,10m à -49m, ce niveau se distingue par une abondance d'*Halimeda*, d'échinodermes et de mollusques associés à des foraminifères (*Sphaerogypsine*, *Textularia*, Miliolles), des Rhodobiontes (*Lithophyllum pustulatum* et *Hydrolithon onkodes*). Des spicules d'alcyonaires sont présents. Ceci caractérise des milieux d'herbiers et / ou algueraies dans des milieux relativement calmes (Miliolles et Textulaires) avec des apports de milieux relativement plus agités (présence d'*Hydrolithon onkodes*). Il pourrait s'agir de milieux d'arrière-récif .

* De -36,60m à -41,10m, cette unité est caractérisée par de très nombreux débris et un grand nombre de *Lithophyllum pustulatum*. A cela s'ajoutent des *Hydrolithon reinboldii*, *Mesophyllum* sp., quelques Amphistégines, Soritidés et Hétérostégines. Comme précédemment, cet environnement signerait des milieux d'arrière-récif relativement calmes (Hallock et Glenn, 1986 ; Cabioch, 1988).

* De -36,60 à -27,80m, ce dernier ensemble est dominé par des *Acropora* sp, des Favidés et quelques *Porites*, des Rhodobiontes (*Neogoniolithon cf fosliei*, *Lithoporella melobesioides* et *Hydrolithon onkodes*) et des intercalations de niveaux riches en *Halimeda*, échinodermes et foraminifères caractérisés par des textulaires, Acervulines, Amphistégines, *Calcarina* cf. *hispida* et des Miliolles. Cet environnement pourrait également signifier des milieux de platier interne et / ou d'arrière-récif avec des apports des milieux plus externes et agités.

4.2.3. Forage Bayes 3 (B3)

Unité supérieure (27,80 m à 0)

Dans cette unité, ce sont les textures de type Boundstone à coraux et rhodobiontes et / ou foraminifères encroûtants qui dominent.

* De -24,90 à -21,60m, cet ensemble est dominé par des bioconstructions à Favidés et Pocilloporidés associés à des *Hydrolithon onkodes*, caractérisant un environnement relativement agité de relative faible profondeur

* De -21,60 à 18,60m, ce niveau dominé essentiellement par des Poritidés pourrait indiquer un environnement où l'hydrodynamisme serait faible.

* De -18,60 à -11,10m, cet intervalle est caractérisé à la fois par des coraux (Favidés, Poritidés, Acroporidés et Pocilloporidés), des rhodobiontes (un grand nombre d'*Hydrolithon onkodes*, *Neogoniolithon cf fosliei*, parfois *Hydrolithon reinboldii* et *Lithophyllum pustulatum*), des foraminifères encroûtants (*Acervulina*, *Homotrema*, *Carpenteria*), des *Halimeda* et des mollusques. Cet assemblage pourrait indiquer un milieu de pente externe à hydrodynamisme relativement élevé avec une influence d'herbiers ou d'algueraie très proches.

* De -11,10 à -5,10m, ce niveau est, quant à lui, dominé par des Pocilloporidés associés à des *Hydrolithon onkodes*, *Mesophyllum* sp., des Vermets et des Annelides Polychètes tubicoles. Il pourrait s'agir d'un milieu de faible profondeur et plus ou moins agité.

* De -5,10 à -2,10m, on observe une prédominance des niveaux à débris coralliens ainsi que la présence de mollusques avec d'abondantes intercalations d'encroûtements algaires (*Neogoniolithon cf fosliei*). Ceci doit traduire un démantèlement de constructions coralliennes, d'herbiers et d'algueraie, probablement en milieu de forte énergie à faible profondeur (platier ou parties supérieures de pentes externes). Comme dans les forages précédents on observe une réduction des bathymétries vers le sommet des carottes.

* De -2,10m à 0, ce niveau sableux, riche en foraminifères (sphaerogypsines, operculines, bacculogypsine) et en débris de mollusques (dont les vermets) et de coraux, constitue actuellement la caye sableuse (ou îlot actuel).

Unité inférieure (33,40 à 26,70 m)

La discontinuité séparant les deux unités n'est pas vraiment marquée par un changement de biofaciès et de minéralogie mais seulement par une différence de couleur.

* De -48,70 à -42,60m, ce niveau comprend des coraux et des rhodobiontes indéterminés, quelques amphistégines, *Calcarina*, Miliolles et Arénacés, mais aussi des *Halimeda* et des mollusques. Ceci est caractéristique de milieux d'herbiers et d'algueraies.

* De -42,60 à -36,60m, de nombreux débris de coraux avec des *Hydrolithon onkodes* et *Lithophyllum pustulatum* et *Lithothamnium kotschyianum* abondants caractérisent cet intervalle dans lequel on observe aussi des Amphistégines, *Calcarina* relativement abondantes, des *Halimeda* et des mollusques. On trouve également un niveau de spiculite d'alcyonaire, c'est à dire indiquant un milieu de dépôt et d'accumulation de spicules d'octocoralliaire en milieu de faible énergie. Ces assemblages pourraient caractériser une alternance de milieux agités et de faible énergie, comme c'est le cas en haut de pente externe

* De -36,60 à 31m, ce niveau se distingue par une abondance d'*Halimeda*, d'échinodermes et de mollusques associés à des foraminifères (Arénacés, Miliolles, *Calcarina*, de nombreuses amphistégines, Héterostégines, Operculines), des Rhodobiontes indéterminés. Ceci caractérise des milieux d'herbiers et / ou algueraies dans des milieux relativement calmes avec des apports de milieux relativement plus agités (rhodobiontes encroûtantes). Il pourrait s'agir de milieux d'arrière-récif .

* De 31 à 27,50m, cette unité est caractérisée par de très nombreux débris et un grand nombre de coraux parfois non identifiés, d'*Hydrolithon onkodes*. A cela s'ajoutent des *Lithophyllum pustulatum*, *Mesophyllum* sp., quelques Amphistégines et *Calcarina*. Comme précédemment, cet environnement signerait des milieux de platier ou d'arrière-récif relativement calmes

* De 27,50 à 24,90m, ce dernier ensemble est dominé par des Pocilloporidés, des Rhodobiontes (*Hydrolithon onkodes* et *Neogoniolithon cf fosliei*) avec des intercalations de niveaux riches en *Halimeda*, échinodermes et foraminifères (Amphistégines, Soritidés, *Calcarina* cf. *hispida* et Miliolles). Cet environnement pourrait également indiquer des milieux de platier interne et / ou d'arrière-récif avec des apports des milieux plus externes et agités.

4.3. Relation entre évolution verticale des environnements et le niveau marin

La caractérisation et la succession des biofaciès récifaux peuvent être d'un très grand apport dans les études des variations du niveau marin puisque des successions d'environnements peuvent être observées traduisant des changements de paléobathymétrie.

Selon Neumann et Macyntryre (1985) et Davies et Montaggioni (1985), la croissance d'un récif a trois réponses possibles à la remontée du niveau marin (comme cela a été le cas par exemple lors de la remontée des derniers 20 ka) : le suivre, le rattraper ou y renoncer. Cela se traduit au cours du temps par une succession d'assemblages biologiques différents. Dans le cas des croissances de type "keep-up" ou de maintenance, les assemblages sont caractéristiques de milieux peu profonds et relativement agités de la base vers le haut de la carotte. Pour les croissances de type « catch-up » ou de rattrapage, on trouve du bas vers le haut, des assemblages de milieux relativement "profonds" et peu agités passant à des associations de milieux relativement agités et peu profonds traduisant une réduction des bathymétrie.

Dans l'étude effectuée sur les 3 forages de Bayes une telle évolution des assemblages a été trouvée et on observe 2 modes différents :

* l'évolution des environnements de l'unité supérieure (au-dessus des discontinuités), attribuée à de l'Holocène (confirmé grâce à l'obtention de la datation aux alentours de 4000 ans de l'échantillon 17B1), montre que l'on passerait de milieux relativement peu "profonds" à des environnements relativement plus profonds, pour terminer par des environnements peu profonds avant d'atteindre la niveau marin. Cette évolution est typique d'une croissance récifale de type "catch-up" ou de rattrapage du niveau marin.

Un modèle de succession des environnements pour cette partie supérieure est proposé sur la figure 8.

* La succession observée dans l'unité inférieure (en-dessous des discontinuités), qui pourrait être d'âge Pléistocène, indiquerait une évolution de milieux externes des récifs (parties externes du récif, platier ou pentes) vers des milieux plus internes (platiers et / ou arrière-récif) en mode de maintien.

Dans la figure qui suit (figure9) sont expliqués les différents type de stratégie de croissance que peuvent adopter les récifs lors des variations du niveau de la mer.

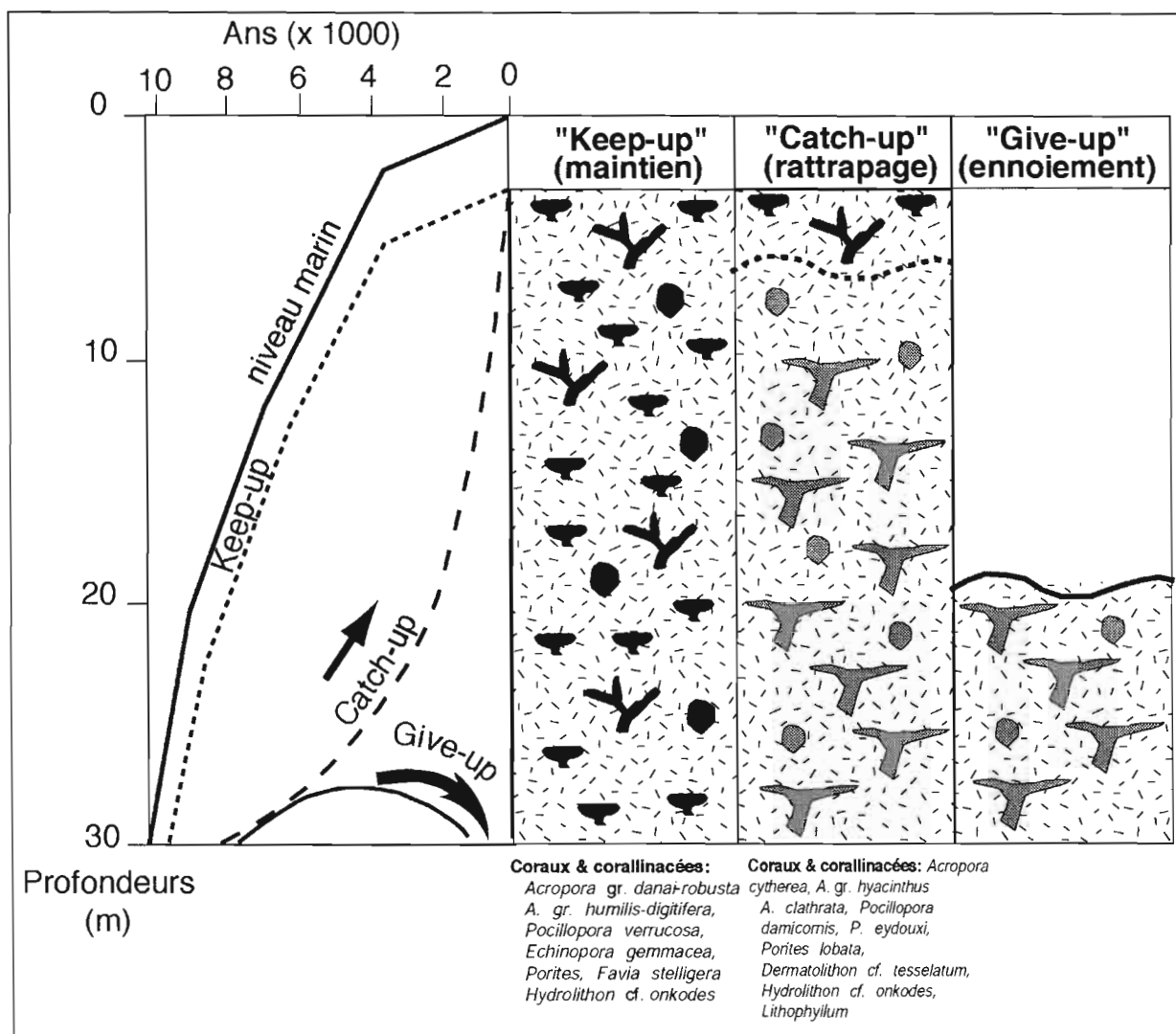


Figure 9: Les différents types de stratégies de croissance des récifs (modifié d'après Neumann & Macintyre)

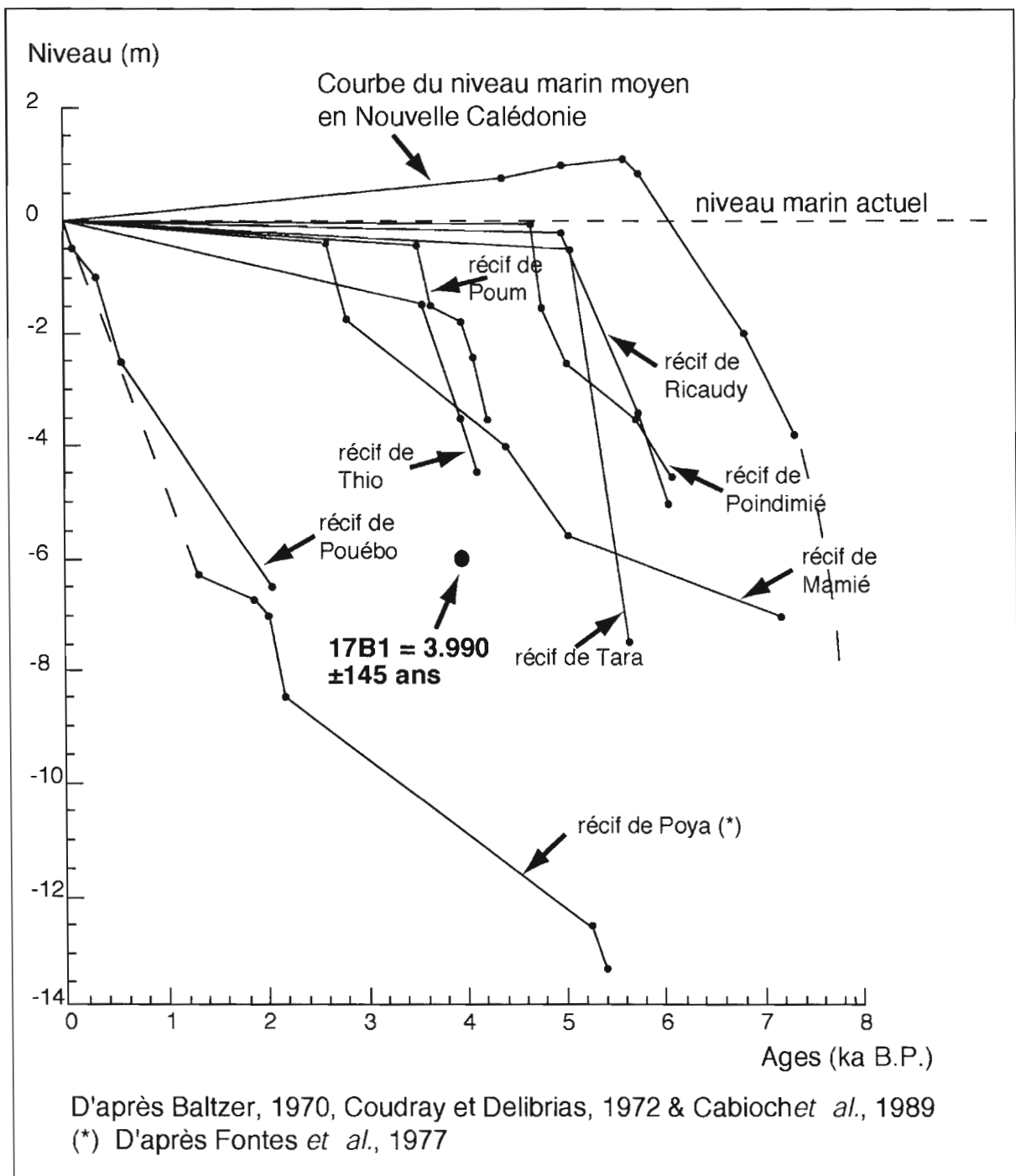


Figure 10: Résultats de la datation de la lame 17B1 et comparaison avec différentes croissances récifales, modifié d'après Cabioch *et al.*, 1989)

Le *Porites* du niveau 17B1 à 6,10m de profondeur a été daté 3990 ans +/- 145 ans. La date obtenue a été replacée sur un diagramme (Figure 10) représentant les diverses croissances de récifs frangeants de Nouvelle Calédonie (Poindimié, Poum, Thio, Pouébo, Poya...). Les croissances sont de type "Catch Up", et cette première datation semble démontrer que c'est

également le cas pour Bayes comme le confirme par ailleurs l'étude des assemblages le longs de carottes.

On remarque cependant que certains récifs ont rattrapé le niveau marin plus vite que d'autres. En effet, la courbe de croissance des récifs de Poindimié, Poum, Mamié, Ricaudy, Tara et Thio reste relativement proche de celle du niveau de la mer, à l'opposé des récifs de Poya et de Pouébo. Cela pourrait signifier que ces deux derniers récifs ont mis plus de temps à rattraper le niveau marin. L'échantillon 17B1 daté à l' Uranium/Thorium semble se situer entre ces deux épisodes de croissances. Les autres datations en attente seront donc nécessaires pour en savoir davantage sur la période à laquelle ce récif a rattrapé le niveau marin.

Ainsi, sachant que le récif au niveau du forage B1 a une croissance de type "Catch-Up", nous pouvons tenter de modéliser l'évolution des environnements compris dans cette carotte, dans la figure 11.

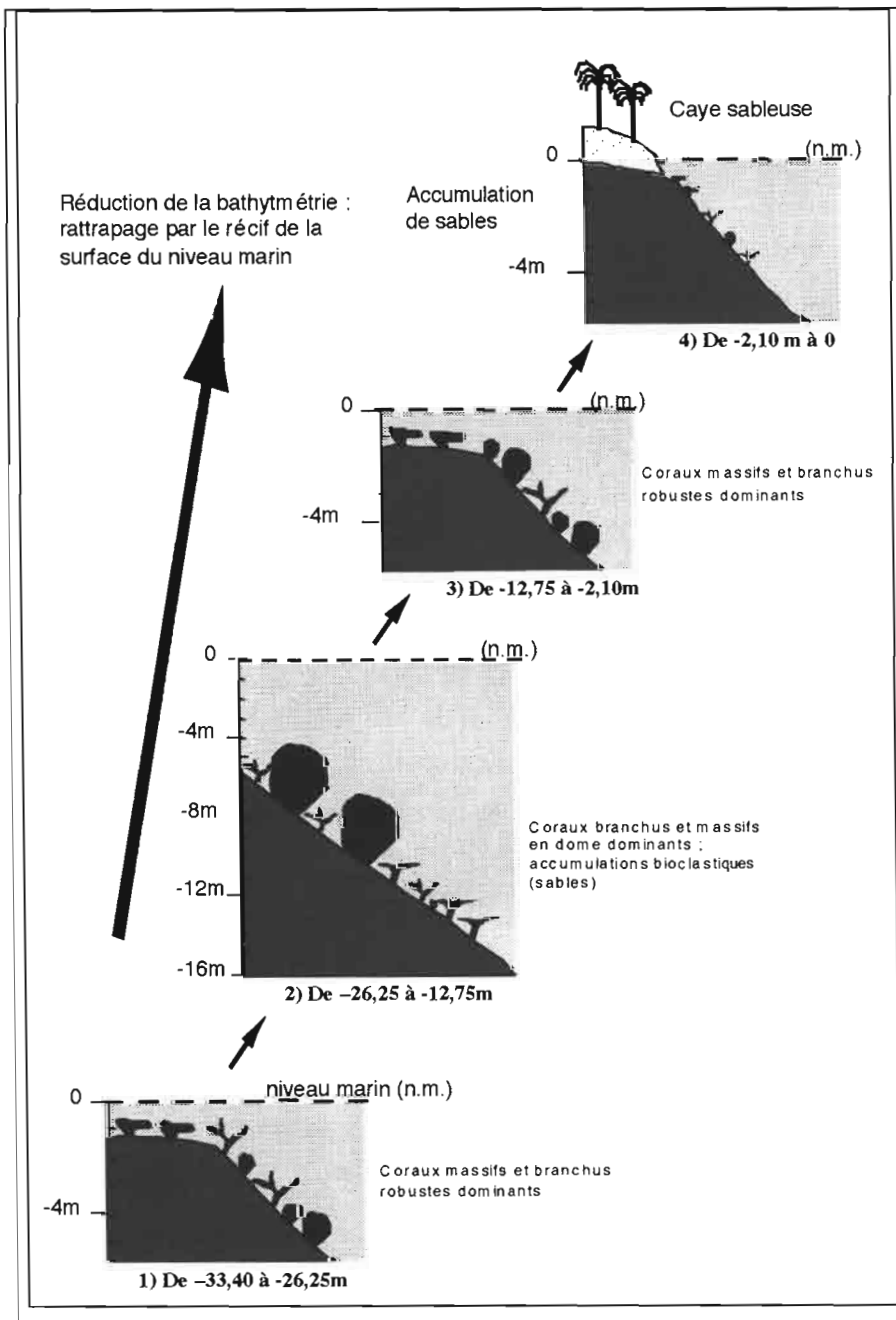


Figure 11: Succession des environnements dans la carotte B1 (-33,40 m à 0) d'après l'analyse des constituants, des assemblages et de la datation

5. CONCLUSION

Les études réalisées à partir des 3 forages de l'îlot Bayes ont permis de déterminer la stratégie de croissance des parties holocènes et probablement pléistocènes supérieures de ce récif barrière situé au large de la côte Est de la Nouvelle Calédonie, et cela pour la première fois dans cette région.

Basée sur un examen détaillé macroscopique et microscopique des textures et des associations biologiques, cette étude amène à plusieurs conclusions sur l'évolution des paléoenvironnements et des variations du niveau marin.

Deux unités récifales séparées par une discontinuité ont été distinguées sur la base de changements minéralogiques et de biofaciès. Dans l'unité supérieure, d'âge Holocène, on a pu mettre en évidence une croissance de type "Catch-up", c'est à dire de rattrapage du niveau marin lors de sa dernière remontée, et ce type de croissance a été confirmé par la datation Uranium-Thorium qui a mis en évidence une unité d'âge 3990 ans à 6 m de profondeur sur le forage. L'unité inférieure, attribuée à du Pleistocène supérieur, montre une évolution de milieux externes vers des milieux internes montrant une croissance verticale et une aggradation horizontale.

Cette étude a été complétée grâce à la comparaison régionale, couplée aux analyses sédimentologiques et paléoécologiques, ce qui a permis de préciser l'évolution des environnements.

Ainsi, un modèle a été établi pour caractériser la croissance récifale de l'îlot Bayes (figure 12).

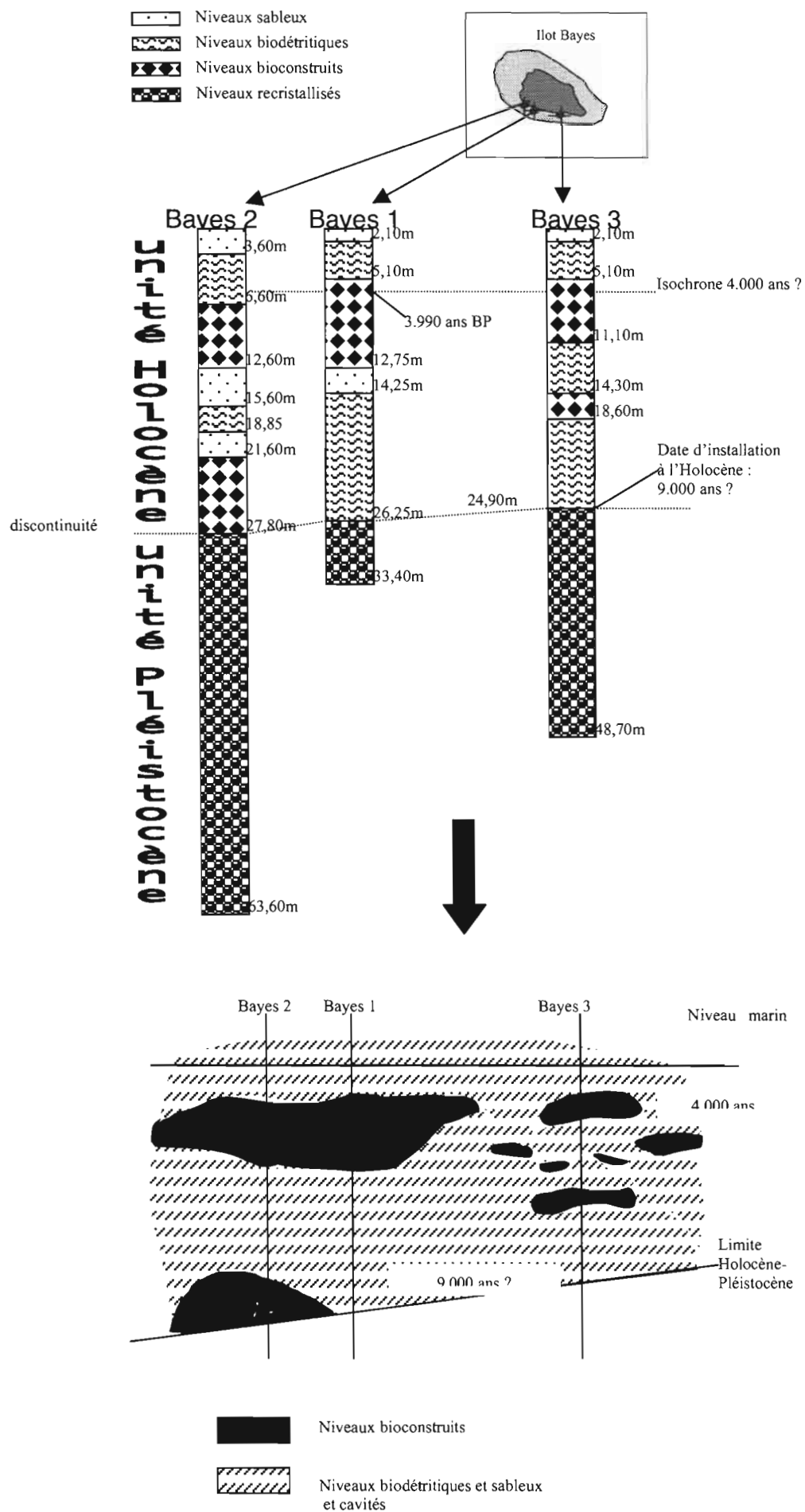


Figure 12: Modélisation des différents niveaux de l'îlot Bayes.

6. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

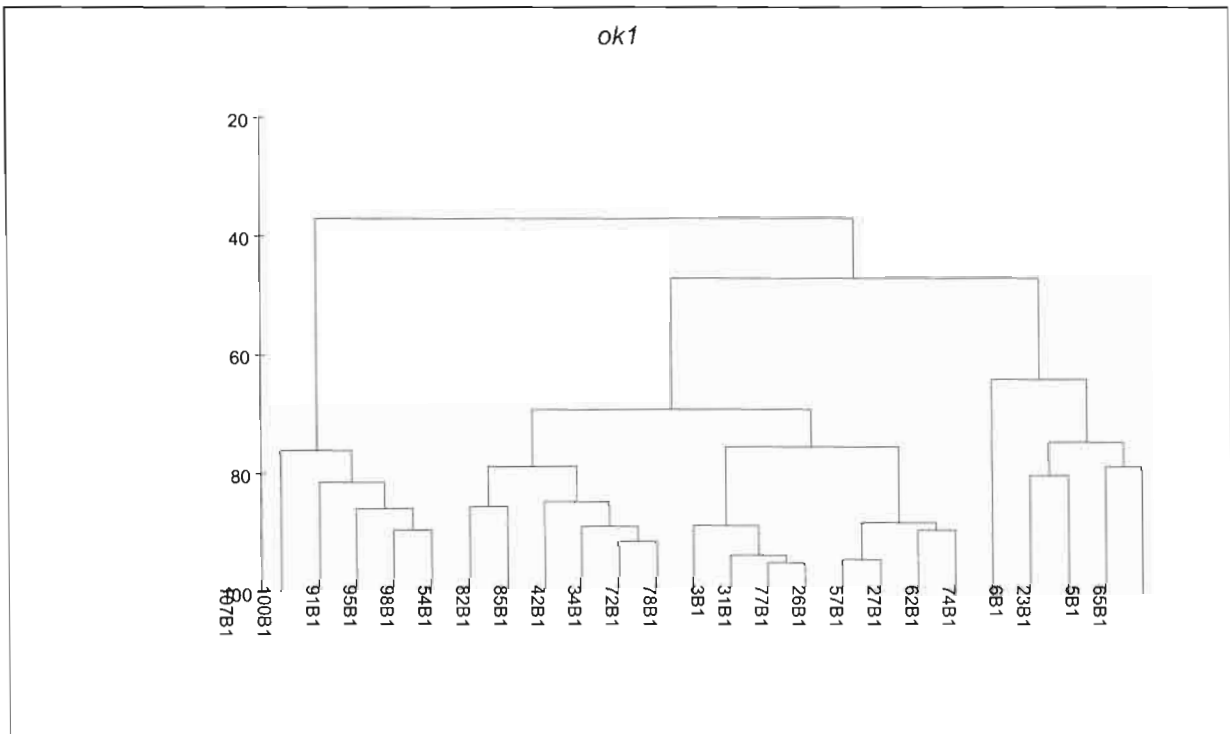
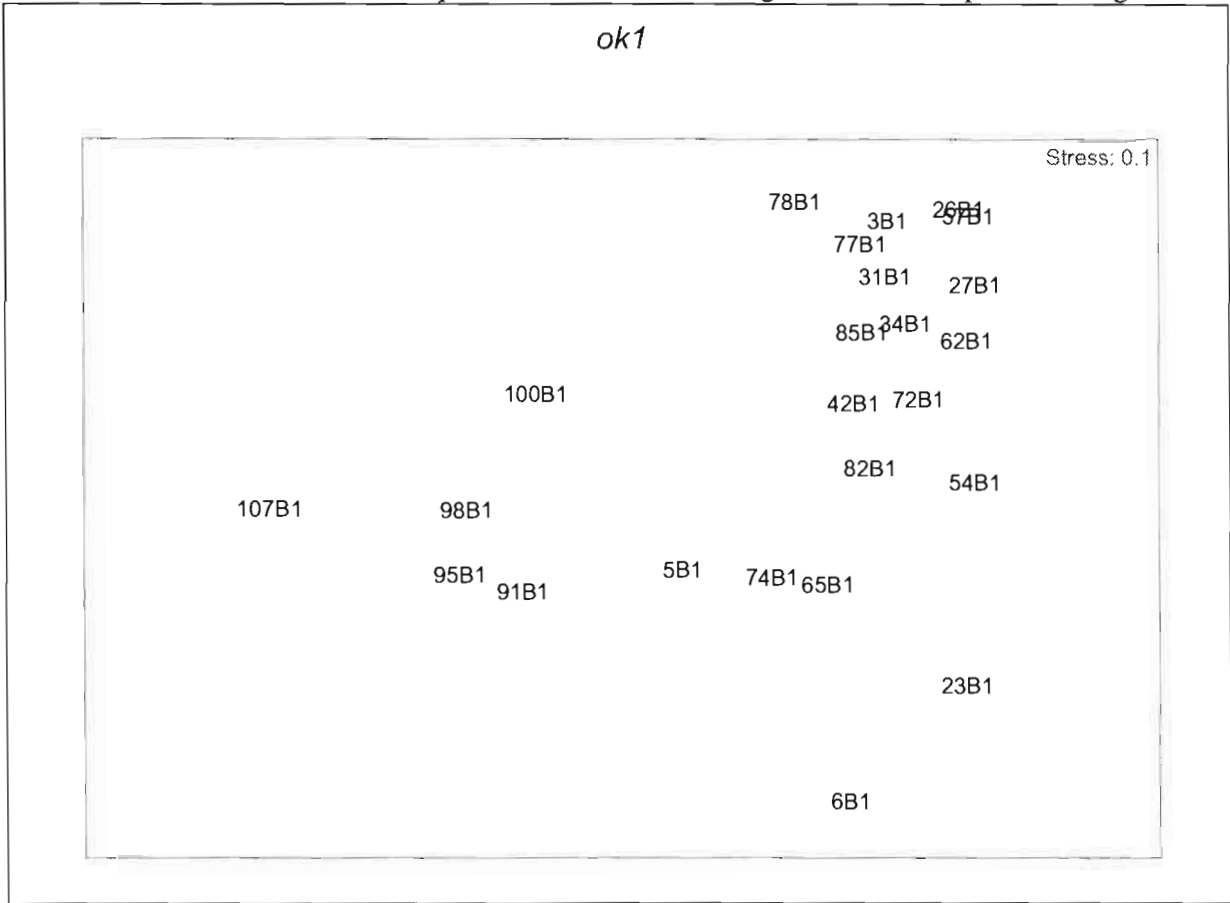
- Avias J. & Coudray J. (1967)** Premiers enseignements apportés par un forage réalisé dans le récif barrière de la côte Ouest de la Nouvelle Calédonie. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **265** : 1867-1869.
- Bonney T.G., éd. (1904)** The atoll of Funafuti : borings into a Coral Reef and the Results, being the Report of the Coral Reef committee of the Royal Society. London.
- Brahic A., Hoffert M., Schaaf A., & Tardy M. (1999)** *Sciences de la Terre et de l'Univers*. Vuibert ed., Paris : 634 p.
- Braithwaite C.J., Dalmaso H., Gilmour M.A., Harkness D.D., Henderson G.M., Kay R.L.F., Kroon D., Montaggioni L.F. & Wilson P.A. (2004)** The Great Barrier Reef: The chronological record from a new borehole. *Journal of Sedimentary Research*, **74** : 298-310.
- Brasier M.D. (1975)** The ecology and distribution of recent Foraminifera from the reefs and shoals arounds Barbuda, West Indies. *J. Foram. Res.*, **5** : 193-210.
- Buigues D. (1985)** Principal facies and their distribution at Mururoa atoll (French Polynesia). *Proc. Fifth int. Coral Reef Congr.*, Tahiti, 1985, **3** : 249-255.
- Cabioch G. (1988)** Récifs frangeants de Nouvelle Calédonie (Pacifique Sud-Ouest). Structure interne et influence de l'eustatisme et de la neotectonique. Publ. Univ. Provence, Aix-en-Provence : 291 p. + 25 planches-photos.
- Cabioch G., Corregge T., Turpin L., Castellaro C. & Recy J. (1999a)** Developpement patterns of fringing and barrier reefs in New Caledonia (southwest Pacific). *Oceanologica Acta*, **22** : 567-578.
- Cabioch G., Montaggioni L.F., Faure G. & Laurenti A. (1999b)** Reef coralgal assemblages as recorders of paleobathymetry and sea level changes in the Indo-Pacific province. *Quaternary Science Reviews*, **18** : 1681-1695.
- Cabioch G., Pelletier B., Bore J.-Y. & Perrier J. (2002a)** Campagne BIOSALIS 1 à bord du N/O Alis (7 au 12 Sept 2001) – Cartographie multifaisceaux et dragages des pentes du récif barrière Est (Poindimié) et Sud-Est (Goro) de Nouvelle Calédonie, et transports et débarquement du matériel de forage sur l'îlot Bayes. *Rapports de mission, Sciences de la Terre, Géologie-Géophysique*, Centre de Nouméa, n° 44 : 15 p.
- Cabioch G., Payri C., Pichon M., Corregge T., Butscher J., Dafond N., Escoubeyrou K., Ihilly C., Laboute P., Menou J.-L. & Nowicki L. (2002b)** Forages sur l'îlot Bayes sur le récif barrière de Poindimié, côte Est de Nouvelle Calédonie. *Rapports de mission, Sciences de la Terre, Géologie-Géophysique*, Centre de Nouméa, n° 47 : 22 p.
- Camoin G.F., Gautret P., Montaggioni L.F. & Cabioch G. (1999)** Nature and environmental significance of microbialites in Quaternary reefs : the Tahiti paradox. *Sedimentary Geology*, **126** : 271-304.

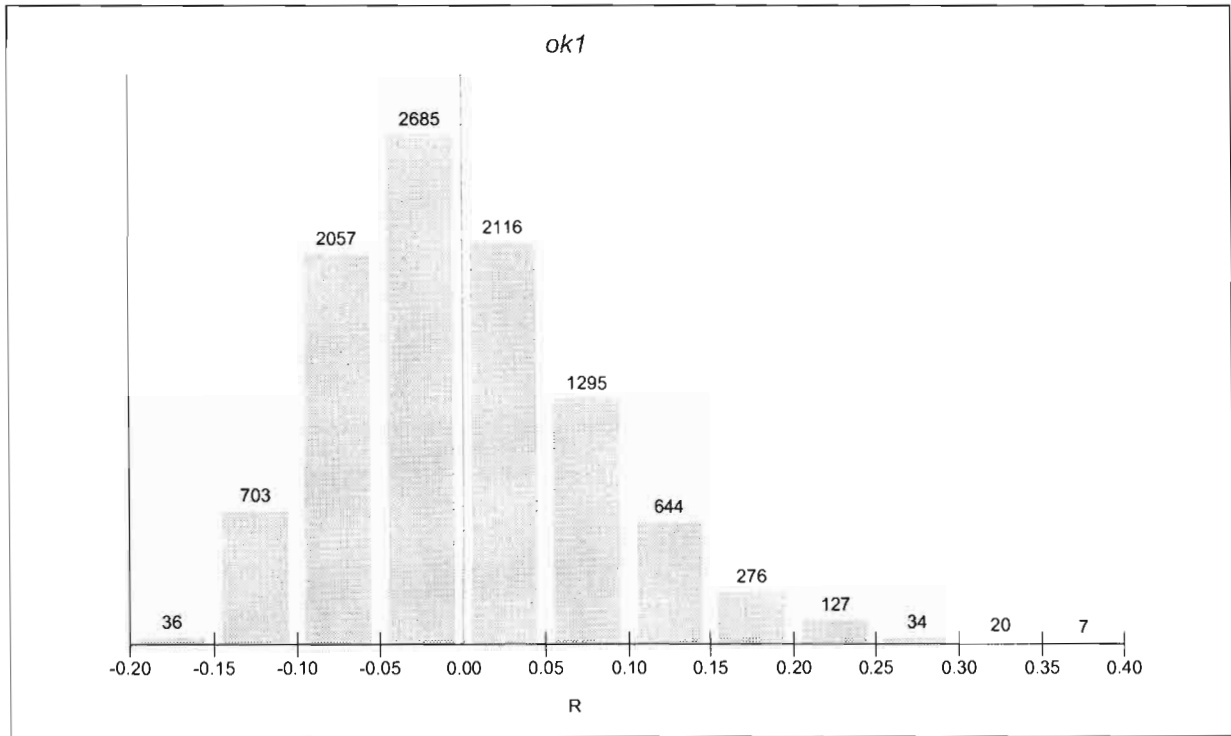
- Chevalier J.P., Denizot M., Mougou J.L., Plessis Y., Salvat B. (1969)** Etude géomorphologique et bionomique de l'atoll de Mururoa (Tuamoutu). *Cahiers du Pacifique*, **13** : 9-144.
- Collins L.B., Zhu Z.R., Wyrwoll K.H., Hatcher B.G., Playford P.E., Chen J.H., Eisenhauer A. & Wasserburg G.J. (1993)** Late Quaternary evolution of coral reefs on a cool-water carbonate margin : the Abrolhos carbonate platforms, southwest Australia. *Marine Geology*, **110** : 303-212.
- Coudray J. (1976)** Recherches sur le Néogène et le Quaternaire marins de la Nouvelle Calédonie. Contribution de l'étude sédimentologique à la naissance de l'histoire géologique post-Eocène de la Nouvelle Calédonie. *Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle Calédonie, Paris, Fond. Singer-Polignac éd.*, **8** : 1-276.
- Darwin C. (1842)** On the distribution of coral reefs with reference to the theory of their formation. London, Smith, Elder.
- Davies P.J & Montaggioni L.F. (1985)** Reef growth and sea-level change: the environmental signature. *Proc. Fifth int. Coral Reef Congr., Tahiti, 1985*, **3** : 577-51
- Degaugue-Michalski F.M. (1993)** Croissance et évolution d'édifices récifaux du Pacifique occidental (Nouvelle Calédonie, Chesterfield) à l'holocène et au pleistocène. Thèse Univ. Aix-Marseille I : 227 p. + annexes.
- Dupont J., Launay J., Ravenne C., Broin C.E. De (1975)** Données nouvelles sur la ride de Norfolk (Sud-Ouest Pacifique). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **281** : 605-608.
- Ebren P. (1996)** Impact des Variations Rapides du Niveau Marin sur le Développement des Atolls au Quaternaire: Mururoa (Polynésie Française). Thèse de Doct. Univ. Aix-Marseille I.
- Emery K.O., Tracey J.I., Ladd H.S. (1954)** Geology of Bifini and nearby atolls, pt 1, Géologie, *US Geol. Surv. Prof. Paper*, **260A** : 1-265.
- Griffiths J.R. (1971)** Reconstitution of the Southwest Pacific margin of Gondwanaland. *Nature*, **234** : 203-207.
- Hallock P. & Glenn C. (1986)** Larger Foraminifera : A Tool for Paleoenvironmental Analysis of Cenozoic Carbonate Depositional Facies. *Palaios*, **1** : 55-64.
- Hopley D. (1989)** Coral reefs: zonation and gradients. *Essener Geogr. Arbeiten*, **18** : 79-123.
- Littler M.N. & Doty M.S. (1975)** Ecological components structuring the seaward edges of tropical pacific reefs: the distribution communities and productivity of Porolithon, *Journal of Ecology*, **63**: 117-129.
- Lucas G., Gros P. & Lang J. (1976)** Les roches sédimentaires. Etude microscopique des roches meubles et consolidées. Doin éd., Paris.
- Massieux M. (1976)** Etude des algues calcaires de la série Quaternaire traversée par le sondage Tenia (Côte Sud-Ouest de la nouvelle Calédonie. *Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle Calédonie, Paris, Fond. Singer-Polignac éd.*, **8** : 281-288.
- Montaggioni L.F. (1981)** Les associations de Foraminifères dans les sédiments récifaux de l'archipel des Mascareignes (Océan Indien), *Ann. Inst. Océano.*, **57** : 41-62

- Montaggioni L.F. & Pirazzoli P.A. (1984)** The significance of exposed coral conglomerates from French Polynesia (Pacific Ocean) as indicator of recent relative sea-level changes, *Coral reefs*, 3 : 29-42.
- Montaggioni L.F. & Camoin G.F. (1993)** Stromatolites associated with corallgal communities in Holocene high-energy reefs. *Geology*, 21 : 149-152.
- Montaggioni L.F. , Cabioch G., Camoin G.F. , Bard E. , Ribaud-Laurenti A., Faure G., Déjardin P., Récy J. (1997)** Continuous record of reef growth over the past 14 k.y. on the mid-Pacific island of Tahiti. *Geology*, 25 : 555-558.
- Montaggioni L.F. & Faure G. (1997)** Response of reef coral communities to sea level rise: a Holocene model from Mauritius island (Western Indian Ocean). *Sedimentology*, 44, 1053-1070.
- Montaggioni L.F. (2000)** Postglacial reef growth. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 331 : 319-330.
- Moore C.H. (1989)** Carbonate diagenesis and porosity. Elsevier, New York : 338p.
- Neumann A.C. & Macintyre I. (1985)** Reef response to sea level rise: keep-up, catch-up or give-up. *Proc. Fifth int. Coral Reef Congr.*, Tahiti, 1985, 3, 105-110.
- Nowicki L. (2002)** Evolution des environnements dans le récif barrière de Poindimié (côte Est de Nouvelle Calédonie). *Rapport de stage de l'Université de la Nouvelle Calédonie* : 73 p.
- Palmieri V. & Jell J.S. (1985)** Recrutement of encrusting Foraminifers on Heron reef, Great Barrier Reef (Queensland, Australia), in *Proc. Fifth Int. Coral Reef Congress, Tahiti, 1985* : 221-226.
- Perrin C. (1989)** Rôle des organismes dans l'édification et l'évolution de l'atoll de Mururoa (Polynésie Française), Thèse Univ. Paris Sud, Centre Orsay : 105-168.
- Taisne B. (1965)** Organisation et hydrographie de l'expédition française sur les récifs coralliens de la Nouvelle Calédonie. *Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle Calédonie*, Paris, Fond. Singer-Polignac (éd), 1 : 1-132.
- Thomassin B.A & Vasseur P. (1981)** The coral reef complexes of SW coast of New Caledonia : building and geomorphology. *Proc. 4th int. Coral Reef Symp.*, Manila, 1981 : p. 66 (abstract).
- Wells J.W. (1954)** Recent corals of the Marshall Island, Bikini and nearby atolls. *U.S. Geol survey Prof. Paper*, 260I : 385-486.

ANNEXES

Résultats du traitement statistique effectué à l'aide du logiciel PRIMER pour le forage B1





ANOSIM
Analysis of Similarities

Similarity Matrix

File: D:\Data\data Elvire\ok1_sqr.sid
Data type: Similarities
Sample selection: All

One-way Analysis

Factor Values

Factor: grp
3
5
4
2
1

Factor Groups

Sample grp
3B1 3
31B1 3
77B1 3
78B1 3
5B1 5
6B1 5
23B1 5
65B1 5
74B1 5
26B1 4
27B1 4
57B1 4
62B1 4
34B1 2
42B1 2
54B1 2
72B1 2

82B1 2
85B1 2
91B1 1
95B1 1
98B1 1
100B1 1
107B1 1

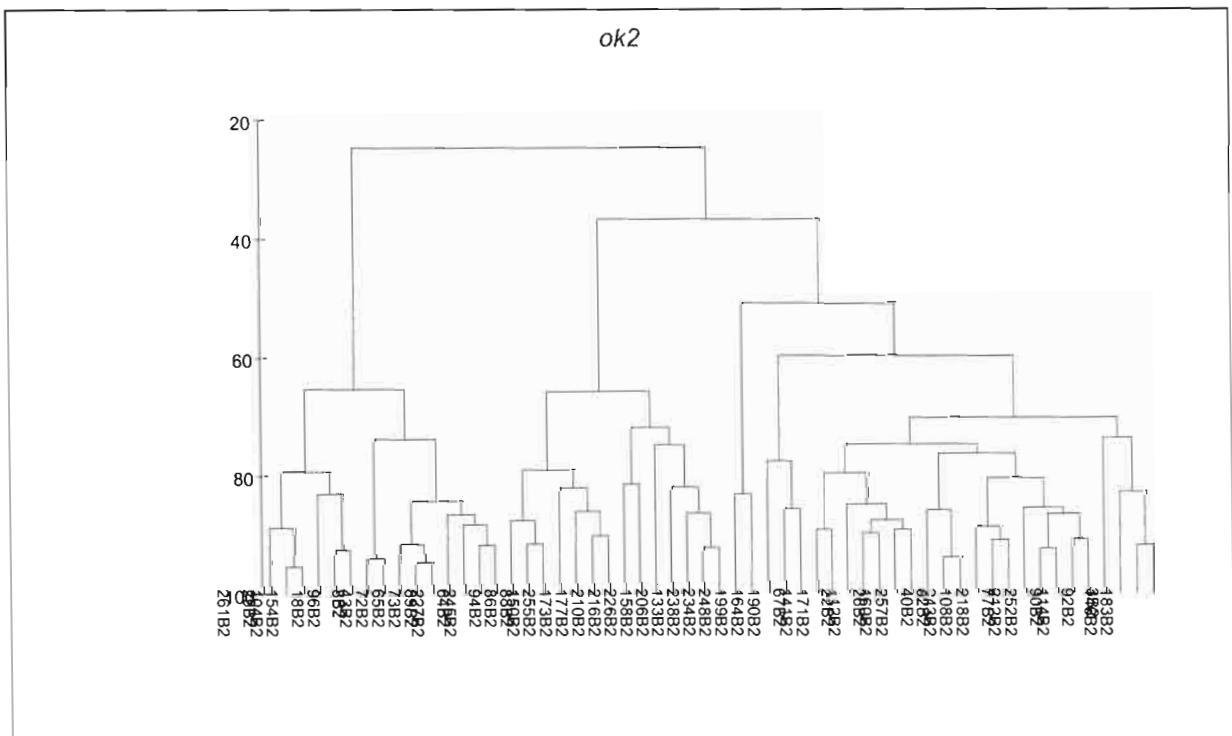
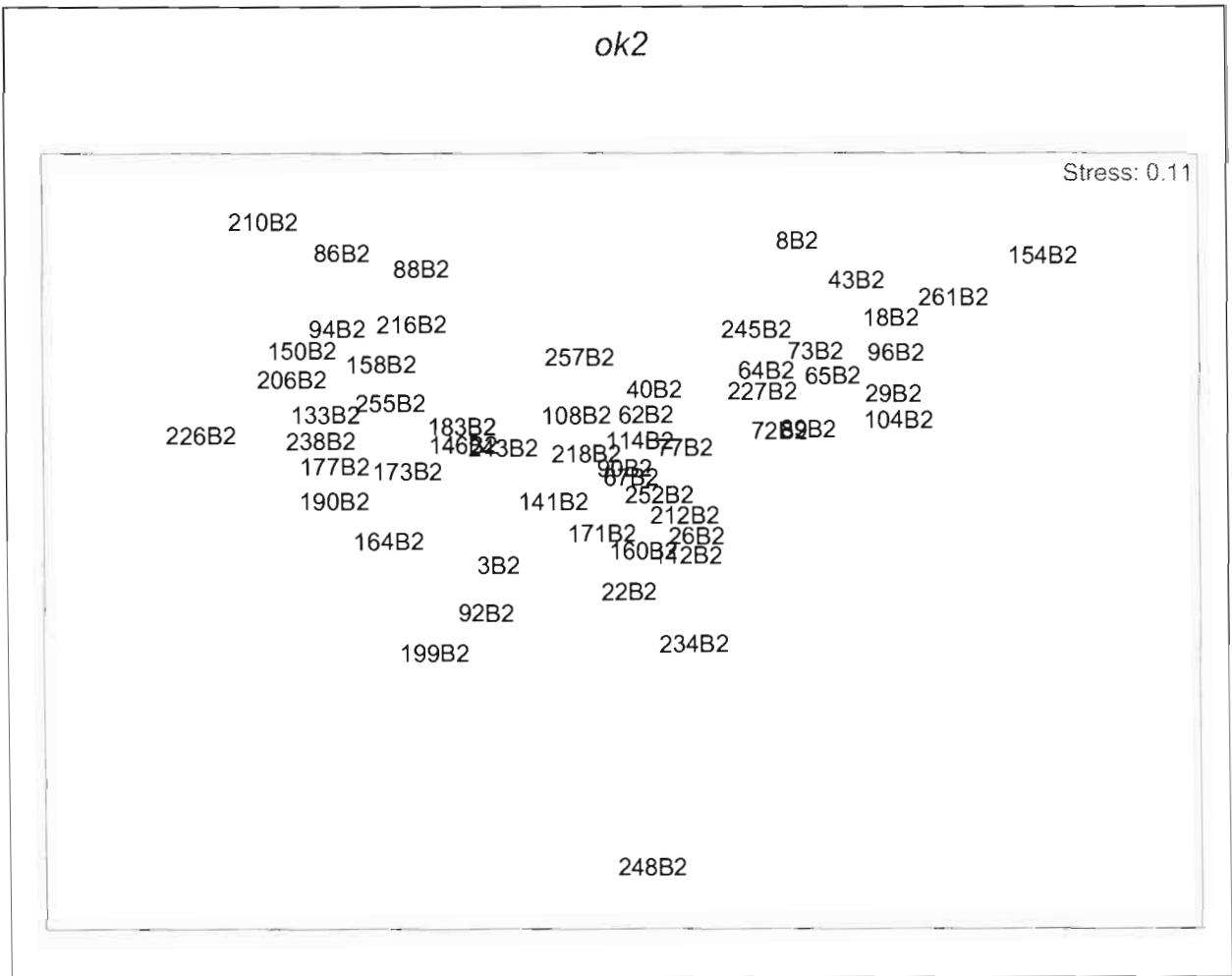
Global Test

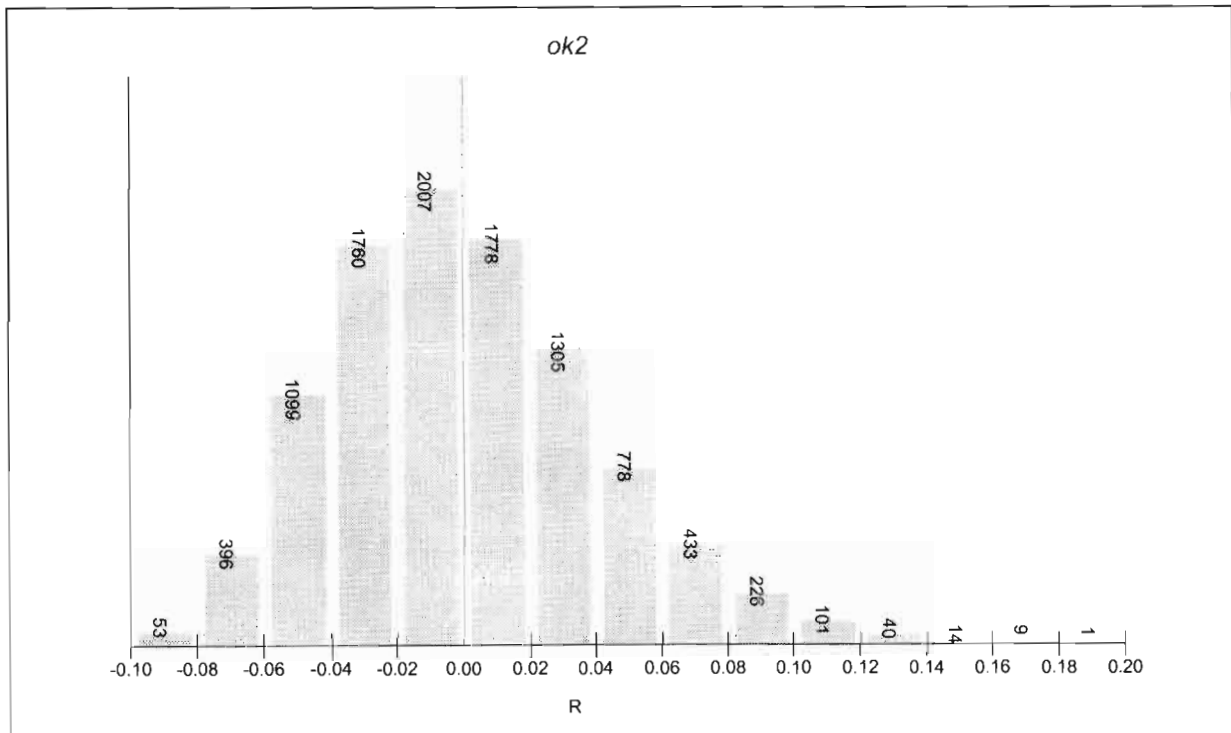
Sample statistic (Global R): 0.732
Significance level of sample statistic: 0.0%
Number of permutations: 10000 (Random sample from a large number)
Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 0

Pairwise Tests

Groups	R Significance	Possible	Actual Number
>=	Statistic	Level %	Permutations
3, 5	0.894	0.8	126
3, 4	0.813	2.9	35
3, 2	0.627	1.	210
3, 1	1.	0.8	126
5, 4	0.906	0.8	126
5, 2	0.619	0.2	462
5, 1	0.772	0.8	126
4, 2	0.639	1.	210
4, 1	1.	0.8	126
2, 1	1.	0.2	462
462			

Résultats du traitement statistique effectué à l'aide du logiciel PRIMER pour le forage B2





ANOSIM

Analysis of Similarities

Similarity Matrix

File: D:\Data\data Elvire\ok2_sqr.sid

Data type: Similarities

Sample selection: All

One-way Analysis

Factor Values

Factor: grp2

- 5
- 2
- 1
- 6
- 7
- 3
- 4

Factor Groups

Sample grp2

- 3B2 5
- 92B2 5
- 146B2 5
- 164B2 5
- 183B2 5
- 190B2 5
- 199B2 5
- 234B2 5
- 248B2 5
- 8B2 2
- 43B2 2
- 64B2 2
- 65B2 2
- 72B2 2
- 73B2 2
- 89B2 2
- 227B2 2
- 245B2 2
- 18B2 1
- 29B2 1
- 96B2 1

104B2 1

154B2 1

261B2 1

22B2 6

26B2 6

67B2 6

112B2 6

141B2 6

160B2 6

171B2 6

40B2 7

62B2 7

77B2 7

90B2 7

108B2 7

114B2 7

212B2 7

218B2 7

243B2 7

252B2 7

257B2 7

86B2 3

88B2 3

94B2 3

150B2 3

173B2 3

177B2 3

255B2 3

133B2 4

158B2 4

206B2 4

210B2 4

216B2 4

226B2 4

238B2 4

Global Test

Sample statistic (Global R): 0.775

Significance level of sample statistic: 0.0%

Number of permutations: 10000 (Random sample from a large number)

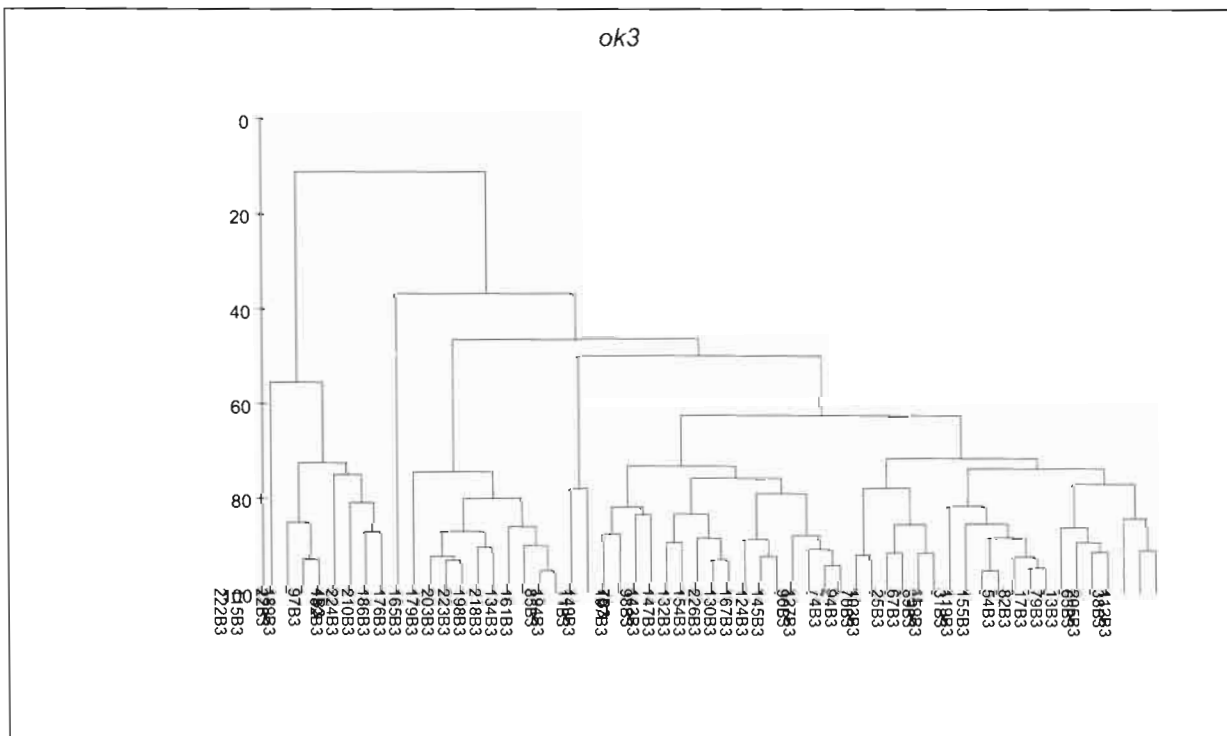
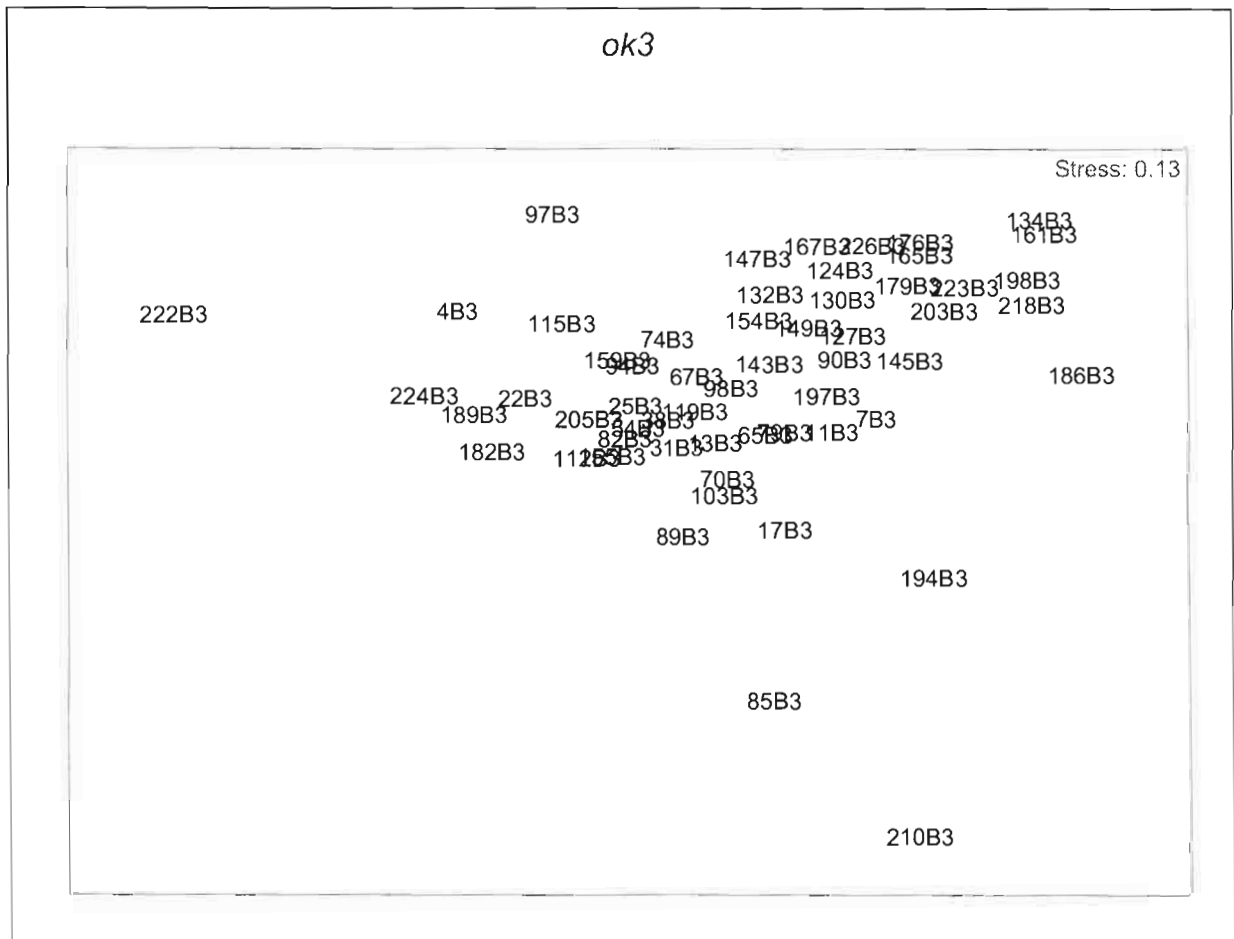
Number of permuted statistics greater than or equal to

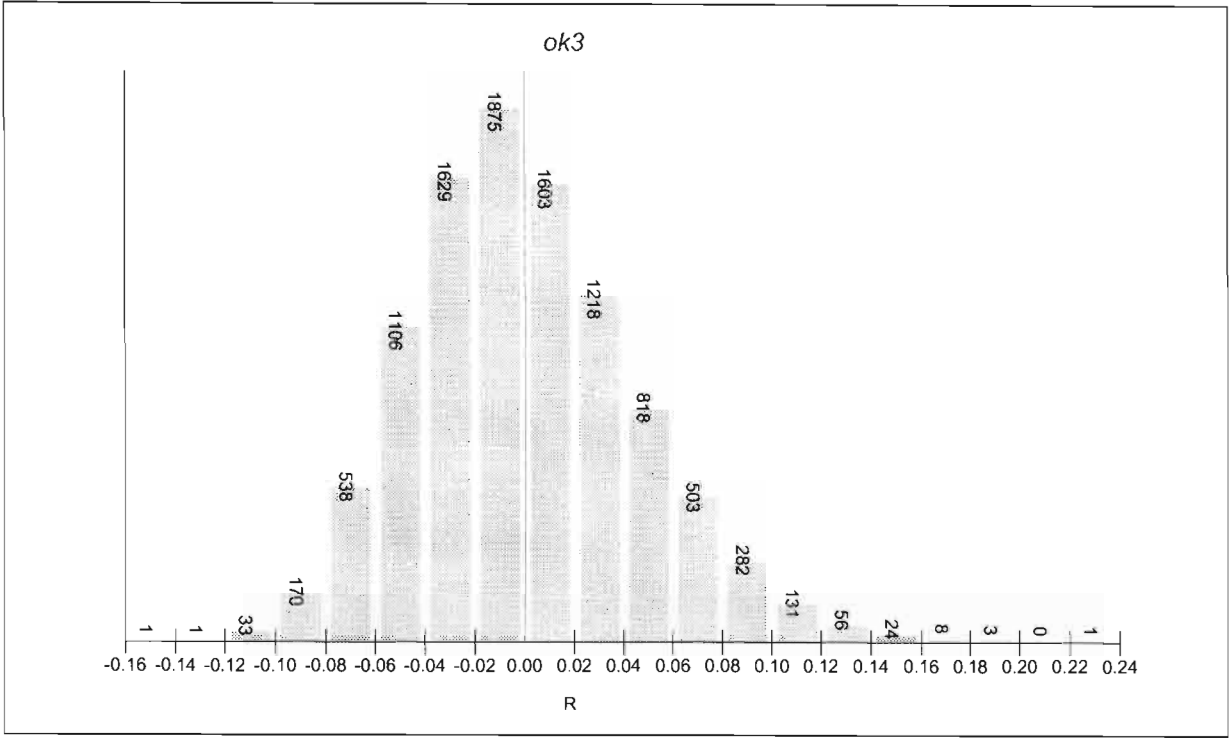
Global R: 0

Pairwise Tests

	R	Significance	Possible	Actual	Number
>=	Statistic	Level %	Permutations	Permutations	Observed
5, 2	0.848	0.	24310	10000	0
5, 1	0.923	0.	5005	5005	1
5, 6	0.341	0.6	11440	10000	60
5, 7	0.582	0.	167960	10000	0
5, 3	0.271	0.9	11440	10000	91
5, 4	0.509	0.	11440	10000	3
2, 1	0.465	0.1	5005	5005	3
2, 6	0.893	0.	11440	10000	3
2, 7	0.81	0.	167960	10000	0
2, 3	1.	0.	11440	10000	0
2, 4	1.	0.	11440	10000	0
1, 6	1.	0.1	1716	1716	1
1, 7	0.999	0.	12376	10000	1
1, 3	1.	0.1	1716	1716	1
1, 4	1.	0.1	1716	1716	1
6, 7	0.614	0.	31824	10000	0
6, 3	0.992	0.1	1716	1716	1
6, 4	0.972	0.1	1716	1716	1
7, 3	0.979	0.	31824	10000	0
7, 4	0.979	0.	31824	10000	0
3, 4	0.525	0.1	1716	1716	1

Résultats du traitement statistique effectué à l'aide du logiciel PRIMER pour le forage B1





ANOSIM
Analysis of Similarities

Similarity Matrix

File: D:\Data\data Elvire\ok3_sqr_sqr.sid
Data type: Similarities
Sample selection: All

One-way Analysis

Factor Values

Factor: grp1
1
5
10
8
9
4
7
6
3

Factor Groups

Sample grp1
4B3 1
22B3 1
97B3 1
115B3 1
182B3 1
189B3 1
222B3 1
224B3 1
7B3 5
11B3 5
149B3 5
197B3 5
13B3 10
17B3 10
38B3 10
65B3 10
79B3 10
112B3 10
205B3 10
25B3 8
67B3 8
70B3 8
74B3 8
94B3 8
103B3 8
31B3 9
54B3 9
82B3 9
89B3 9
119B3 9
155B3 9
159B3 9
85B3 4
194B3 4
90B3 7
124B3 7
127B3 7
130B3 7
145B3 7
167B3 7
226B3 7
1

98B3 6
132B3 6
143B3 6
147B3 6
154B3 6
134B3 3
161B3 3
165B3 3
176B3 3
179B3 3
186B3 3
198B3 3
203B3 3
218B3 3
223B3 3

Global Test

Sample statistic (Global R): 0.725
Significance level of sample statistic: 0.0%
Number of permutations: 10000 (Random sample from a large number)
Number of permuted statistics greater than or equal to Global R: 0

Pairwise Tests

Groups	R	Significance	Possible	Actual	Number
>=	Statistic	Level %	Permutations	Permutations	Observed
1, 5	0.86	0.2	495	495	1
1, 10	0.599	0.	6435	6435	1
1, 8	0.555	0.	3003	3003	1
1, 9	0.474	0.1	6435	6435	4
1, 4	0.987	2.2	45	45	1
1, 7	0.92	0.	6435	6435	1
1, 6	0.721	0.1	1287	1287	1
1, 3	0.99	0.	43758	10000	0
5, 10	0.614	0.3	330	330	1
5, 8	0.75	0.5	210	210	1
5, 9	0.971	0.3	330	330	1
5, 4	1.	6.7	15	15	1
5, 7	0.439	0.9	330	330	3
5, 6	0.681	0.8	126	126	1
5, 3	0.83	0.1	1001	1001	1
10, 8	0.38	0.3	1716	1716	5
10, 9	0.508	0.1	1716	1716	1
10, 4	0.87	2.8	36	36	1
10, 7	0.852	0.1	1716	1716	1
10, 6	0.775	0.1	792	792	1
10, 3	0.993	0.	19448	10000	2
8, 9	0.374	0.1	1716	1716	1
8, 4	0.979	3.6	28	28	1
8, 7	0.954	0.1	1716	1716	1
8, 6	0.813	0.2	462	462	1
8, 3	0.999	0.	8008	8008	1
9, 4	1.	2.8	36	36	1
9, 7	0.984	0.1	1716	1716	1
9, 6	0.753	0.1	792	792	1
9, 3	1.	0.	19448	10000	1
4, 7	1.	2.8	36	36	1
4, 6	1.	4.8	21	21	1
4, 3	1.	1.5	66	66	1
7, 6	0.281	3.4	792	792	27
7, 3	0.516	0.	19448	10000	0
6, 3	0.903	0.	3003	3003	

ORGANISMES DES ASSEMBLAGES BIOLOGIQUES IDENTIFIES DANS LES FORAGES DE L'ÎLOT BAYES

RHODOBIONTES (algues rouges)

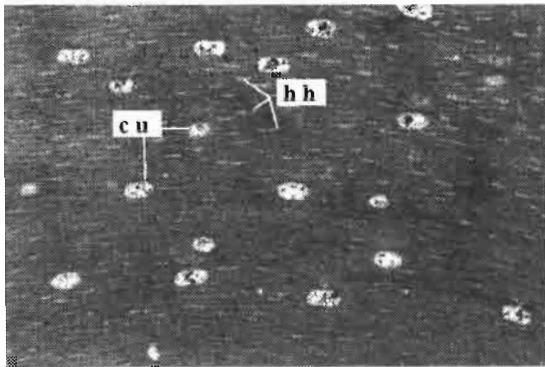
1. Famille Corallinacées

1.1 Mélobésiés

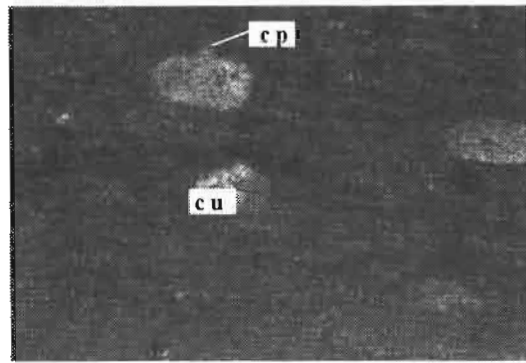
1.1.1. Mastophoroidés

◆ *Hydrolithon onkodes* (anciennement *Porolithon onkodes*)

conceptacle uniporé ; hypothalle plumeux ; périthalle épais ; présence d'hétérocytes en rangées horizontales



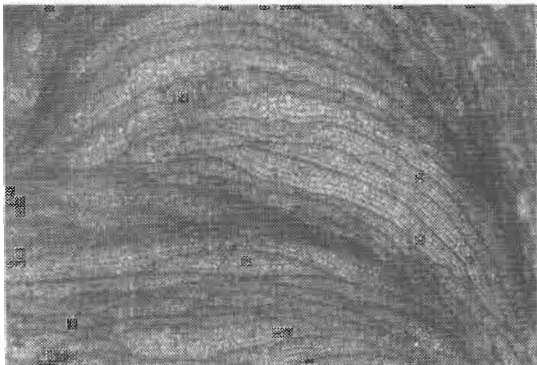
Encroûtement d'*H. onkodes* (130B3 gr.2,5X)
« cu » : conceptacle unipore ; « hh » : hétérocytes en rangées horizontales



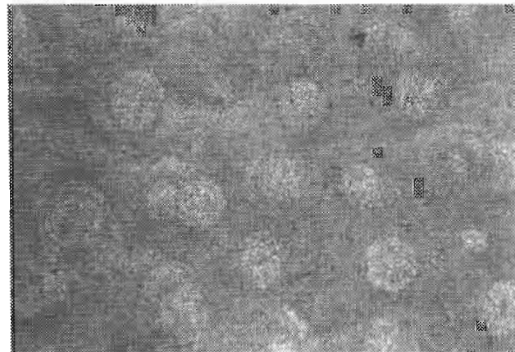
Détail d'une croûte d'*H. onkodes* (92B2 gr.10X)
« cu » : conceptacle unipore ; « cp » : canal de pore

◆ *Hydrolithon cf. reinboldii*

conceptacle uniporé ; hypothalle plumeux ; périthalle avec cellules disposées en lentilles superposées



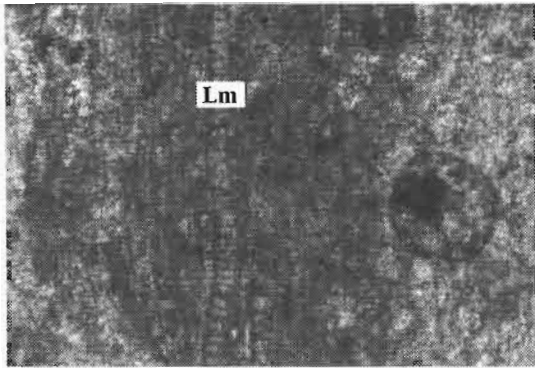
Encroûtement d'*H. cf. reinboldii* en section longitudinale (248B2 gr.2,5X)



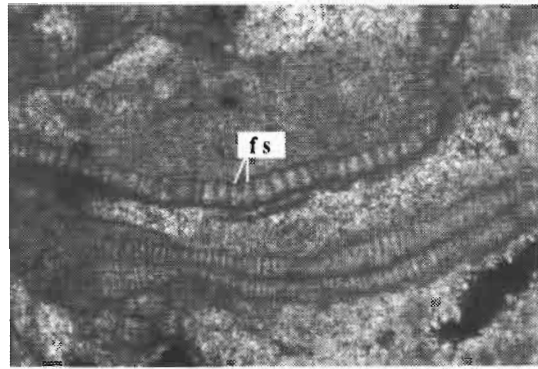
Encroûtement d'*H. cf. reinboldii* en section transversale (248B2 gr.2,5X)

◆ *Lithoporella melobesoïdes*

conceptacle uniporé, hypothalle mono-couche ; pas de périthalle ; présence de fusions cellulaires secondaires



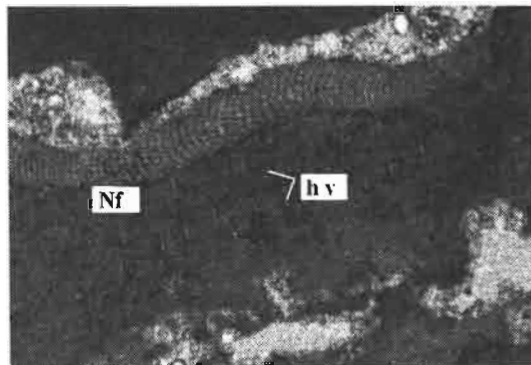
L. melobesoïdes « Lm » (92B2 gr.10X)



Détail des fusion secondaires « fs » de *L. melobesoïdes* (257B2 gr.10X)

◆ *Neogoniolithon brassica-florida* (*N. cf. fosliei*)

conceptacle uniporé, hypothalle coaxial ou plumeux ; périthalle épais ; présence d'hétérocytes en rangées verticales ; présence de fusions cellulaires secondaires

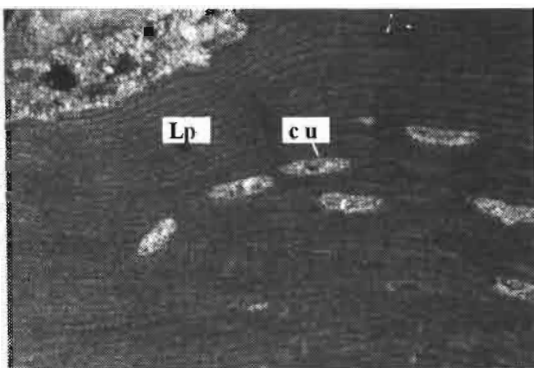


Encroûtement de *N. fosliei* « Nf » (112B2 gr.4X) avec hétérocytes en rangées verticales « hv »

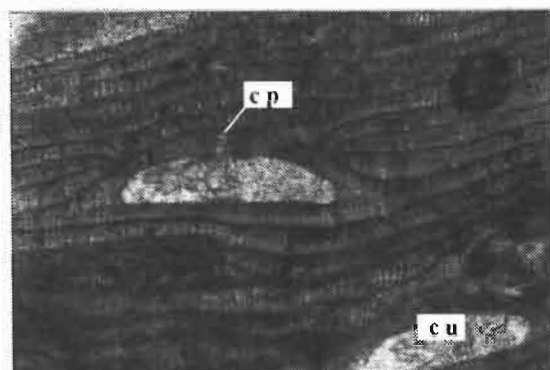
1.1.2. Lithophylloïdés

◆ *Lithophyllum pustulatum* (anciennement *Dermatolithon cf. tessellatum*)

conceptacle uniporé ; hypothalle coaxial ; périthalle épais et stratifié



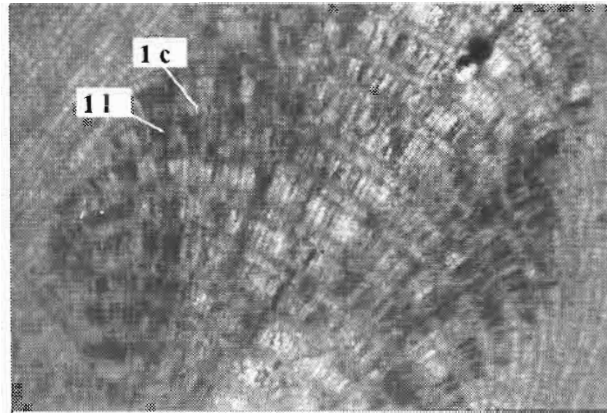
Encroûtement de *L. pustulatum* « Lp » (156B2 gr.4X) avec conceptacle unipore « cu »



Détail de conceptacle unipore « cu » de *L. pustulatum* avec canal de pore « cp »

◆ *Lithothamnium kotschyanum* (anciennement *Lithophyllum moluccense*)

conceptacle uniporé ; hypothalle coaxial ; périthalle avec alternance des cellules allongées et courtes

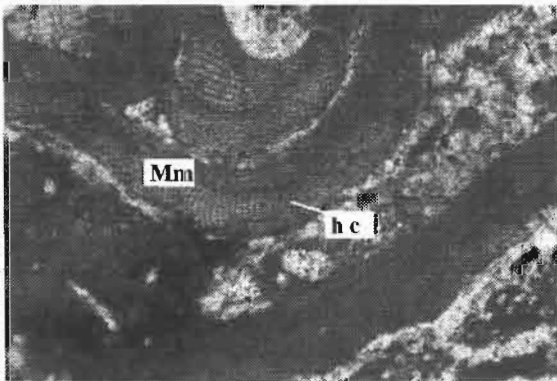


L. kotschyanum (7B3 gr.10X) avec alternances de cellules courtes « cc » et de cellules longues « cl »

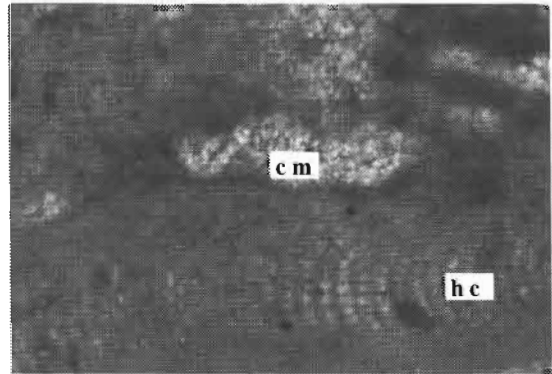
1.1.3. Melobésoidés

◆ *Mesophyllum* sp. cf. *mesomorphum*

conceptacle multiporé ; hypothalle coaxial



M. cf. mesomorphum « Mm » (108B2 gr.4X) avec hypothalle coaxial « hc »

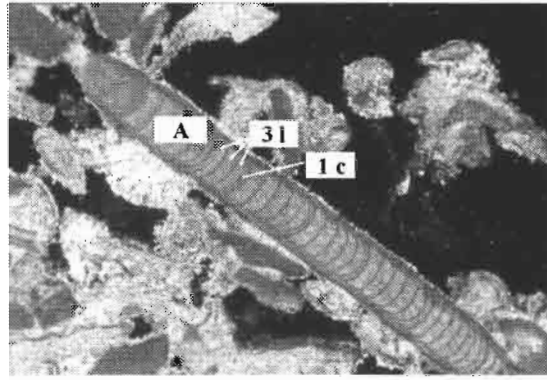


Détail conceptacle multipore « cm » de *M. cf. mesomorphum* (192B3 gr.25X) « hc » : hypothalle coaxial

1.2. Corallinés

◆ *Amphiroa* sp.

articles de forme aplatie ou cylindrique avec des séries d'une ou deux cellules courtes intercalées entre plusieurs cellules allongées ; périthalle réduit à deux rangées lorsqu'il existe

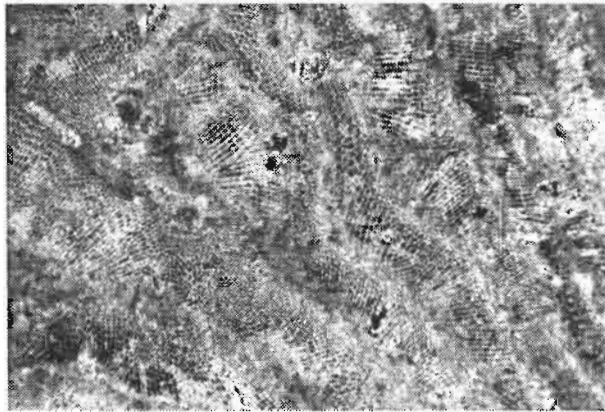


Fragment d'*Amphiroa* (173B2 gr.4X) avec alternances de 3 cellules longues « 3l » et de 1 cellule courte « 3c »

2. Peyssoneliacées

◆ *Peyssonelia* sp.

périthalle contenant des cellules avec lignes d'accroissement parfois superposées

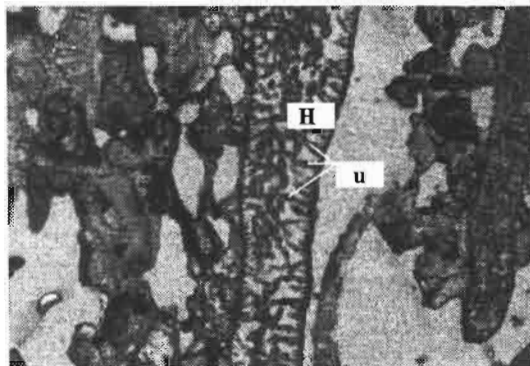


Encroûtement de *Peyssonelia* (6B1 gr. 4X)

CHLOROBIONTES (algues vertes)

◆ *Halimeda* sp.

articles pourvus de nombreux utricules dont la forme dentelée persiste après dégradation (fantôme de dissolution)



Article d'*Halimeda* « H » (150B2 gr. 2,5X) avec utricles « u »

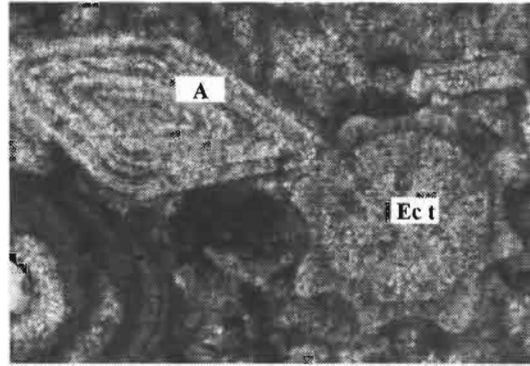
FORAMINIFERES

1. Foraminifères hyalins non encroûtants

1.1. Amphistéginidés

Test bi-convexe ; fibres calcitiques avec extinction ondulante en lumière polarisée

◆ *Amphistegina* sp.



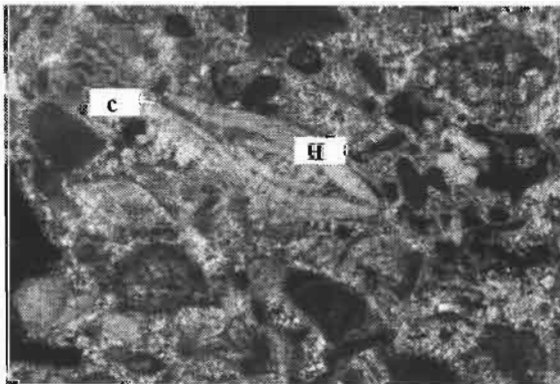
Amphistégine « A » (88B2 gr.10X) et une section transversale de piquant d'oursin « Ect »

1.2. Nummulitidés

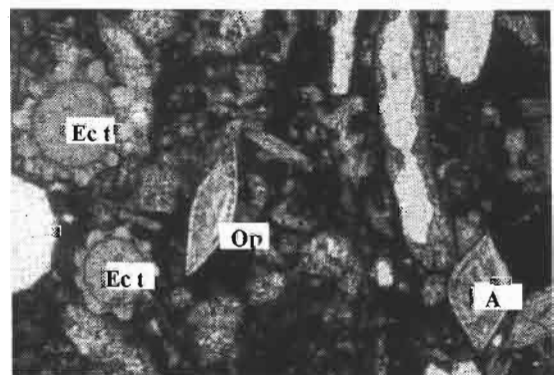
Fibres calcitiques traversées par canalicules, avec extinction ondulante en lumière polarisée

◆ *Heterostegina* sp.

◆ *Operculina* sp.



Hétérostégine « H » (226B2 gr.2,5X) avec canal « c »



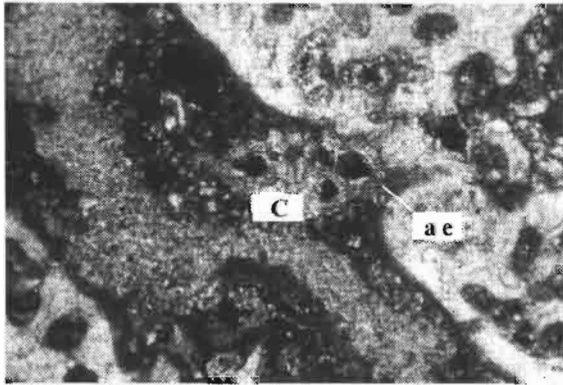
Operculine « Op » (165B3 gr.2,5X) et Echinoderms en section transversale « Ect » et Amphistégine « A »

1.3. Calcarinidés

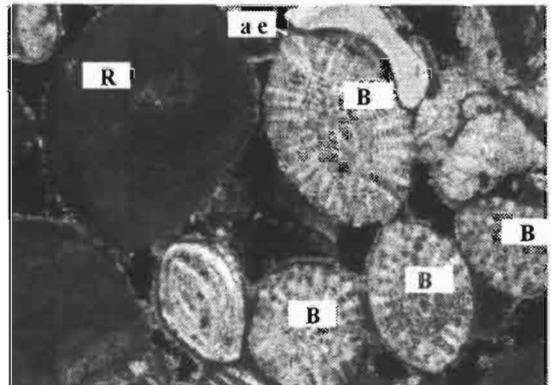
Test compacté ; amorces d'épines

◆ *Calcarina hispida*

◆ *Baculogypsina sphaerulata*.



Calcarina « C » (64B2 gr.10X) avec amorce d'épine « ae »

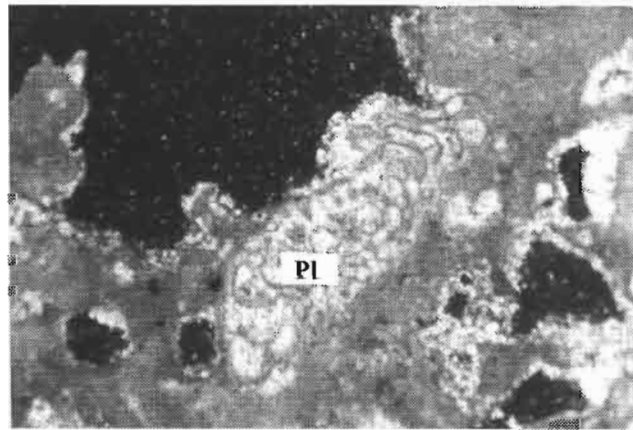


Baculogypsine « B » (3B2 gr.2,5X) avec amorce d'épine « ae » et débris de Rhodobionte « R »

1.4. Planorbulinidés

test trochospiralé puis formant de nombreuses chambres cylindriques ou coniques

◆ *Planorbulinella larvata*



Planorbulinella larvata « Pl » (165B3 gr.4X)

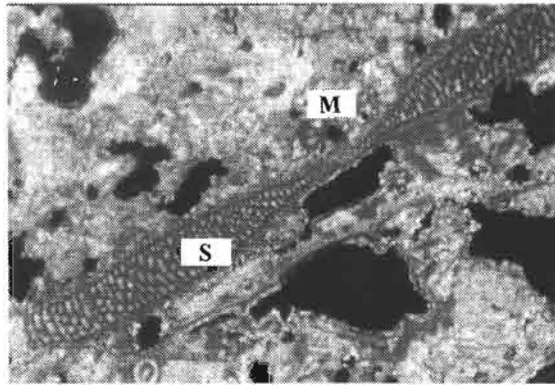
2. Foraminifères porcelanés non encroûtants

2.1. Soritidés

enroulement complexe, large puis serré

◆ *Sorites* sp.

◆ *Marginopora* sp.

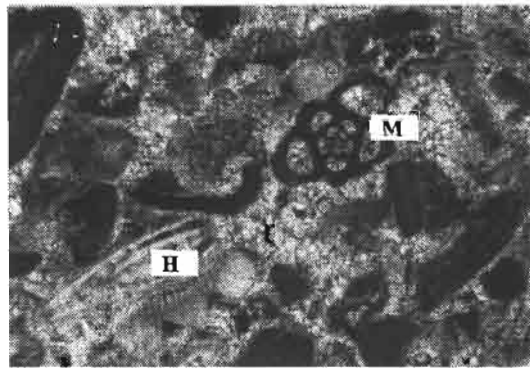


Soritidé « S » (88B2 gr.2,5X) et Miliole « M »

2.2. Miliolidés

test intact ; dépôt de calcite microcristalline sur les parois appaissant en brun ; sections opaques et granuleuses entre les parois

◆ Milioles



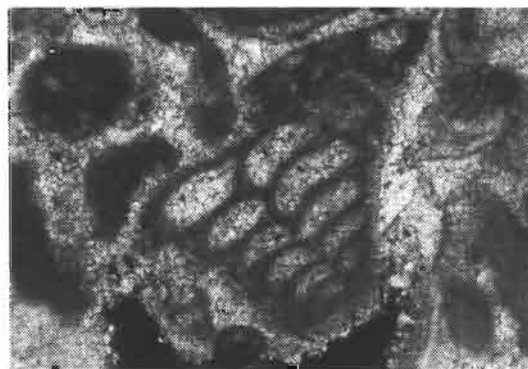
Miliole « M » (226B2 gr.4X) et Hétérostégine « H »

3. Foraminifères agglutinants

Textularidés- Arénacés

Agglutinats avec gangue bioclastique à fond micritique

◆ *Textularia* sp.



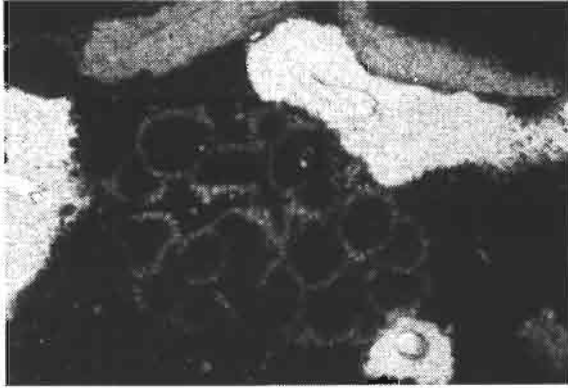
Arénacé (154B2 gr.4X)

4. Foraminifères encroûtants

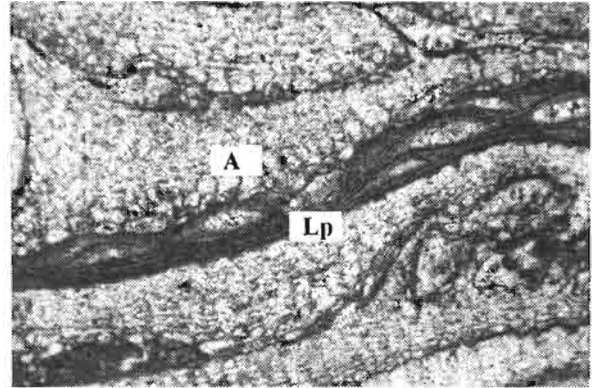
4.1. Acervulinidés

paroi tangentielle et quelques loges avec pores

◆ *Acervulina cf. inhaerens*



Acervulina cf. inhaerens (11B3 gr.4X)



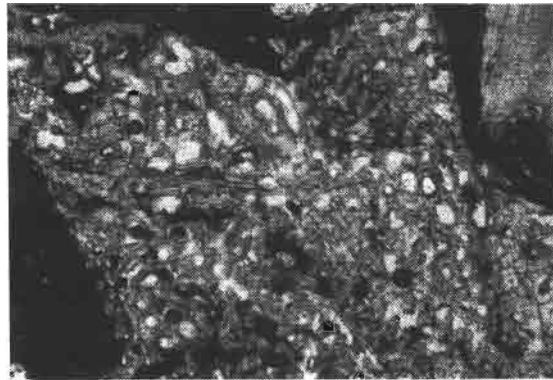
Encroûtement d'*Acervulina* « A »(155B3 gr.4X)
traversé par *L. pustulatum* « Lp »

4.2. Homotrématidés

paroi lisse

◆ *Homotrema rubrum*

◆ *Homotrema* sp.

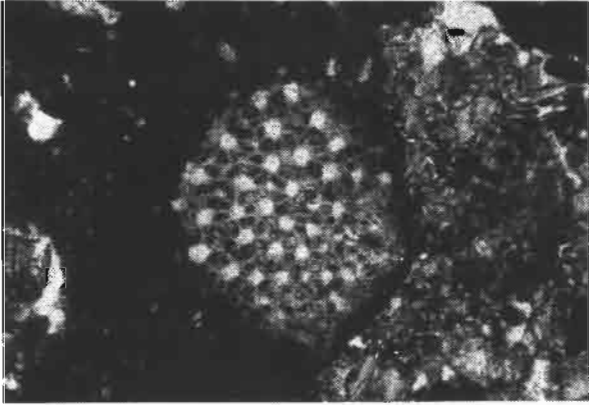


Homotrema rubrum (11B3 gr.4X)

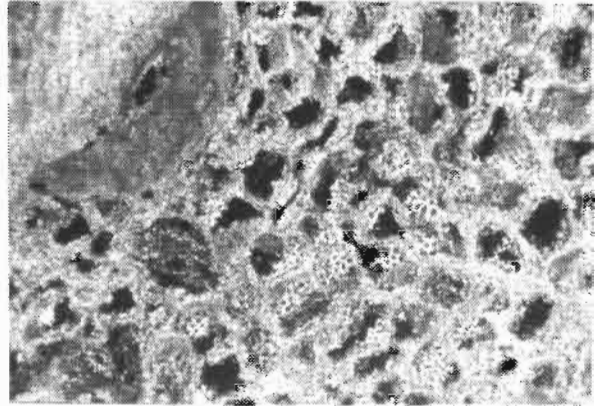
4.3. Sphaerogypsiniidés

paroi et loges avec pores

- ◆ *Sphaerogypsina* sp. ; *Sphaerogypsina globula*
- ◆ *Gypsina* sp.



Sphaerogypsine (11B3 gr.4X)

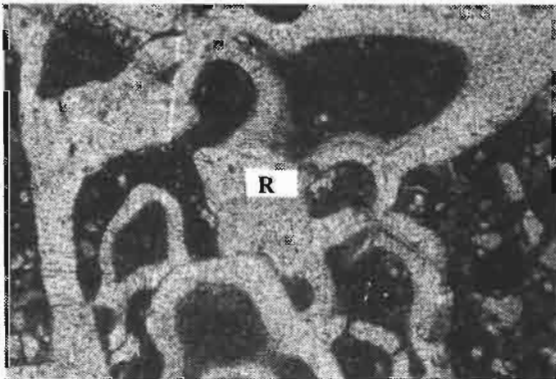


Gypsina (31B3 gr.10X)

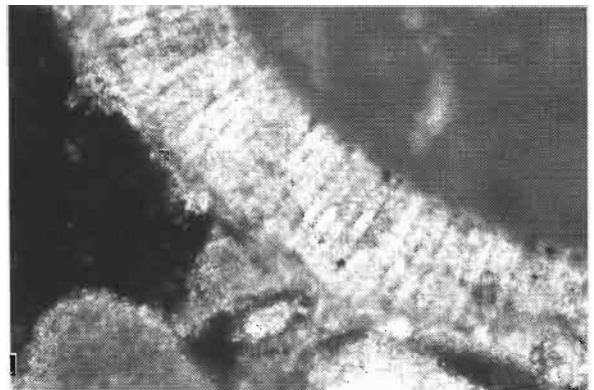
4.4. Rupertidés- Victoriellinidés

test conique trochospiralé à l'apex puis en forme d'anneaux avec peu de chambres ; structure fibreuse de la paroi

- ◆ *Carpenteria* sp.



Rupertidé « R » (11B3 gr.4X)



Détail de paroi de Rupertidé (31B3 gr.25X)

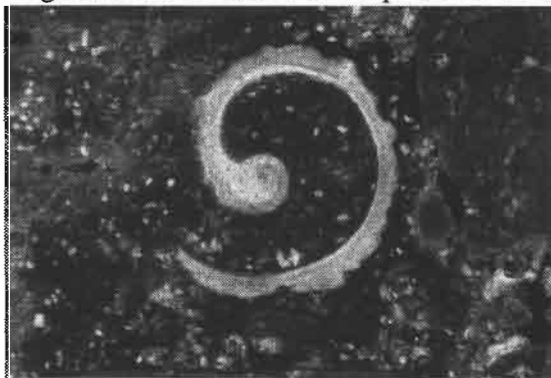
MOLLUSQUES

1. Gastéropodes

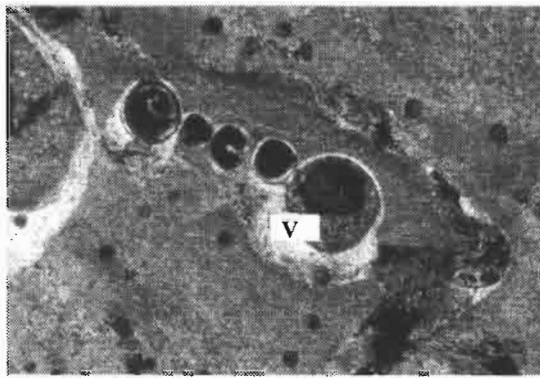
calcite aragonitique ; tours de la loge superposés ; 3 couches à fibres perpendiculaires, obliques et parallèles à la lumière du test

◆ Vermets

organisation tubulaire avec sparite de substitution



Débris de Gastéropode (3B2 gr.2,5X)



Section de vermétidé « V » (26B2 gr.2,5X)

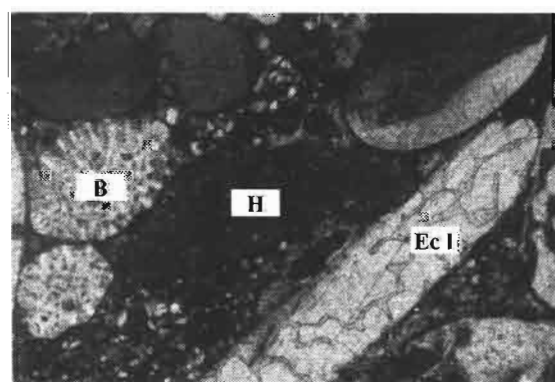
2. Lamellibranches

squelettes aragonitiques avec 3 couches ou à couche nacrée et prisme de calcite ou à test calcitique fibreux

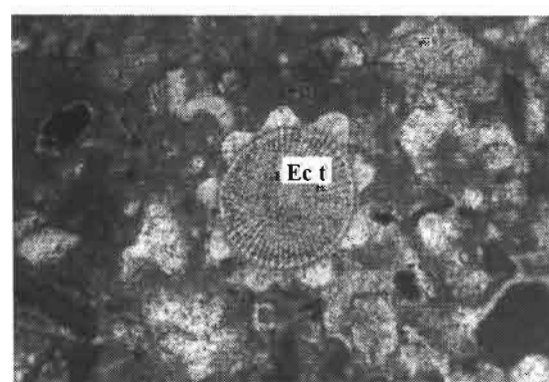
ECHINODERMES

Echinidés

Sections transversales ou longitudinales de piquants d'oursins ; extinction nette en lumière polarisée



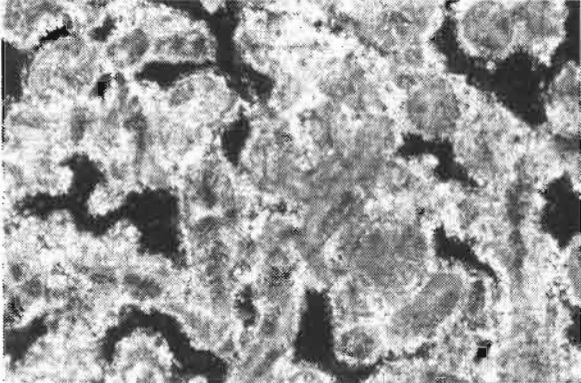
Section longitudinale de piquant d'oursin « Ecl » (3B2 gr.2,5X) et Baculogypsine « B » et article d'Halimeda « H »



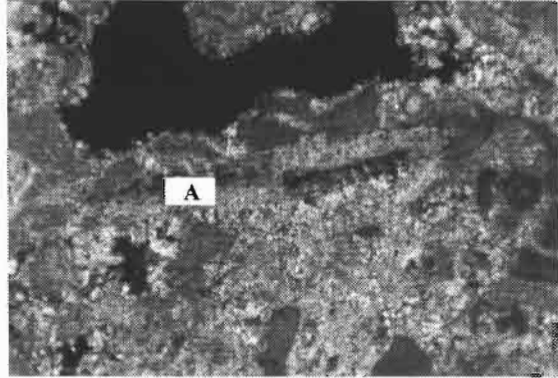
Section transversale de piquant d'oursin « Ect » (255B2 gr.4X)

ALCYONAIRES

Spicules avec croix noire en lumière polarisée



Spiculite d'alcyonaires (210B3 gr.10X)



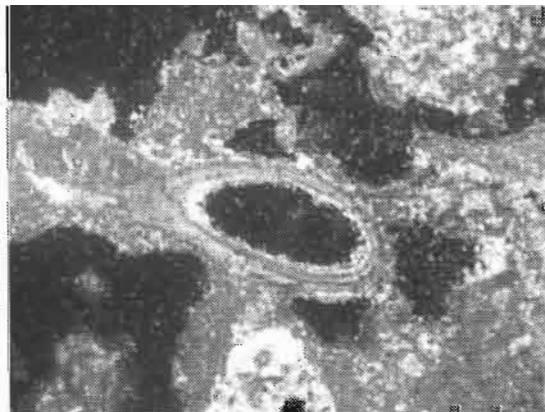
Spicule d'alcyonaire « A » (238B2 gr.4X) avec croix noire

BRYOZOAIRES

Présence de zoécies le long de l'axe de forme branchue

ANNELIDES

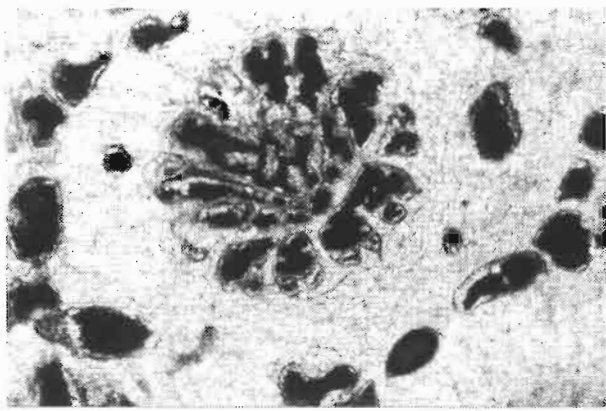
Tube calcaire d'Annélide Polychète ; couche micritique interne et structure lamelleuse calcitique



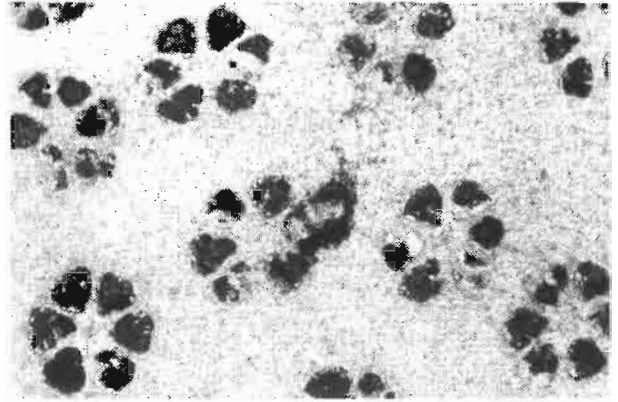
Section transversale de tube d'Annélide Polychète (171B2 gr.2,5x)

CORAUX

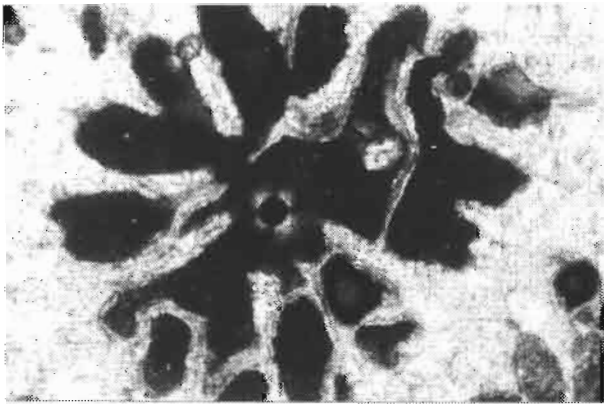
squelette aragonitique puis reminéralisé en calcite ; calices souvent intacts



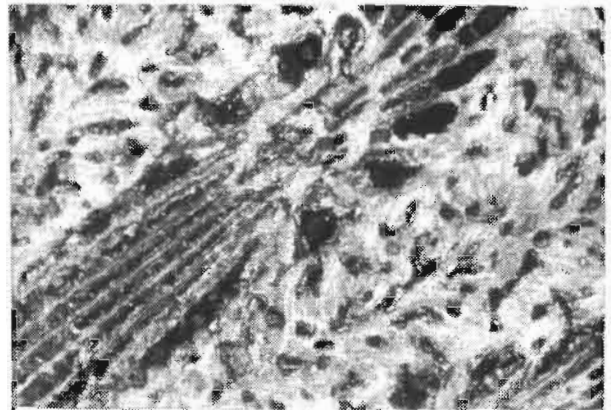
Calice de Poritidé (77B1 gr.2,5X)



Calice de Pocilloporidé (27B1 gr.2,5X)



Calice de Favidé (54B3 gr.2,5X)



Calice d'Acroporidé (62B1 gr.2,5X)