

Résultats préliminaires sur la sédimentologie du lagon des Chesterfield (Nouvelle-Calédonie)

Preliminary sedimentological results on Chesterfield lagoon (New Caledonia)

C. Chevillon & J. Clavier

Centre ORSTOM, BP A5,
Nouméa, Nouvelle-Calédonie

Résumé : Le lagon des Chesterfield, situé entre 19°00' et 20°00' de latitude sud et 158°10' et 159°00' de longitude est, couvre une surface d'environ 3500 km². 105 stations régulièrement réparties selon une grille de 3 miles, ont été échantillonnées à l'aide d'une benne Smith-McIntyre. La texture, la granulométrie, le pourcentage de carbonates dans la fraction fine et la couleur des sédiments ont été étudiés selon les techniques classiques de la sédimentologie. La moitié nord du lagon et l'extrême sud sont relativement protégés des alizés par la barrière récifale. La sédimentation fine est dominante (envasement modéré à très fort) dans ces secteurs où les sédiments sont du type sables très fins ou sables vaseux. Les sédiments d'arrière récif sont caractérisés par une prédominance des fractions vases et graviers (type gravelo-vaseux). Le reste du lagon est largement ouvert aux vents dominants; il présente un envasement généralement faible (<10%) et les sédiments y sont du type sables graveleux. La sédimentation, exclusivement d'origine biologique, est ultra-carbonatée avec toujours plus de 87% de CO₃ Ca dans la fraction fine. Les sédiments sont de couleur blanche ou jaune pâle.

Mots-clés : Fonds meubles, édifices coralliens, lagon, Mer de Corail, Nouvelle-Calédonie, sédimentologie.

Abstract : *Chesterfield lagoon which is located between 19°00' and 20°00' latitude south and 158°10' and 159° longitude east covers an area of about 3500 km². 105 stations regularly distributed on a 3 nautical miles grid were sampled using a Smith-McIntyre grab. Textural and granulometric characteristics, carbonate content of fine fraction and colour were studied according to conventional sedimentological methods. The northern and the extreme southern parts of the lagoon are relatively sheltered from trade winds by barrier reefs. In these parts fine sedimentation is predominant (moderate to very high mud facies) and textural sediment types range from very fine sand to muddy sand. Backreef sediments are characterized by a bimodal distribution with dominance of gravelly muddy sand. Other parts of the lagoon are much exposed to south-east trade winds. Their percentage of mud in the sediments is generally low (<10 %) and the textural sediment types are chiefly gravelly sand. Carbonate contents of the fine fraction are always greater than 87% with an average value of 93.7% (high carbonate facies). Sediment colours are always white or light yellow.*

Key-words : *Soft bottoms, reef structures, lagoon, Coral sea, New Caledonia, sedimentology.*

Introduction

Le vaste complexe récifal Chesterfield-Bellona émerge au milieu de la mer de Corail, à environ 200 milles de la Nouvelle-Calédonie. Le lagon des Chesterfield proprement dit occupe, au nord de cet ensemble, une surface d'environ 3500 km², entre 19°00' et 20°00' de latitude sud et 158°10' et 159°00' de longitude est (Fig. 1). Ce lagon est délimité par une barrière corallienne entrecoupée de larges passes, excepté sur sa bordure orientale où le récif est totalement absent sur plus de 20 milles. La majeure partie du plan d'eau est ainsi exposée aux vents alizés et aux houles océaniques de sud-est. D'une manière générale, la profondeur est importante avec une valeur moyenne de 57 m. La bathymétrie présente un gradient croissant du sud vers le nord où les sondes maximales atteignent 80 m (Missègue *et al.*, 1987). Sur le plan géomorphologique, deux secteurs principaux peuvent donc être distingués : la partie nord du lagon est large, profonde et bien délimitée par la barrière récifale tandis que la partie sud, plus étroite et moins profonde, est ouverte à l'est excepté dans l'extrême sud, au niveau de la corne délimitée par les îles longues, loop et les îlots du Mouillage. Les recherches sur les

Introduction

*The vast reef complex of Chesterfield-Bellona is situated in the midst of the Coral Sea, approximately 200 miles away from New Caledonia. Chesterfield lagoon which is located between 19°00' and 20°00' latitude south and 158°10' and 159° longitude east covers an area of about 3500 km² (Fig.1). This lagoon is surrounded by a barrier reef interrupted by wide passes except on its eastern side where it is open for over 20 miles. The major part of the lagoon is exposed to trade winds and to the south eastern oceanic swell. The lagoon is relatively deep with a mean depth of 57 m. The depth increases from south to north where maximum soundings are reached (Missègue *et al.*, 1987). From a geomorphological point of view, 2 areas can be distinguished: the northern part of the lagoon which is wide, deep and well surrounded by the barrier reef and the southern part which is narrower and shallower and open towards the east except in its southern-most extremity and which is fringed by the Long, Loop and Mouillage islands. The research carried out on the Chester-*

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 35405, ex 1

Cote : B M

P76

îles Chesterfield s'intègrent dans la vaste étude sédimentologique des lagons de Nouvelle-Calédonie réalisée dans le cadre du programme LAGON. Le présent document, issu des résultats de la campagne CORAIL 2 réalisée en juillet 1988 à bord du N.O. ALIS (Richer de Forges *et al.*, 1988), présente une description de la structure sédimentologique de la zone. L'interprétation de cette structure nécessite un dépouillement complémentaire des données et elle sera proposée ultérieurement.

field islands is part of the vast sedimentology study of the New Caledonian lagoons within the framework of the LAGON programme. This paper presents a description of the sedimentological structure of this area from the data collected on board the N.O. ALIS during the CORAIL 2 campaign in July 1988 (Richer de Forges *et al.*, 1988). The interpretation of this sedimentological structure will require further research which will be presented in a later paper.

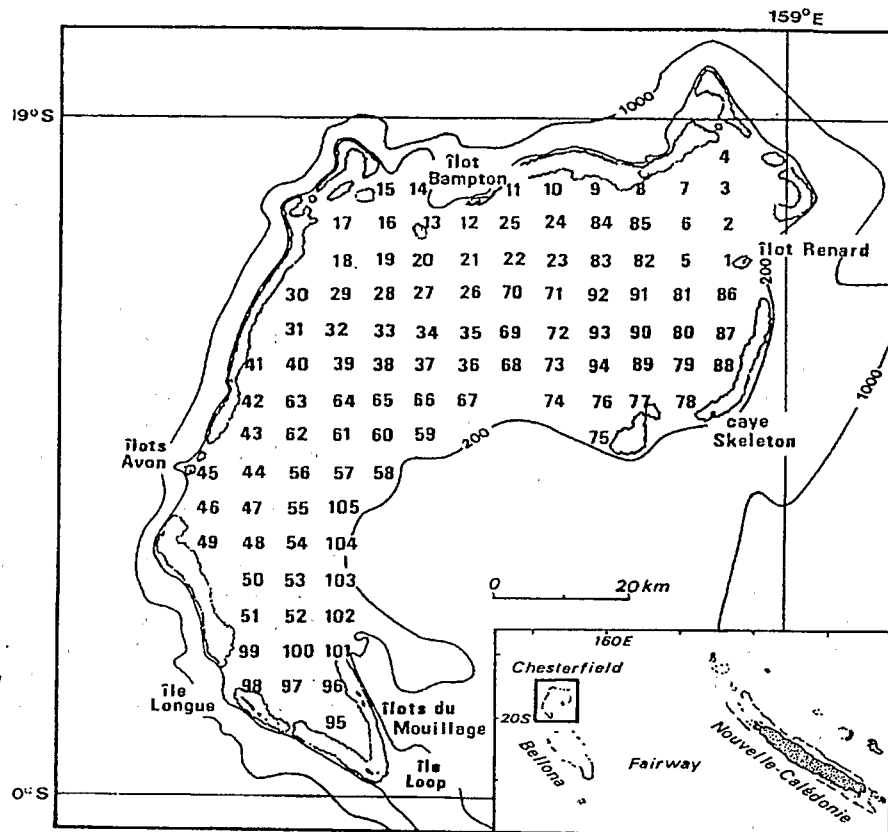


Figure 1. Situation géographique du lagon des Chesterfield et localisation des stations d'échantillonnage.
Figure 1. Geographical situation of the Chesterfield lagoon and sampling sites.

Matériel et méthodes

105 stations régulièrement réparties selon une grille de 3 milles (figure 1) ont été échantillonnées à l'aide d'une benne Smith-McIntyre pour une étude conjointe des sédiments et des peuplements macrobenthiques du lagon; 5 à 8 coups de benne ont été donnés sur chaque station. La couleur du sédiment ainsi récolté a été systématiquement identifiée à l'aide d'une table de Munsell (Munsell soil color charts). Au laboratoire, après homogénéisation, environ 400 g de sédiment ont été mis à sécher dans une étuve à 50°C pendant 3 jours. Cet échantillon a ensuite été pesé une première fois, puis les fractions sableuse et vaseuse ont été séparées par lavage sur un tamis de 63 µm. Le sédiment restant a été séché puis pesé avant d'être introduit dans une colonne granulométrique comportant les tamis suivants : 0.063, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 2.5, 4, 5, 8, 10, 16 et 20 mm. Le poids de chaque refus de tamis a été mesuré puis transformé en pourcentage du poids total de l'échantillon. Le pourcentage de vases a été calculé par différence pondérale avant et après tamisage sur 63 µm. Les valeurs ainsi obtenues ont d'abord servi de base à la détermination

Materials and methods

105 study sites covered a 3 mile grid (Fig 1) and were sampled using a Smith-McIntyre grab for a simultaneous study of the sediments and macrobenthic populations. From 5 to 8 grabs were taken at each site. The colour of the sediment thus sampled was systematically identified according to the Munsell soil colour chart. At the laboratory, and after homogenisation, approximately 400 g of sediment were dried in an oven at 50°C for 3 days. This sample was weighed a first time, then washed over a 63 µm sieve to separate the sandy from the silty fraction. The remaining sediment was dried, weighed and introduced into a granulometric column with the following sieves : 0.063, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 2.5, 4, 5, 8, 10, 16 and 20 mm. The fractions obtained at each level were weighed and expressed as a percentage of the total weight of the initial sample. The percentage of silt was calculated by subtracting weights before and after sieving through a 63 µm sieve. These values were used to determine different sedimentally

des types sédimentaires et à la cartographie des vases: Le cumul des pourcentages a ensuite permis la construction des courbes semi-logarithmiques de distribution des grains et le calcul des indices granulométriques (Folk & Ward, 1957; Folk, 1964; Weydert, 1971). Le taux de carbonates a été déterminé par calcimétrie sur la fraction fine (Chamley, 1966).

types and to map fine sediments. The cumulative addition of the percentages enabled to plot semi-logarithmic curves of particle size distribution and to calculate granulometric indices (Folk & Ward, 1957; Folk, 1964; Weydert, 1971). The carbonate content of the fine fraction was determined by calcimetry (Chamley, 1966).

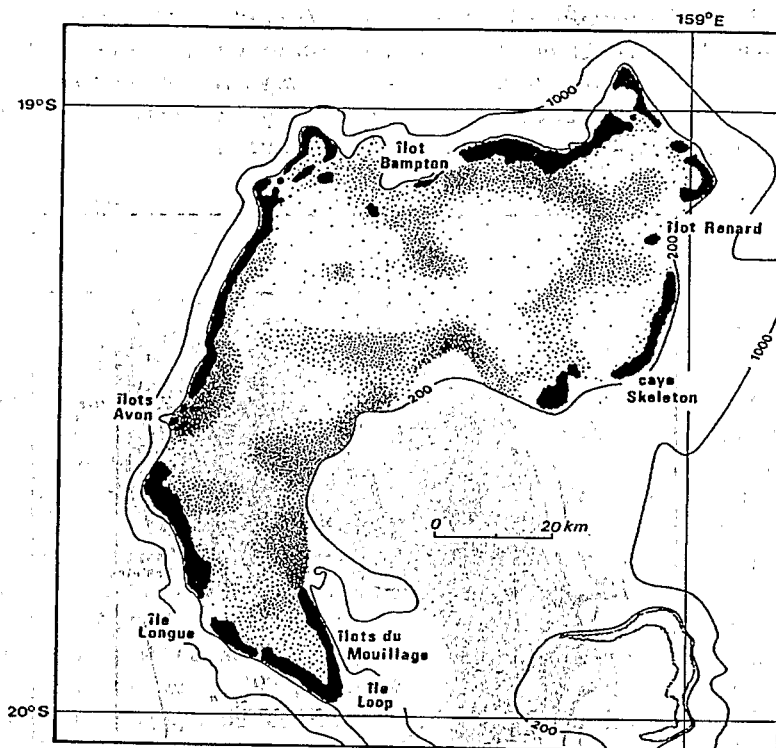


Figure 2. Répartition des zones riches en édifices coralliens dans le lagon des Chesterfield (la densité des points est proportionnelle au nombre de structures coralliennes immergées). *Figure 2. Distribution of areas rich in coral structures in the Chesterfield lagoon. The density of dotted areas corresponds to the number of submerged coral structures.*

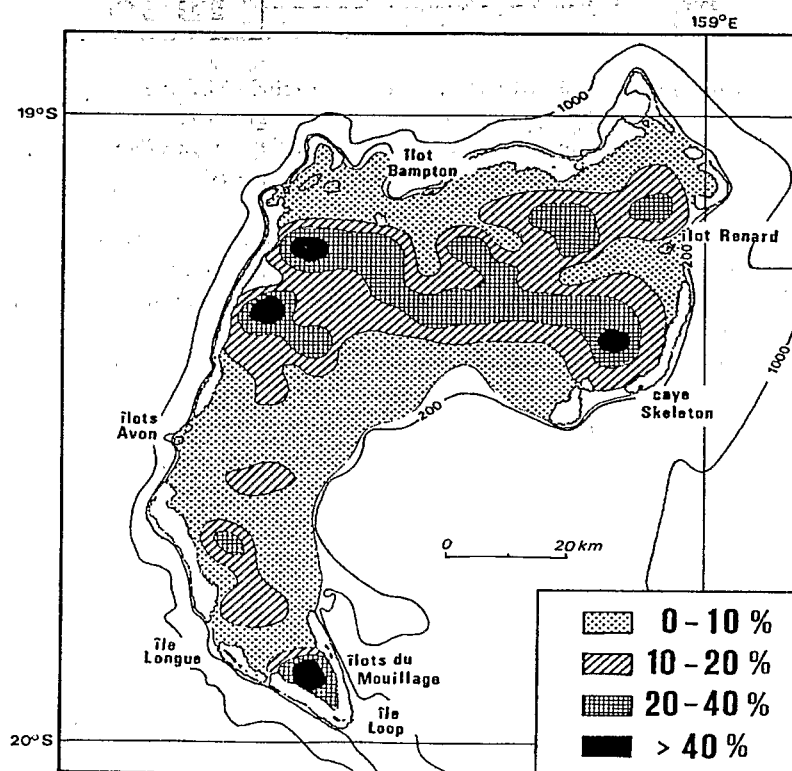


Figure 3. Distribution des vases, exprimées en % du poids total de sédiment, dans le lagon des Chesterfield. *Figure 3. Mud distribution, in percentage of total sediment weight, in the Chesterfield lagoon.*

Résultats et discussion

Au cours de notre échantillonnage, la benne a fréquemment prélevé des blocs de corail vivant. De fait, le fond du lagon des Chesterfield est parsemé de nombreux pâtés et massifs coralliens et les zones de substrat exclusivement meuble sont peu étendues. Dans ces conditions, toute mise en exploitation par chalutage des ressources halieutiques du lagon est compromise (Kulbicki *et al.*, 1990). Les structures coralliennes immergées, parfois hautes de plusieurs dizaines de mètres, influencent leur environnement sédimentaire; elles sont généralement entourées de débris

Results and discussion

The grab frequently removed blocks of live coral during sampling. The bottom of the lagoon is scattered with numerous coral heads and blocks, thus extensive soft bottom areas are rare. For this reason, trawling to exploit fish resources is impossible (Kulbicki *et al.*, 1990). Submerged coral structures, sometimes several meters high, influence their sedimentary environment: they are generally surrounded by biogenous debris which decrease in size with distance.

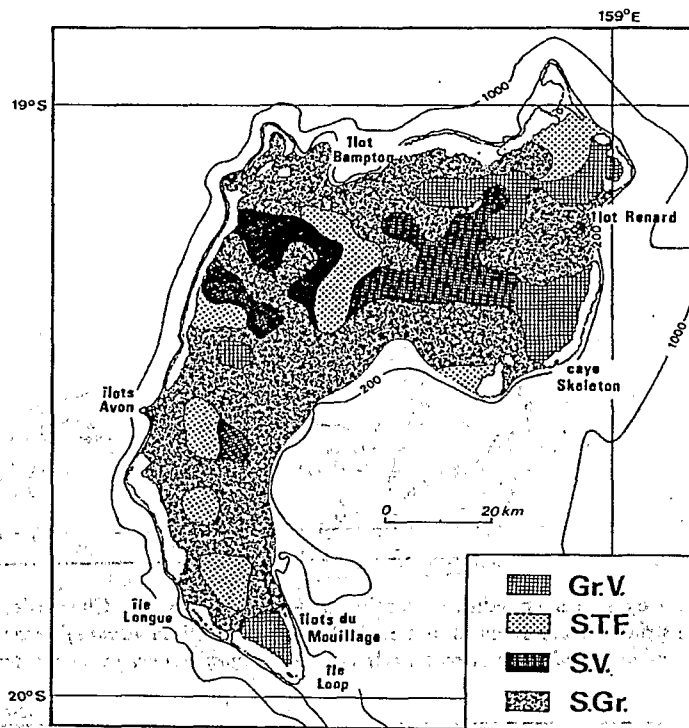


Figure 4. Répartition des faciès sédimentaires dans le lagon des Chesterfield (Gr.V.: gravelo-vaseux; S.T.F.: sables très fins; S.V.: sables vaseux; S.Gr.: sables graveleux).

Figure 4. Sedimentary facies distribution in the Chesterfield lagoon (Gr.V.: gravelly-mud, S.T.F.: very fine sands, S.V.: muddy sands, S.Gr.: gravelly sands).

biogènes dont la taille s'amenuise avec la distance. A partir de nos observations et après examen des bandes de sondeur, on estime que les massifs coralliens immergés occupent environ 20% de la surface du fond du lagon. Cette proportion est élevée en regard des autres lagons de Nouvelle-Calédonie (Clavier & Laboute, 1987; Chardy *et al.*, 1988). La répartition de ces fonds durs n'est pas homogène. Ils sont le plus fréquemment rencontrés à la périphérie du lagon et s'étendent souvent sur une largeur de plusieurs milles, y compris dans la partie sud-est dépourvue de récif (figure 2). L'envasement est relativement faible dans le lagon des Chesterfield (fig. 3): la teneur moyenne en vases est de 11.9%. Le faciès à vases dominantes n'est représenté que par un seul échantillon (63.8%). Les secteurs les plus envasés sont observés dans la corne de l'extrémité sud du lagon et au milieu de la partie nord: dans cette partie nord, les différents faciès d'envasement présentent une tendance concentrique depuis les faciès faiblement (<10%) ou modérément (10-20%) envasés dans les zones périphériques ou aux abords des

According to our observations and after going through the soundings data, we can estimate the coral masses to occupy roughly 20% of the bottom surface. This value is higher than recorded for other New Caledonian lagoons (Clavier & Laboute, 1987; Chardy *et al.*, 1988). The distribution of these hard bottoms is not homogenous. They generally occur on the edges of the lagoon and can sometimes spread over several miles, even in the south-east area which is exposed (Fig 2). The mud content in the Chesterfield lagoon (Fig. 3) is relatively low, the mean content being 11.9%. Only one sample presented a predominant mud facies (63.8%). Only the sediments of the southern tip of the lagoon and of the central northern part present maximum mud contents. Various mud facies are found in the northern part, from low (<10%) to moderate mud contents (10-20%) in the peripheral areas and near the passes and from high (20-40%) to very high mud contents (>40%) in the central part and under the lee of certain reefs.

passes, jusqu'aux faciès fortement (20-40%) ou très fortement (>40%) envasés dans la zone centrale et sous le vent de certains récifs. La distribution du faciès des sédiments très fortement envasés correspond sensiblement à celle des fonds supérieurs à 70 m. Elle s'apparente ainsi aux modèles classiques observés dans les atolls (Guilcher *et al.*, 1965; Tudhope *et al.*, 1985; Adjas, 1988) ou dans le lagon nord de Nouvelle-Calédonie (Chevillon & Clavier, 1988; Chevillon, 1990). Dans la partie ouverte du lagon, l'envasement ne dépasse jamais 20%; il est le plus souvent inférieur à 10%. Parmi les types sédimentaires reconnus (figure 4), celui des sables graveleux est le plus fréquent (57.2%); il s'étend préférentiellement au niveau des passes, des zones périphériques et de toute la partie ouverte du lagon. Les sables très fins (14.6%) ont une répartition plus complexe, on les retrouve indifféremment près de la barrière ou dans la partie médiane du lagon. Les sables vaseux représentent 18.4% des prélèvements et occupent le centre de la partie nord selon un tracé sensiblement calqué sur l'isobathe 70 m. Ils sont quasiment absents de la moitié sud du lagon. Enfin, les sédiments du type gravelo-sableux, fortement hétérométriques, sont les moins bien représentés (9.8%); ils sont cantonnés à la corne sud et à la partie sous le vent de certains îlots et récifs (caye Skeleton et nord de l'îlot Renard). La teneur en carbonates de la fraction fine est toujours supérieure à 87.8%; la valeur moyenne est de 93.7%. Ces caractéristiques placent le lagon dans le faciès des sédiments carbonatés purs (Maxwell, 1968; Orme *et al.*, 1978; Flood & Orme, 1988). L'examen microscopique du résidu de décarbonatation de quelques échantillons montre qu'il contient des éléments siliceux biogènes (frustules de Diatomées, spicules de Spongiaires, Radiolaires) et des éléments organiques (Cyanophycées, Dinoflagellés, exuvies d'Amphipodes). L'on est donc ici en présence d'une sédimentation ultra-carbonatée exclusivement d'origine biologique. Les sédiments sont toujours de couleur claire, blanche (79%) ou jaune pâle (10.5%), parfois parsemée de grains gris (9.5%) lorsque la profondeur est supérieure à 60 m. Un seul prélèvement, issu d'une zone relativement confinée de la corne sud, présente une couleur sombre (vert-olive). En ce qui concerne les indices granulométriques, les sédiments au triage médiocre (mal triés : 47.6%; très mal triés : 26.2%) dominant très nettement par rapport aux sédiments bien ou très bien triés (respectivement 20.4% et 5.8%). Les sédiments mal et très mal triés sont particulièrement fréquents dans la moitié nord du lagon. L'examen de la distribution des valeurs de l'asymétrie révèle un remarquable équilibre dans la production des particules fines et grossières. En effet, la fréquence des valeurs positives est exactement la même que celle des valeurs négatives à savoir 35.9%. Par ailleurs 28.2% des échantillons présentent des distributions de tailles des grains symétriques. L'on constate que globalement, les valeurs positives sont plus fréquentes dans les zones périphériques et aux abords des passes alors que les valeurs négatives se rencontrent plutôt dans les zones centrales du lagon ainsi que dans la corne sud. Les valeurs de l'indice de normalité montrent que les sédiments à normalité accusée ou très accusée prédominent (42.7%) sur les sédiments à normalité peu ou très peu accusée (29.1%). 29%

*Very high mud facies are generally found in areas of depths greater than 70 m. This concurs with a classic atoll model (Guilcher *et al.*, 1965; Tudhope *et al.*, 1985; Adjas, 1988) or with what is found in the northern New Caledonia lagoon (Chevillon & Clavier, 1988; Chevillon, 1990).*

*In the windward part of the lagoon, the mud content never exceeds 20%; most often it is less than 10%. Gravelly sand is the most frequent sedimentary type found (57.2%) (Fig. 4); it spreads preferentially around passes, peripheral areas and the exposed part of the lagoon. The distribution of very fine sands (14.6%) is not as clear, and can be found anywhere close to the reef or in the center of the lagoon. Muddy sands represent 18.4% of samples and occupy the center of the northern part of the lagoon, roughly following the 70 m isobath. Muddy sands are practically absent in the southern part of the lagoon. Lastly, gravelly sands, uneven in size, are the least represented (9.8%); they are found only in the extreme south and under the lee of certain islets and reefs (caye Skeleton and north of Renard Islet). Carbonate contents of the fine fraction are always greater than 87% with a mean value of 93.7%. These high contents place the lagoon amongst those with a pure carbonate facies (Maxwell, 1968; Orme *et al.*, 1978; Flood & Orme, 1988). Several samples were decarbonated and examined under a microscope and showed a biogenous and silicious content (Diatom frustules, Sponge spicules, Radiolarian) as also organic elements (blue-green Algae, Dinoflagellates, Amphipod molts). Thus, this sediment is ultra carbonated and exclusively of biological origin.*

The sediments are always light in colour, white (79%) or pale yellow (10.5%) and sometimes flecked with grey particles (9.5%) when from a depth greater than 60 m. Only one sample presented an olive-green colour and originated from a confined area of the southern tip of the lagoon. The granulometric indices showed a predominance of heterometric sediments (slightly heterometric: 47.6%, very heterometric: 26.2%) over homometric sediments (20.4%) or very homometric (5.8%). The heterometric and very heterometric sediments were particularly frequent in the northern half of the lagoon. The distribution of values of the asymmetry reveals a remarkable equilibrium in producing fine and coarser particles. Indeed, the frequency of positive values equals that of negative values, i.e. 35.9%. Moreover, 28.2% of the samples have a symmetrical grain size distribution. Overall, it seems that positive values are more frequent in the peripheral areas and around passes, whereas negative values are found mainly in the central lagoon and in the southern tip. Normality index values show a predominance of sediments with high to very high normality (42.7%) over those with a low to very low normality (29.1%). 29% of the samples have an average normality. Here

des prélèvements ont une normalité modérément accusée. Ici encore l'on observe une distinction très nette entre la moitié centrale nord du lagon et la corne sud, occupées par des sédiments à normalité peu ou très peu accusée (aires centrales et sous le vent de la barrière ou des îlots), et la partie médiane du lagon, ainsi que les zones de passes, où l'on trouve des sédiments à la normalité modérément à très accusée. Comme indiqué en introduction, l'on ne dispose pas de la totalité des données sédimentologiques relatives au lagon des Chesterfield, notamment de la composition bioclastique des sédiments; il serait donc prématuré de proposer une interprétation définitive de la structure observée. Toutefois, on peut affirmer que la scission du lagon en deux ensembles sur une base géomorphologique se justifie également sur le plan sédimentologique. L'absence de récif barrière sur le côté exposé aux vents dominants apparaît comme une caractéristique essentielle du milieu et coïncide avec une modification des paramètres granulométriques et texturaux.

again, a sharp contrast exists between the northern half of the lagoon and the southern tip where sediments are of low or very low normality (central areas and under the lee of the reef and islets) and the central lagoon together with the passes where sediments are of moderate to very high normality. As mentioned in the introductory part, the sedimentological data of the Chesterfield lagoon are incomplete especially with regards to the bioclastic composition of the sediments.

It is thus premature to offer a definite interpretation of the observed structure. However, the separation of the lagoon into 2 areas based on its geomorphology is also justified when based on its sedimentology. The fact that the lagoon is open to dominant winds on one side is an essential characteristic and coincides with the modification of granulometric and textural parameters.

Références

- Adjas, A., 1988. Sédimentologie comparée de quelques modèles lagonaires actuels des milieux récifaux coralliens du Pacifique (Nouvelle-Calédonie, Polynésie). *Thèse Doct. Univ. Provence* : 340 pp.
- Chamley, H., 1966. Guide des techniques du laboratoire de Géologie Marine de Luminy : 198 pp.
- Chardy, P., Chevillon, C. & Clavier, J., 1988. Major benthic communities of the south-west lagoon of New-Caledonia. *Coral Reefs* 7 : 69-75.
- Chevillon, C., 1988. Biosédimentologie du Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie. *Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille II* : 255 pp.
- Chevillon, C. & Clavier, J., 1988. Sedimentological structure of the northern lagoon of New-Caledonia. *Proc. 6th Int. Coral Reefs Symp., Townsville* 3 : 425-430.
- Clavier, J. & Laboute, P., 1987. Connaissance et mise en valeur du lagon nord de la Nouvelle-Calédonie : premiers résultats concernant le bivalve pectinidé *Amusium japonicum balloti* (étude bibliographique, estimation de stock et données annexes). *Rapp. sci. tech. : Sci. Mer, Océanogr. Biol., ORSTOM Nouméa* 54 : 38 pp.
- Flood, P.G. & Orme, G.R., 1988. Mixed siliclastic/carbonate sediments of the northern Great Barrier Reef province, Australia. In : Carbonate-clastic transitions, L.J. Doyle & H.H. Roberts eds., Elsevier : 175-205.
- Folk, R.L., 1971. Petrology of sedimentary rocks. Austin, Hemphill's : 154 pp.
- Folk, R.L. & Ward, W.C., 1957. Brazos river bar : a study of significance of grain size parameters. *J. Sedim. Petrol.* 27 : 3-26.
- Guilcher, A., Berthois, L., Le Calvez, Y., Battistini, R. & Crosnier, A., 1965. Les récifs coralliens et le lagon de l'île de Mayotte (Archipel des Comores, Océan Indien) : géomorphologie, sédimentologie, hydrologie, foraminifères. *Mém. ORSTOM, Paris* 11 : 1-210.
- Kulbicki, M., Baillon, N., Morize, E. & P. Thollot, 1990. Campagne CORAIL 1 de chalutage exploratoire aux îles Chesterfield et à Lansdowne ("N.O. ALIS" - 15 août au 4 septembre 1988). *Rapp. sci. tech. : Sci. Mer, Océanogr. Biol., ORSTOM Nouméa* 56 : 28 pp.
- Maxwel, W.G.H., 1968. Atlas of the Great Barrier Reef. Elsevier, Amsterdam, London, New York : 258 pp.
- Missègue, F., Daudre, B., Collot, J.Y. & Jamet, F., 1987. Carte bathymétrique du plateau des Chesterfield *ORSTOM Nouméa*.
- Orme G.R., Flood, P.G. & Sargent, G.E.G., 1978. Sedimentation trends in the lee of the outer (ribbon) reefs, Northern region of the Great Barrier Reef Province. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 291 : 85-99.
- Richer de Forges, B., Chevillon, C., Laboute, P., Bargibant, G., Menou, J.L. & Tirard, P., 1988. La campagne CORAIL 2 sur le plateau des îles Chesterfield (N.O. "Coriolis" et N.O. "Alis", 18 juillet au 6 août 1988). *Rapp. sci. tech. : Sci. Mer, Océanogr. Biol., ORSTOM Nouméa* 50 : 68 pp.
- Tudhope, A.W., Scoffin, T.P., Stoddart, D.R. & Woodroffe, C.D., 1985. Sediments of Suvarrow atoll. *Proc. 5th Int. Coral Reef Congr., Tahiti 1985*, 6 : 611-616.
- Weydert, P., 1971. Sédimentologie et hydrodynamique d'une coupe de la partie médiane du Grand Récif de Tuléar (SW Madagascar). *Téthys, suppl.* 1 : 237-280.