

004

RECHERCHES SUR LE RELIEF ET LA SEDIMENTOLOGIE  
DU PLATEAU CONTINENTAL DE L'EXTREME SUD DE MADAGASCAR \*

par

[Léopold BERTHOIS]

\*Professeur à l'Ecole d'Agriculture de Rennes

[René BATTISTINI]

Directeur du Laboratoire de Géographie de l'Université de Madagascar

Alain CROSNIER

Océanographe à l'O.R.S.T.O.M.

INTRODUCTION

Les connaissances relatives au relief du plateau continental de l'Extrême Sud de Madagascar sont très réduites. Les seuls documents existants sont les cartes marines : n°4177 (Edition de 1952) à l'échelle de 1/850 620 qui ne donne qu'un petit nombre de sondes et où les limites du plateau continental sont imprécises, et n°5962 (Publication de 1953) à l'échelle de 1/312 423 qui ne couvre que l'extrémité NW de la région étudiée.

En ce qui concerne la sédimentologie, les connaissances sont encore moindres puisque ces cartes ne comportent pas d'indications relatives à la nature des fonds dans la zone qui nous intéresse. Une reconnaissance, même rapide, de toute cette région, à l'aide d'un bâtiment muni d'un sondeur à ultrasons et d'un treuil de dragage, nous a paru, dans ces conditions, devoir présenter un réel intérêt.

Grâce à la Direction du Service de l'Elevage, et en particulier à l'intervention de M. CHARBONNIER, qui dirige la Division des Pêches à Majunga,

-----  
\* Manuscrit reçu le 31 mars 1964.

O. R. S. T. O. M.

Collection de Mémoires  
Extrait des CAHIERS Océanographiques, XVI<sup>e</sup> année, n° 7, juillet-août 1964

n° 17440 ep 1

30 OCT. 1964

nous avons pu utiliser le bateau de recherche du Service de l'Elevage, l'"Alexis Lalanne", thonier de 17 tonnes, pour une mission d'une durée de 18 jours, en avril 1960. Nous tenons à le remercier ici, ainsi que le Commandant RICHONNIER qui a établi la route et fait le point des stations de dragage.

Dix coupes ont été effectuées à travers le plateau continental dont neuf perpendiculairement à la ligne de rivage, représentant au total environ 400 milles de route. Ces coupes ont permis de fixer la position du rebord du plateau continental en 9 endroits, échelonnés entre Androka et Fort-Dauphin, et donnent une bonne idée du relief du fond entre la côte et ce rebord. Pour des raisons techniques il n'a pas été possible, avec le sondeur employé, qui était un sondeur de pêche "Atlas", d'explorer au-delà de 200 m de profondeur. Une grande transversale de 44 milles a été en outre effectuée en face du littoral tatsimo, ainsi qu'un itinéraire d'environ 130 milles sensiblement parallèle à la direction générale de la ligne de rivage, entre le cap Ste-Marie et Fort-Dauphin.

58 prélèvements de sédiments, entre - 16 m et - 112 m, ont été effectués à l'aide de la drague à cônes, à intervalles les plus réguliers possibles, le long de ces dix coupes et de la grande transversale.

Le travail sur le terrain a été effectué par R. BATTISTINI et par A. CROSNIER. L'étude des sédiments recueillis est l'oeuvre de L. BERTHOIS, qui a rédigé la partie sédimentologique de ce travail (à l'exception du paragraphe relatif aux fonds de galets) et les figures correspondantes. La partie relative au relief sous-marin est due à R. BATTISTINI, ainsi que la coordination générale du mémoire<sup>✱</sup>.

## I - LE RELIEF SOUS-MARIN

### 1) L'extension du plateau continental

Le plateau continental est très réduit en largeur, entre le delta du Mangoky et celui de la Linta, séparés l'un de l'autre par environ 400 km. Il s'étend au contraire largement de part et d'autre de ce secteur, atteignant sa largeur maximale d'une part en face du cap St-André, d'autre part en face du cap Ste-Marie.

La carte marine n°4715 à l'échelle de 1/45 000 de la baie de St-Augustin et des abords de Tuléar montre qu'une coupure majeure, correspondant à un canyon sous-marin, existe en face de l'embouchure de l'Onilahy. La tête de canyon, dont l'étude reste à faire, pénètre à l'intérieur même de la baie

<sup>✱</sup> Le 3ème chapitre de ce mémoire, intitulé "Etude granulométrique des sédiments" paraîtra dans un prochain numéro des "Cahiers Océanographiques".



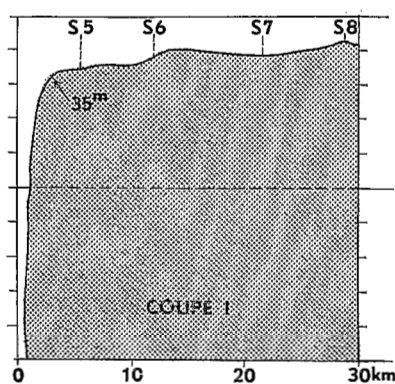


Fig.2 Restitution du profil du fond selon les coupes I et II

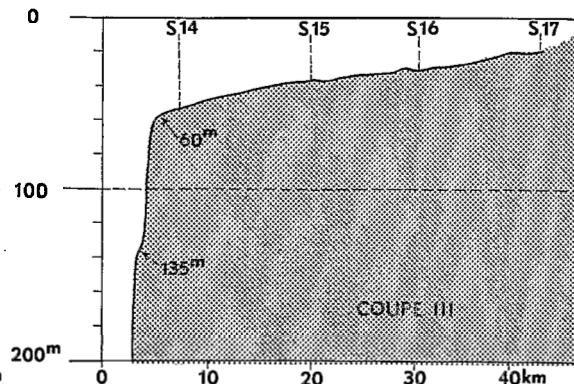


Fig.3 Restitution du profil du fond selon les coupes III et IV

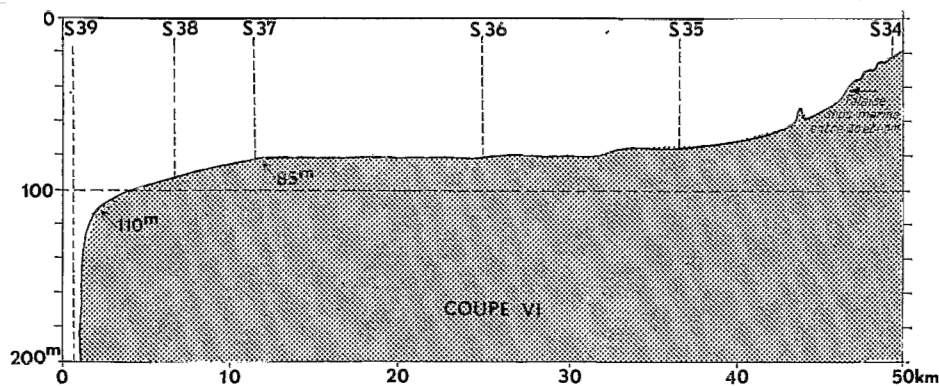
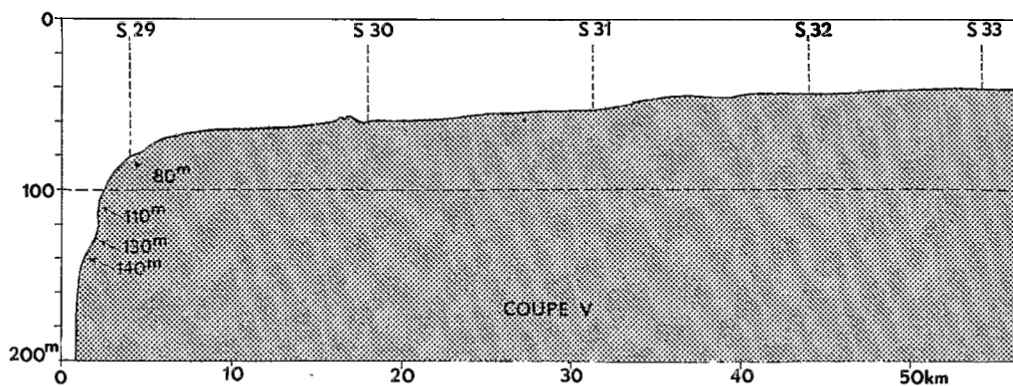
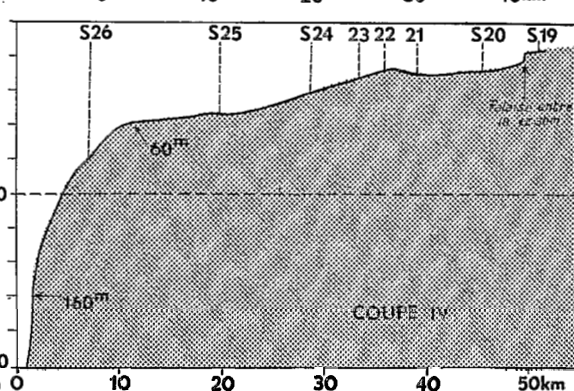
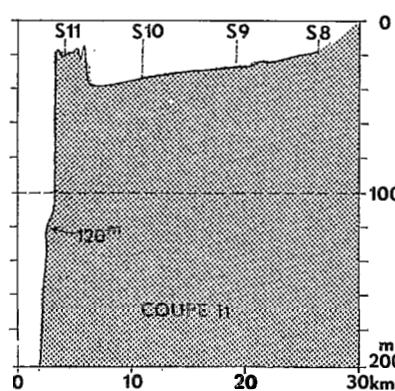


Fig.4 Restitution du profil du fond selon les coupes V et VI

de St-Augustin. On le suit au moins jusqu'à 1700 m de profondeur. Le petit nombre de sondes ne permet malheureusement pas de s'en faire une idée suffisamment précise, mais il semble que nous soyons devant un exemple particulièrement beau de ce type de relief sous-marin.

Au Sud de la baie de St-Augustin, le domaine des grands fonds reste très proche de la ligne de rivage. La carte marine n°4177 donne une sonde de 1710 m à 8 milles au large du récif frangeant de Beheloka. Durant notre mission, l'"Alexis Lalanne" s'est maintenu continuellement, entre la baie de St-Augustin et le Cap Andriamanao près d'Androka, par fonds supérieurs à 200 m, en naviguant entre 5 milles et 10 milles au large de la côte mahafaly.

En approchant la côte, au Nord du cap Andriamanao, le rebord du plateau continental a été trouvé à 4 milles de la ligne de rivage (avant la station n°1).

En face d'Androka, on atteint aussi ce rebord très rapidement à 1 mille au large du récif frangeant.

C'est seulement au Sud du delta de la Linta que le plateau continental commence à se développer en largeur en même temps que le domaine des grandes profondeurs s'éloigne progressivement de la côte. En face de la pointe de Beravo, cette largeur est de 8 milles, puis de 20 milles en face du delta de la Menarandra (coupe III), de 33 milles en face de Lavanono (coupe IV), enfin de 37 milles dans une direction Sud-Ouest à partir du cap Ste-Marie (coupe V).

C'est en face du Cap Ste-Marie que le plateau continental est le plus large. Selon la coupe VIII, en face d'Ankatravitra, le rebord n'est atteint qu'à 38 milles de la ligne de rivage, soit 68,4 km.

On ignore quelle est exactement la largeur du plateau continental entre le cap Ste-Marie et l'embouchure du Mandrare. Les coupes IX et X n'ont pu être menées, en effet, jusqu'à la retombée sur les grands fonds. Mais ce qui est certain, c'est que dans l'axe de ces coupes cette largeur est respectivement d'au moins 27 milles et 28 milles (éloignement du littoral des stations S 61 où la profondeur est de 76 m, et S 62 où la profondeur est de 117 m).

La coupe VII, qui a été menée jusqu'à la retombée sur les grands fonds, donne une largeur de 31 milles au plateau continental en face de l'embouchure du Mandrare. En face de Fort-Dauphin, cette retombée se fait de même à une trentaine de milles de la côte (coupe VI).

Au Nord de Fort-Dauphin, le plateau continental perd à nouveau rapidement de sa largeur en face de la plaine côtière orientale. La carte marine

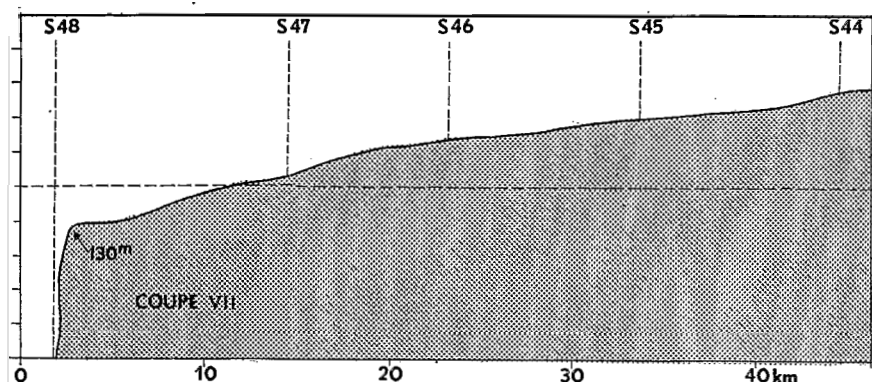


Fig.5 Restitution du profil du fond selon les coupes VII et VIII

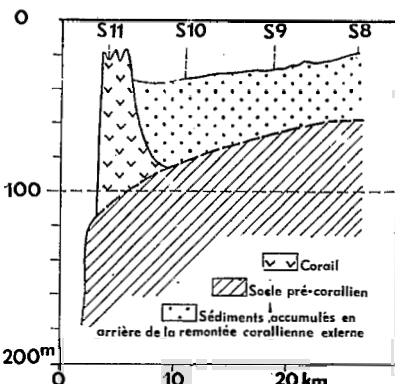
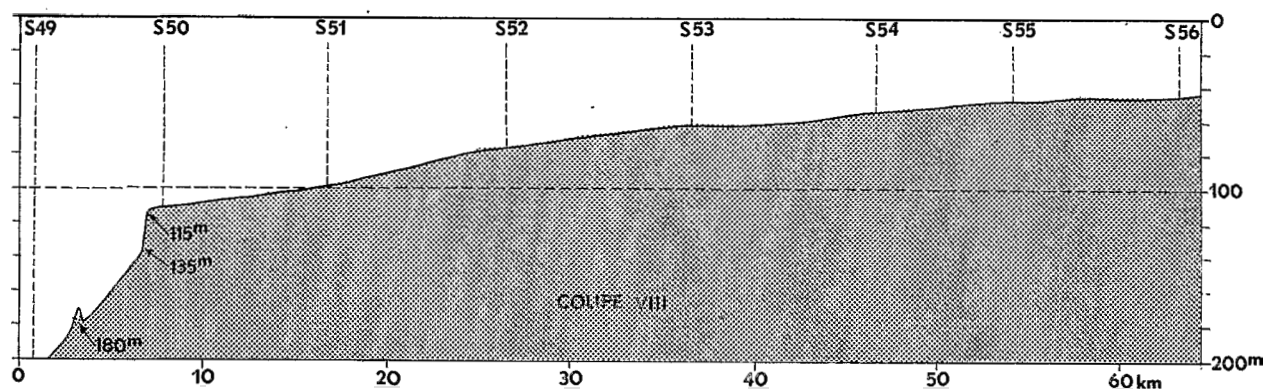


Fig.6 Interprétation de la structure du plateau continental selon la coupe II



n°4177 porte une sonde de 777 m à 22 milles du littoral en face d'Ambanihaz (entre Fort-Dauphin et Manantenina), tandis que l'on a 224 m à 38 milles au large. Plus au Nord, la largeur du plateau continental se stabilise entre 10 et 15 milles, en face de Vohipeno.

## 2) Le début de la retombée sur les grands fonds

Nous ne connaissons l'allure de cette retombée qu'en un nombre très limité d'endroits sur le tracé des coupes. Malgré cela, il apparaît que le rebord du plateau continental se présente assez différemment selon les lieux. Ces différences résident d'une part dans la profondeur à laquelle s'amorce la descente sur les grands fonds; d'autre part dans l'allure même et la valeur de la pente.

Dans la partie occidentale (abords du Banc de l'Etoile), la rupture de pente marquant le rebord externe du plateau continental est à faible profondeur. En face de la pointe de Beravo et de l'embouchure de la Linta, la retombée sur les grands fonds se produit brutalement dès - 30 m sur la coupe I, et dès

- 20 m sur la coupe II. Vers le Sud cette rupture de pente est un peu plus profonde : elle se situe à - 60 m sur la coupe III, et s'amorce aussi à cette même profondeur, mais beaucoup moins brutalement, sur la coupe IV.

Au Sud-Ouest du cap Ste-Marie (coupe V) ce n'est qu'entre - 70 et - 80 m que s'amorce la descente.

Dans la partie méridionale et orientale du plateau continental de l'Extrême-Sud, l'amorce de cette retombée sur les grands fonds est située, sur toutes les coupes, partout au-dessous de - 100 m : à - 110 mètres sur la coupe VI; à - 125 m sur la coupe VII; à - 115 m sur la coupe VIII. Le long des coupes IX et X, qui n'ont pas été poursuivies jusqu'à cette retombée, le plateau continental se poursuit au-delà de - 76 m (coupe IX) et de - 110 m (coupe X).

Le second élément de différenciation réside dans la forme même du rebord, et dans la valeur de la pente. Nous nous heurtons malheureusement ici à des difficultés dans l'interprétation des bandes de sondage, car on n'est jamais certain que la coupe suive la direction de la plus grande pente. En réalité, toute coupe a un tracé plus ou moins oblique par rapport à cette direction, et les valeurs de pentes observées dépendent de cette obliquité. Dans certains cas (coupe I et grande transversale entre S 39 et S 44) c'est de manière délibérée, pour des raisons de navigation, que le talus continental a dû être abordé ainsi, très obliquement.

Ces réserves faites, il apparaît toutefois que, selon les endroits, l'amorce de la descente sur les grands fonds se fait de manière plus ou moins brutale.

Dans la partie Nord-Ouest, en face d'Androka et du banc de l'Etoile, la retombée est partout brutale, caractérisée par une rupture de pente nette à laquelle succède une descente fortement inclinée. Même lorsque le talus continental a été abordé très obliquement, comme dans le cas de la coupe I, la valeur de la pente est notable : 14 % en moyenne entre - 30 m et - 200 m.

Le long des coupes II et III, la pente jusqu'à - 200 m se divise curieusement en deux sections, séparées par une rupture nette respectivement à - 120 m et à - 135 m. La section supérieure possède une pente moyenne de 12 % dans le premier cas, et de 10 % dans le second cas. La section inférieure, en-dessous de 120 m et de 135 m, est en pente plus forte, de l'ordre de 15 à 20 %. La pente s'accroît encore aux approches de - 200 m. Nous examinerons plus loin quelle interprétation peut être donnée à cette disposition.

Les autres exemples de retombée brutale en pente forte ont été observés sur les coupes VI et VII, respectivement en face de Fort-Dauphin et de l'embouchure du Mandrare.

En face de Fort-Dauphin (entre S 38 et S 39), la descente s'amorce vers - 110 m par une pente assez faible au départ, de 3 % seulement en moyenne aux environs de - 120 m, mais passant à 8 % à - 130 m, et à 20 % à - 180 m.

En face de l'embouchure du Mandrare, la coupe VII présente une accentuation progressive de la pente très comparable, entre - 130 m et - 200 m, atteignant aussi environ 20 % à cette profondeur.

Selon les coupes IV et V au Sud-Ouest du cap Ste-Marie, c'est d'une manière encore plus progressive que s'amorce la retombée sur les grands fonds. Sur la coupe IV, la rupture de pente qui marque l'amorce de cette retombée se situe aux environs de - 60 m. Dans une première section, le profil ne descend que de 20 m en 5 km, soit une pente moyenne de 4 pour 1000. A - 80 m une nouvelle rupture de pente amorce une nouvelle section où la pente moyenne est de 1,1 % sur 4 km. Enfin, à partir de - 150 m, la pente augmente rapidement jusqu'à 10 %. Sur la coupe V, l'augmentation de la pente avec la profondeur est très comparable, entre - 60 m et - 200 m.

La coupe VIII, menée au Sud-Sud-Est du Cap Ste-Marie, présente une retombée d'un type très particulier. Le plateau continental se termine à - 115 m par une falaise de 20 m de dénivellation, en pente de 10 % à 15 %. A partir du pied de cette falaise on descend très régulièrement, en 6,5 km, de - 135 m à - 180 m, la pente moyenne étant dans cette section voisine de 7 o/oo. Au-dessous de - 180 m, le relief du fond devient plus irrégulier, accidenté de pitons ou de buttes d'une dizaine de mètres de hauteur relative. Il est probable qu'il s'agit là d'un fond rocheux. Mais la pente moyenne n'augmente pas notablement, et aux environs de - 200 m elle reste voisine de 1 %.

### 3) Le relief du plateau continental aux abords des récifs de l'Etoile.

C'est la seule partie corallienne du plateau continental de l'Extrême-Sud. Les masses récifales principales sont le récif frangeant d'Androka, les îles de Nosy Vorona et de Nosy Manitsa qui sont deux récifs à caye de sable in-submersible, enfin les récifs de l'Etoile proprement dits, qui émergent en deux endroits à basse mer.

On retrouve dans ce secteur la disposition classique décrite dans le Nord-Ouest de Madagascar (A. GUILCHER 1956), et qui existe aussi dans l'Ouest en face de Morondava; caractérisée par une barrière corallienne en partie ennoyée à l'accoré des grandes profondeurs, et déterminant une remontée brutale des fonds sur la bordure externe du plateau continental. Cette barrière corallienne externe n'est pas continue puisqu'elle n'a pas été rencontrée sur la coupe I. Entre le tracé des coupes I et II elle est jalonnée par l'affleurement à basse mer des deux récifs de l'Etoile, qui émergent à l'accoré des grands fonds. Le coupe II, passant au Sud de ces récifs, a rencontré dans leur prolongement une brusque remontée des profondeurs, de 40 m

à 20 m. Il s'agit d'un bourrelet corallien sous-marin, d'une largeur de 2,5 km, situé sur le bord le plus externe du plateau continental. La nature corallienne du fond est déduite, d'une part, de la présence de nombreux pitons qui accidentent la bande de sondage, d'autre part, des résultats des dragages en S 11 : en trois essais les cônes ont chaque fois accroché en cet endroit des fonds durs, ramenant seulement des petits morceaux de corail et de maerl.

La barrière ennoyée ne semble pas se prolonger vers le Sud au-delà de la latitude du cap Ste-Marie. Elle n'a pas été rencontrée sur la coupe III, qui montre une augmentation régulière de la profondeur jusqu'à 60 m, où commence la descente brutale sur les grands fonds, ni sur les coupes suivantes. Les dragages en S 14, S 25 et S 26, S 29 et S 30, n'ont pas ramené non plus de corail.

Nous avons écrit que sur les coupes II et III, la pente externe descendant sur les grands fonds était coupée à - 120 m sur la coupe II, et à - 135 m sur la coupe III, par une rupture séparant nettement une section supérieure d'une section inférieure. Sur la coupe II, la section supérieure (entre - 20 m et - 120 m) correspond sans aucun doute à la pente extérieure de la barrière corallienne. Il est permis d'interpréter l'anomalie relevée dans l'aspect de la pente à - 120 m par le contact entre la série corallienne et un socle précoralien, sur lequel la barrière reposerait à cette profondeur. Cela expliquerait pourquoi cette même anomalie se rencontre dans la coupe III, à une profondeur très voisine (135 m). On peut remarquer que cette profondeur est à peu de chose près celle du rebord du plateau continental sur les coupes VII (130 m), VIII (115 m), et VI (110 m). Dans cette hypothèse, la structure de cette partie du plateau continental serait telle que nous l'avons représentée sur la figure 6. Les sédiments, surtout terrigènes près de la côte (S 8; S 9), davantage coralliens à proximité de la barrière (S 10), se seraient accumulés dans l'étroit bassin compris entre la ligne de rivage et la remontée corallienne externe, qui verrouille en quelque sorte le plateau continental vers le large en cet endroit. C'est sans doute l'explication des faibles profondeurs du plateau continental dans cette partie située au Nord du parallèle du cap Ste-Marie.

#### 4) Le relief du plateau continental en face du cap Ste-Marie

Le plateau continental s'élargit en face du cap Ste-Marie. Sa largeur n'est encore que de 40 km dans l'axe de la coupe III; puis de 50 km dans celui de la coupe IV; les coupes V et VIII menées en face du cap, respectivement vers le Sud-Ouest et vers le Sud-Sud-Est, indiquent en ces endroits une largeur de 60 km dans l'axe de la coupe V, et de 63 km dans l'axe de la coupe VIII.

Le long de ces quatre coupes la descente est progressive depuis le zéro des plus basses mers jusqu'à l'amorce du talus continental, sans qu'il y ait de bourrelet externe comparable à celui de la coupe II. La pente moyenne

du plateau continental est de 1,5 o/oo dans l'axe de la coupe III; de 1,2 o/oo dans l'axe de la coupe IV; de 1,3 o/oo dans l'axe de la coupe V; enfin de 1,8 o/oo dans l'axe de la coupe VIII.

Dans le détail, la répartition des profondeurs est plus complexe. On remarque en effet que les profondeurs d'une trentaine de mètres sont atteintes partout rapidement à proximité immédiate de la ligne de rivage, généralement en moins de 5 km, ce qui donne, pour cette courte section supérieure des profils, une pente moyenne beaucoup plus forte, comprise entre 5 et 7 o/oo.

Pour des raisons de navigation (danger d'être drossé dans les brisants) cette partie proche de la côte n'a pas pu être autant étudiée. Ce que l'on en sait permet toutefois d'établir que cette section supérieure en pente forte est caractérisée par la fréquence des fonds rocheux, qui donnent sur les bandes de sondage des échos beaucoup plus nets que les fonds sédimentés (entre S 16 et S 20), ainsi que par un relief de détail plus irrégulier. Sur le profil IV l'une de ces irrégularités est une falaise sous-marine quasi-verticale entre - 18 m et - 30 m. Les preuves apportées par l'étude sédimentologique d'au moins une régression marine récente importante dans cette région, permettent d'interpréter de manière très vraisemblable cette falaise sous-marine comme une falaise d'érosion marine fossile immergée jalonnant une ancienne ligne de rivage.

Au-delà de cette étroite zone en pente plus forte proche de la côte, on aborde une plaine sous-marine couverte de sédiments en pente très faible, et extrêmement plate, qui couvre la quasi-totalité de la surface du plateau continental entre - 30 m et le début de la retombée sur les grands fonds. La pente moyenne de cette plaine est notablement inférieure aux valeurs données précédemment qui concernaient l'ensemble des profils. Sur le profil IV, on descend de 30 m en 42 km, soit une pente moyenne de 0,7 o/oo; sur le profil V de 30 m en 50 km, soit une pente moyenne de 0,6 o/oo; sur le profil VIII la pente moyenne a une valeur un peu plus élevée voisine de 1,2 o/oo. Les seules irrégularités sont quelques ondulations à grande longueur d'onde et de faible hauteur, que la nature des échos et les dragages indiquent comme constituées aussi par des fonds de sédiments : ainsi entre S 21 et S 23 le profil IV traverse une bosse de 10 m de hauteur relative et d'environ 1 km de largeur, sur laquelle il a été dragué en S 22 un sable fin calcaire de couleur grisâtre; le profil V recoupe de la même manière vers - 60 m, pendant 1,5 km, de petites irrégularités de 5 m de hauteur relative qui, d'après la nature des échos, ne seraient pas non plus rocheuses, mais couvertes de sédiments (un sable moyen blanc calcaire a été dragué en S 30).

Certaines irrégularités mineures du fond peuvent aussi s'expliquer, ainsi que nous le verrons en étudiant les résultats des dragages, par la présence de cordons de galets immergés jalonnant d'anciennes lignes de rivage.

La pente générale de cette vaste plaine tapissée de sédiments est légèrement convexe dans le profil VIII : c'est dans la partie la plus interne du profil que la valeur moyenne de la pente est la plus faible (0,8 o/oo entre S 56

et S 53), tandis que dans la partie externe on observe une descente plus rapide, la pente demeurant toutefois toujours très faible (1,6 ‰ entre S 53 et S 50).

Nous retrouverons cette convexité dans les autres profils en travers du plateau continental entre le cap Ste-Marie et Fort-Dauphin.

Un vaste secteur du plateau continental, entre les coupes V et VIII, c'est-à-dire juste au Sud du cap Ste-Marie, n'a pas été exploré lors de notre mission, interrompue à ce stade de la reconnaissance par une tempête. L'étude de ce secteur serait pourtant particulièrement intéressante. La carte marine n° 4177 porte trois sondes de 22 m, 37 m et 49 m, entre 42 milles et 51 milles au Sud-Sud-Est du cap Ste-Marie. Ces faibles profondeurs, reconnues seulement en 1936, sont qualifiées de banc de "Tabinta". Il serait important de savoir s'il s'agit d'un élément distinct de l'ensemble du plateau continental ou bien s'il faut admettre que ce dernier atteint en cet endroit 92 km de largeur.

#### 5) Le relief du plateau continental entre le cap Ste-Marie et Fort-Dauphin

En face du littoral de l'Androy et du pays Tanosy, entre le cap Ste-Marie et Fort-Dauphin, le plateau continental a l'aspect d'une immense plaine très régulière tapissée de sédiments, en pente extrêmement faible vers le large. Comme dans le secteur précédent, on atteint rapidement, à partir de la côte, les profondeurs de 30 à 40 m. C'est entre - 40 et - 80 m que l'on observe les étendues les plus plates, atteignant par endroits une horizontalité presque absolue (ainsi en 17 km, sur la coupe VI, on ne descend que de 5 m). Dans sa partie externe cette plaine sous-marine accuse une légère augmentation de pente, ce qui donne à toutes les coupes un profil plus ou moins convexe.

La coupe oblique entre S 39 et S 44 ainsi que l'itinéraire longitudinal de 200 km depuis le cap Ste-Marie (S 33) jusqu'en face du littoral tatsimo, confirment cette extrême régularité de la plaine sous-marine : sur ce dernier itinéraire, qui recoupe les isobathes sous un angle faible, la profondeur ne varie que de 10 m en 45 km en face du littoral oriental de l'Androy. Dans une autre partie de cet itinéraire, en face de la partie orientale du littoral Karimbola, deux pitons sans doute rocheux et peut-être de nature corallienne, dépassant de 10 m le niveau de cette vaste plaine, ont été rencontrés, constituant les seules irrégularités notables de cette coupe de 200 km.

Cet itinéraire longitudinal, effectué dans un but de recherche d'éventuelles vallées sous-marines, n'en a pas recoupé une seule en 14 heures de route.

Voyons plus en détail quelles sont les valeurs de pentes relevées sur les différents profils transversaux dans cette partie du plateau continental.

L'isobathe de 40 m est atteint, sur la coupe II, à 4 milles de la côte. Entre cet endroit et S 61, où la coupe a été arrêtée avant d'avoir atteint le rebord du plateau continental, on descend de 36 m en 36 km, soit une pente moyenne de 1 o/oo.

Sur la coupe X, la pente reste voisine de 1 o/oo sur les premiers 25 km entre S 65 (- 55 m) et l'isobathe de 80 m. Dans une seconde section, entre S 63 et S 62, la pente augmente progressivement; sa valeur moyenne entre les deux stations est voisine de 3,5 o/oo. Cette coupe n'a pas, non plus, été menée jusqu'au rebord du plateau continental.

La coupe VII débute en S 44 à - 44 m, à seulement 2,5 milles de l'embouchure du Mandrare. Il faut donc supposer une pente moyenne de 1 o/oo pour la section comprise entre la côte et S 44. Entre S 44 et la profondeur de 80 m (S 46) la plaine sous-marine présente sur 22 km une pente moyenne de 1,7 o/oo. Entre - 80 m et - 120 m, la pente augmente un peu; sur 17 km sa valeur moyenne est de 2,3 o/oo. On observe enfin dans les derniers 5 km une section à nouveau en pente très faible, et même subhorizontale, avant la retombée brutale sur les grandes profondeurs.

A l'Est de l'embouchure du Mandrare les isobathes de 20 et 40 m se rapprochent encore de la côte.

Sur le tracé de la coupe VI, l'isobathe de 60 m s'est elle-même rapprochée de la côte dont la sépare seulement une distance de 5 milles. Dans ces 5 premiers milles la pente moyenne est de 6,6 o/oo. Mais dans le détail cette partie du profil est très accidentée. Certains échos indiquent la présence d'affleurements rocheux. On remarque l'existence, entre - 30 m et - 40 m, d'une petite falaise sous-marine comparable à celle signalée en face de Lavanono au début de la coupe IV. A - 55 m un piton de 10 m de hauteur relative correspond à un affleurement rocheux. La pente s'adoucit progressivement entre - 60 m, S 35, et - 75 m. Entre S 35 et S 37, à - 85 m, la plaine sous-marine n'a qu'une pente moyenne infime de 0,3 o/oo. Comme dans les coupes précédentes, la pente augmente un peu dans la partie externe du plateau continental, et prend une valeur moyenne de 2,5 o/oo dans les dix derniers kilomètres, entre S 37 et le début de la retombée sur les grands fonds.

Les seuls accidents notables rencontrés le long de ces quatre dernières coupes, en dehors du domaine en pente plus forte proche de la côte, sont des ressauts de très petite taille, d'aspect nettement monoclinale, à front abrupt tourné vers la côte, et de 2 à 4 mètres au maximum de commandement. De tels petits ressauts ont été recoupés à - 80 m sur la coupe VII (entre S 45 et S 46), à - 80 m aussi sur la coupe VI, entre S 32 et S 33; enfin à - 45 m sur la coupe VIII, entre S 55 et S 56. L'aspect de ces accidents mineurs suggère la présence, en ces endroits, d'un banc sédimentaire ou d'une formation encroûtée, à pendage vers la mer, et dégagé en micro-cuesta tournée vers le continent. Mais c'est là une simple hypothèse qu'aucun résultat de dragage ne vient confirmer.

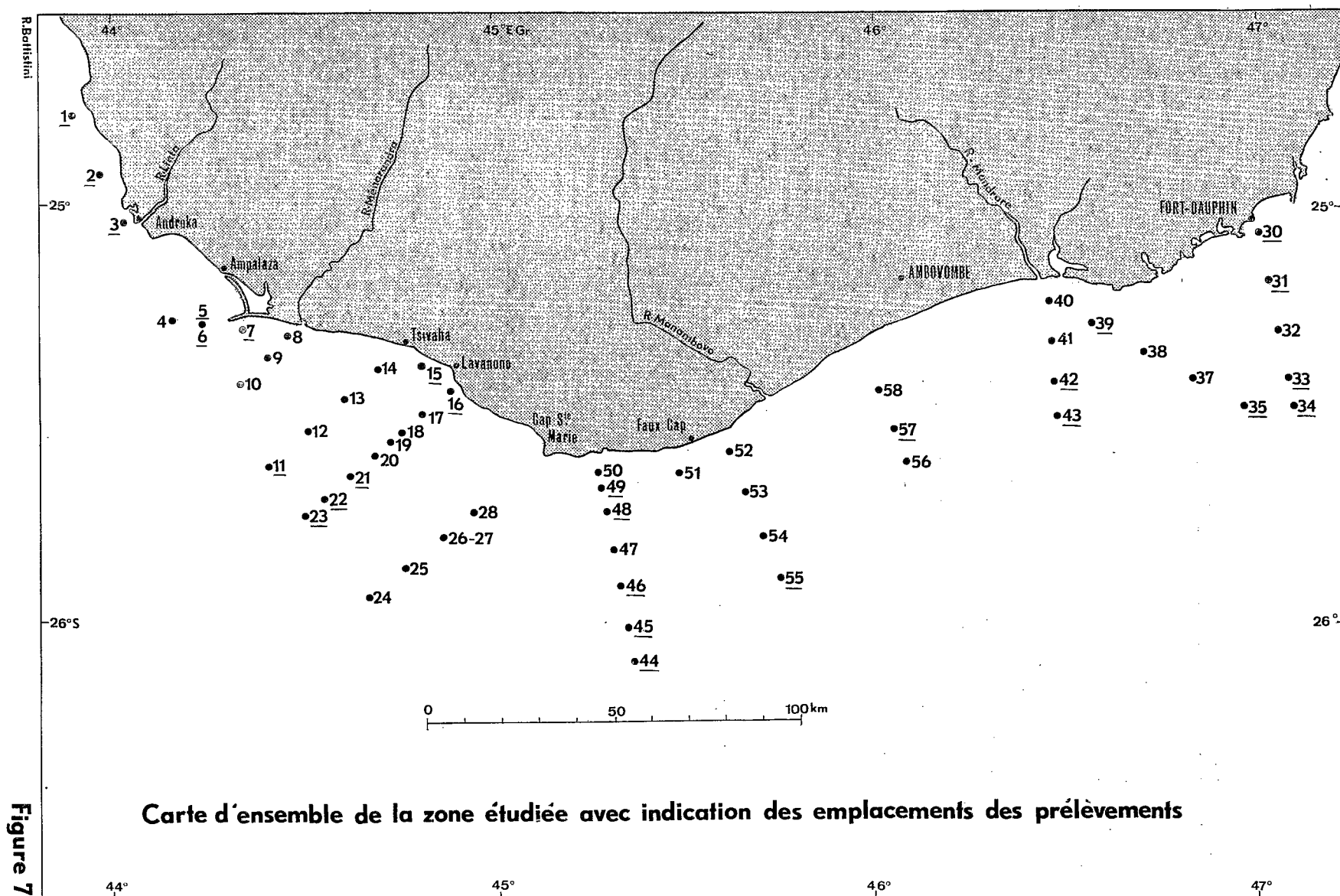
## 6) Les grandes unités du relief du plateau continental

Des analyses précédentes on peut dégager l'existence des grandes unités zonales suivantes dans le relief du plateau continental de l'Extrême Sud de Madagascar :

a) près de la côte, une pente que l'on peut désigner sous le nom de "pente pré-littorale", de valeur moyenne comprise entre 0,6 et 1 %, avec localement une chute plus brutale (falaises sous-marines en face de Lavanono et de Fort-Dauphin) et un relief de détail différencié (pitons rocheux). Cette pente pré-littorale se poursuit, selon les endroits, jusqu'à - 30 m (coupe IV), - 40 m, ou même - 60 m (coupe VI), ces isobathes venant alors coller à la côte;

b) une vaste plaine sous-marine, en pente beaucoup plus faible (entre 0 et 3,5 o/oo, avec une valeur moyenne comprise entre 0,5 et 1 o/oo) qui occupe la plus grande partie de l'étendue du plateau continental. Les coupes entre le cap Ste-Marie et Fort-Dauphin montrent qu'elle a un profil général légèrement convexe, les pentes les plus faibles s'observant dans sa partie interne et les pentes les plus fortes dans sa partie externe. Elle ne présente aucun relief de détail notable et sa surface est quasiment unie;

c) un bourrelet sous-marin de nature corallienne, sur le rebord externe de la plateforme à l'accroche des grands fonds, qui n'existe que dans la région du banc de l'Etoile.



## II - NOMENCLATURE DES STATIONS DE DRAGAGE

(La figure 7 donne les emplacements des prélèvements)

Engins de prélèvements : Cônes Berthois

Notes prises au cours des dragages

*Echantillon n° 1* (Station 1)

Point isolé en face de la pointe d'Itampolo - Profondeur : 30 m

1er essai : 1 morceau de corail brisé vivant branche.

2è essai : à nouveau du corail vivant branche et un peu de sédiment (graviers, gros morceaux de coquilles et petites pastilles calcaires 8 mm)

alvéoline : pas remarqué de quartz ni minéraux lourds

*Echantillon n° 2* (Station 2)

Point isolé au Nord du delta de la Linta - Profondeur : 68 m

Sable corallien

*Echantillon n° 3* (Station 3)

Mouillage d'Androka - Profondeur : 8 m

Vase

*Echantillon n° 4* (Station 5)

Profondeur : 32 m

Sable roulé quartzueux

*Echantillon n° 5 et 6* (Station 6)

Profondeur : 26 m

Sable quartzueux grossier comme E.4 - Mais de plus, galet jaune (éocène ?) et petits blocs et gravier à gros quartz roulés (E.6)

E.6 - Résidus de tamisage : gros quartz roulés.

*Echantillon n° 7* (Station 7)

Profondeur : 24 m

Sable grossier quartzueux. Quelques gros éléments de gravier jaune ou rougeâtre.

Nr. niveaux noirs

*Echantillon n° 8* (Station 8)

Vase à fins débris micacés jaunes. Au tamisage : résidus de débris de feuilles d'arbres.

Au sondeur : centre d'irrégularités notables : sans doute dalles de grès sous marines.

*Echantillon n° 9* (Station 9)

Profondeur : 31 m - Fond plat

Sable grossier quartzueux semblable aux précédents, mais avec vraiment beaucoup de grenats et ilménite. 1 morceau de 2 cm de corail mort. Gros grains de quartz roulés.

*Echantillon n° 10* (Station 10)

Profondeur : 44 m

Sable moyen blanc calcaire (sable corallien) 9. très rares quartz de grosse taille de forme bizarre.

*Echantillon n° 11 (Station 14)*

Profondeur : 56 m

Petits galets de calcaire-gravillon calcaire. Sable moyen calcaire, avec une fraction plus fine.

*Echantillon n° 12 (Station 15)*

Profondeur : 38 m

Sable calcaire moyen à fin, bleuté - fond sableux uni. Eléments moyens roulés blancs, calcaires. Fraction plus fine de couleur bleutée

*Echantillon n° 13 (Station 16)*

Profondeur : 31 m

Sable gris fin

*Echantillon n° 14 (Station 17)*

Profondeur : 26 m

Sable moyen

*Echantillon n° 15 (Station 18)*

Mouillage Lavanono, dragage avant le départ du matin - Profondeur : 16 m.

Sable fin quartzeux calcaire gris.

*Echantillon n° 16 (Station 19)*

Profondeur : 16 m

Sable fin vaseux gris avec minéraux noirs. Fond irrégulier (devant un affleurement granitique)

1er essai : accroché sur fond dur. Résultat infructueux

2è essai : Sédiment récolté

*Echantillon n° 17 (Station 20)*

Profondeur : 32 m

Sable grossier coquillier (débris de coquilles de lammellibranches de 2 cm) jaune, grains de calcaire mais avec d'assez nombreux gros quartz bien roulés.

*Echantillon n° 18 (Station 21)*

Profondeur : 35 m

Sable fin calcaire gris.

*Echantillon n° 19 (Station 22)*

Profondeur : 29 m. 1er point de la coupe IV

Sur dorsale, sable fin gris calcaire. Petits pitons de corail.

*Echantillon n° 20 (Station 23)*

Profondeur : 35 m. 5ème point de la coupe IV

Sable fin gris calcaire (comme E. 18 et 19).

*Echantillon n° 21 (Station 24)*

Profondeur : 48 m. 6ème point de la coupe IV

Sable calcaire jaune à débris coquilliers.

*Echantillon n° 22 (Station 25)*

Profondeur : 53 m. 7ème point de la coupe IV  
Sable jaune fin à moyen jaune calcaire

*Echantillon n° 23 (Station 26)*

Profondeur : 80 m. Dernier point de la coupe IV  
Sable grossier calcaire jaune et gravillon calcaire jaune, gros éléments.  
Fond à coraux et à maërl.

*Echantillon n° 24 (Station 29)*

Profondeur : 80 m. 1er dragage de la coupe V  
Gros morceaux de maërl, sable moyen calcaire blanc.

*Echantillon n° 25 (Station 30)*

Profondeur : 61 m. 2ème dragage de la coupe V  
Sable moyen blanc calcaire.

*Echantillons n° 26 et 27 (Station 31)*

A 18 milles du cap Ste Marie. Profondeur : 53 m.  
Sable grossier jaune coquillier, nombreux gravillons roulés jaunes (probablement éocène).  
1er dragage : 2 galets perforés et encroûtés  
2ème dragage : 1 galet calcaire couleur jaune (probablement éocène)  
Un cordon de galets est sans doute immergé à cet endroit.

*Echantillon n° 28 (Station 32)*

Profondeur : 46 m.  
Sable quartzeux et coquillier. 1 morceau de roche semblant aussi de calcaire jaune  
2ème essai aux cônes. Les cônes accrochent. Fond dur. La drague ne ramène qu'un peu de sable fin.

*Echantillon n° 30 (Station 34)*

Profondeur : 30 m.  
Sable grossier quartzeux à gros quartz roulés. 1er dragage coupe VI en partant de Fort-Dauphin.

*Echantillon n° 31 (Station 35)*

Profondeur : 75 m.  
Sable gris foncé très fin, vaseux.

*Echantillon n° 32 (Station 36)*

Profondeur : 80 m.  
Sable gris foncé très fin, vaseux.

*Echantillon n° 33 (Station 37)*

Profondeur : 85 m.  
Sable fin gris foncé vaseux à nombreux débris calcaires.

*Echantillon n° 34 ((Station 38)*

Profondeur : 96 m. Dernier dragage de la coupe VI  
Sable fin gris foncé vaseux, à débris coquilliers.

*Echantillon n° 35 (Station 40)*

Profondeur : 86 m.  
Sable fin gris foncé, vaseux, à débris coquilliers.

*Echantillon n° 37 (Station 41)*

Profondeur : 72 m

Sable calcaire moyen à grossier avec fraction fine, vaseux et avec petits graviers jaunes et bruns roulés et grosses coquilles. Très hétérométrique.

*Echantillon n° 38 (Station 42)*

Profondeur : 44 m

Sable quartzeux moyen à nombreux débris de calcaire grossier et petits gravillons de calcaire jaune.

*Echantillon n° 39 (Station 43)*

Profondeur : 44 m

Partie grossière du dragage. Gravillons calcaires jaunes et débris coquilliers.

*Echantillon n° 40 (Station 44)*

Profondeur : 44 m

Sédiment d'aspect vaseux en face de l'embouchure de la rivière Mandrare.

*Echantillon n° 41 (Station 45)*

Profondeur : 67 m

Sable moyen quartzo-calcaire à débris coquilliers.

*Echantillon n° 42 (Station 46)*

Profondeur : 80 m

Sable fin gris à débris de coquilles.

*Echantillon n° 43 (Station 47)*

Profondeur : 98 m

Sable fin gris avec débris coquilliers et fraction fine d'aspect vaseux.

*Echantillon n° 44 (Station 50)*

Profondeur : 112 m

Sable grossier calcaire et gros morceaux de maërl.

*Echantillon n° 45 (Station 51)*

Profondeur : 101 m

Sable grossier calcaire avec maërl et adjonction d'une fraction plus fine d'aspect farineux.

*Echantillon n° 46 (Station 52)*

Profondeur : 76 m

Sable grossier calcaire avec dominance de gros éléments de maërl.

*Echantillon n° 47 (Station 53)*

Profondeur : 68 m

Sable calcaire jaune très hétérométrique, avec nombreux gravillons de maërl. Le sédiment récolté est assez peu différent des échantillons précédents.

*Echantillon n° 48 (Station 54)*

Profondeur : 58 m

Sable grossier et gravillon à gros quartz et gros graviers jaunes calcaire (d'origine probablement éocène).

*Echantillon n° 49 (Station 55)*

Profondeur : 48 m

Sable grossier très hétérométrique quartzeux et calcaire, à gros débris coquilliers.

*Echantillon n° 50 (Station 56)*

Profondeur : 44 m

Sable grossier quartzeux à débris coquilliers.

*Echantillon n° 51 (Station 57)*

Profondeur : 35 m

Sable moyen quartzeux et calcaire avec débris coquilliers.

*Echantillon n° 52 (Station 58)*

Profondeur : 35 m

Sable quartzeux avec calcaire coquillier grossier contenant de gros morceaux de maërl.

*Echantillon n° 55 (Station 61)*

Profondeur : 76 m

Sable calcaire grossier avec maërl.

*Echantillon n° 56 (Station 63)*

Profondeur : 84 m

Sable moyen calcaire, jaune.

*Echantillon n° 57 (Station 64)*

Profondeur : 68 m

Sable grossier calcaire, jaune.

*Echantillon n° 58 (Station 65)*

Profondeur : 55 m

Sable quartzeux moyen à fins débris coquilliers.



RECHERCHES SUR LE RELIEF ET LA SEDIMENTOLOGIE  
DU PLATEAU CONTINENTAL DE L'EXTREME SUD DE MADAGASCAR \*

par

Léopold BERTHOIS

Professeur à l'Ecole d'Agriculture de Rennes

René BATTISTINI

Directeur du Laboratoire de Géographie de l'Université de Madagascar

Alain CROSNIER

Océanographe à l'O.R.S.T.O.M.

III - ETUDE GRANULOMETRIQUE DES SEDIMENTS<sup>✱</sup>

Les échantillons récoltés ont été soumis à l'analyse granulométrique par tamisage à sec; un seul échantillon (portant le n°8) renfermait une fraction fine suffisamment importante pour justifier une analyse microgranulométrique qui a été exécutée suivant la méthode densimétrique classique.

Examen des résultats

Echantillon n°8

Le sédiment a été dragué à l'embouchure de la rivière Ménarandra. C'est une vase terrigène fine renfermant seulement 6 % d'éléments de diamètres supérieurs à 0,090 mm.

Elle contient cependant : 69 % de grains dont les diamètres sont compris entre 0,090 mm et 0,010 mm, puis encore 20 % d'éléments dont les diamètres sont compris entre 0,010 mm et 0,002 mm.

Ainsi, la fraction (de diamètres inférieurs à 0,002 mm) dans laquelle sont inclus les minéraux des argiles n'est représentée ici que par 5% de l'ensemble du sédiment (voir figure 8).

<sup>✱</sup> Les chapitres I et II ont paru dans les "Cahiers Océanographiques" XVI, 7 (juillet-août 1964) pp. 511-527.

Les sédiments fins d'origine continentale, apportés par la rivière Ménarandra ne paraissent pas avoir une grande extension vers le large puisqu'à la station de dragage suivante (échantillon n°9 de la figure 7) on rencontre un sédiment beaucoup plus grossier. (voir figure 11).

Cette question sera discutée plus en détail lorsque nous examinerons la répartition des types sédimentaires.

#### Type sédimentaire sableux fin

Tous les sédiments récoltés sont sableux, les courbes granulométriques sont parfois assez dissemblables mais le nombre des échantillons récoltés n'est pas assez important pour permettre la constitution de nombreuses familles de courbes.

Nous nous sommes donc contentés de distinguer deux types sédimentaires qui se différencient l'un de l'autre, non seulement par la gamme dimensionnelle des grains moyens, mais aussi par leur degré de sélection granulométrique.

Quelques courbes granulométriques, choisies parmi les plus typiques sont représentées dans la figure 9.

Les sédiments qui entrent dans cette catégorie ont des diamètres moyens inférieurs à 0,450 mm.

Les grains dont les diamètres sont supérieurs à 0,510 mm ne représentent que 0,06 à 15 % du sédiment global, mais cette proportion est couramment inférieure à 10 % et même à 5 % de l'ensemble.

En général, ce sont des éléments fins, de diamètre compris entre 0,510 mm et 0,125 mm qui constituent la fraction la plus importante du dépôt: elle varie de 80 à 90 % suivant les cas.

Une mention particulière doit être faite pour des sédiments analogues à ceux représentés par les courbes n° 16 et 31 de la figure 3 qui renferment 90 % d'éléments dont les diamètres sont inférieurs à 0,240 mm. Ce sont ces sédiments qui ont, au sortir de l'eau, un aspect vaseux bien que ne contenant pas d'argile, au sens minéralogique de ce terme.

Les sédiments attribués au type sédimentaire sableux fin sont groupés dans le tableau ci-dessous avec indication des diamètres moyens.

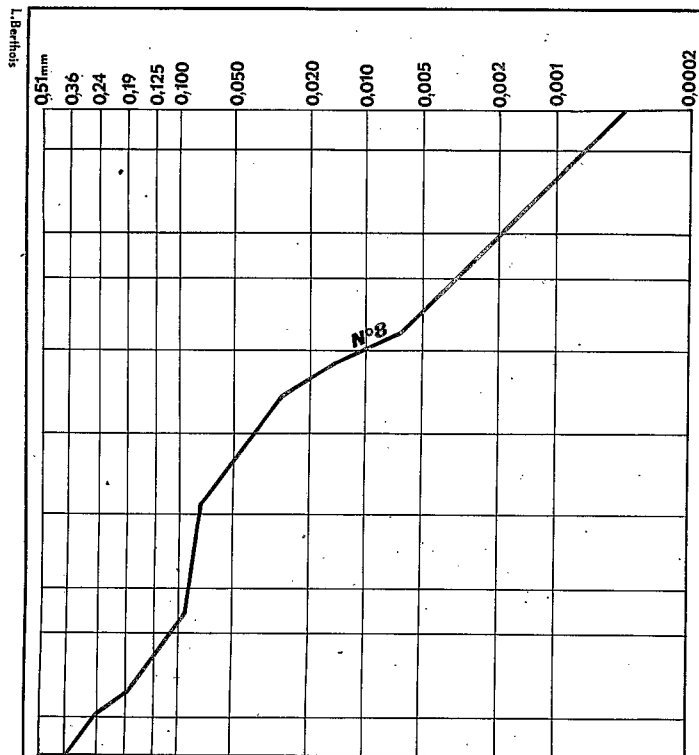


Fig. 8 Courbe microgranulométrique du sédiment dragué.  
Echantillon n° 8, station 8, abscisses logarithmiques (dimensions des grains)  
ordonnées suivant une échelle de probabilité.

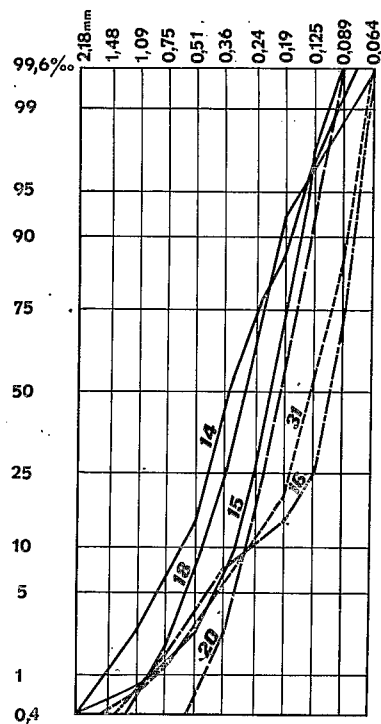


Fig. 9 Courbe granulométrique d'un choix de sédiments du  
"type sédimentaire sableux fin".  
dimension des mailles en  
abscisses logarithmiques.  
En ordonnées: poids des résidus  
cumulés, suivant une échelle  
de probabilité.

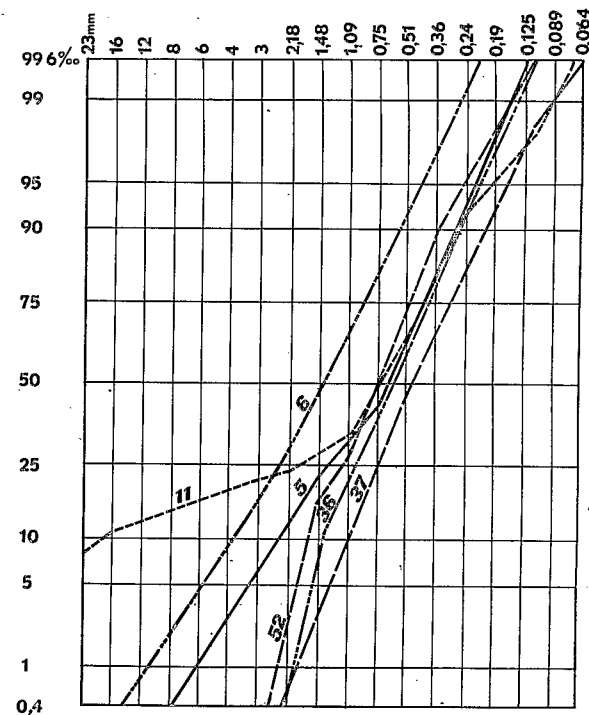


Fig. 10 Courbes granulométriques d'un choix de sédiments  
du "type sédimentaire sableux grossier".  
Dimensions des mailles en abscisses logarithmiques,  
en ordonnées poids des résidus cumulés, suivant une  
échelle de probabilité.

Tableau n°1

N° du prélèvement	Diamètre mo- yen en mm	N° du prélèvement	Diamètre mo- yen en mm	N° du prélèvement	Diamètre mo- yen en mm
3	0,11	20	0,20	35	0,17
10	0,30	21	0,24	40	0,29
12	0,32	22	0,29	42	0,21
13	0,24	25	0,28	43	0,43
14	0,34	28	0,39	49	0,30
15	0,22	31	0,12	51	0,44
16	0,10	32	0,25	53	0,38
18	0,29	33	0,29		
19	0,22	34	0,36		

Type sédimentaire sableux grossier

Les sédiments qui ont été englobés dans ce deuxième type de dépôts sont encore assez dissemblables, mais comme précédemment, le petit nombre d'échantillons dont nous disposons ne nous a pas permis d'envisager une sélection plus détaillée.

Les sédiments inclus dans cette catégorie ont des diamètres moyens égaux ou supérieurs à 0,450 mm. La délimitation peut, à première vue, paraître très imprécise, mais en fait elle est cependant assez nette car dans la plupart des cas rencontrés le diamètre moyen est inférieur à 1,00 mm, cette dernière dimension n'est dépassée que deux fois.

La figure 10 où sont dessinées un choix des courbes du type sableux grossier représente en fait trois types de sédiments.

Le sédiment 11, qui a été rarement rencontré, possède une fraction grossière importante et très mal triée. Elle est en majorité d'origine minérale, ou d'origine organogène remaniée et usée. La courbe granulométrique offre alors une inflexion brusque entre 0,750 mm et 0,510 mm à la suite de laquelle, les éléments de diamètres inférieurs sont notablement mieux triés.

Les sédiments représentés par les courbes n<sup>os</sup> 5, 6 et 37 répondent à une répartition quasi-probabiliste des grains, c'est le type même du sédiment de "remplissage" dans lequel les grains de petite taille tendent à obturer les vides laissés entre les gros grains.

Les sédiments représentés par les courbes 52 et 36 ont également une tendance vers le type de "remplissage" mais la fraction grossière y est très réduite et le colmatage est beaucoup moins efficace.

La répartition granulométrique est assez différente puisque la proportion pondérale des grains de diamètres supérieurs à 2,18 mm peut varier de 26 % (échantillon n<sup>o</sup> 6) à 12 % dans l'échantillon n<sup>o</sup> 5 et à moins de 1 % dans les échantillons 36 et 37. Mais, ainsi que nous l'avons signalé plus haut, les sédiments analysés s'apparentent plutôt aux types représentés par les courbes n<sup>os</sup> 36, 37 et 52.

Le tableau suivant, dans lequel sont consignés les diamètres moyens, permettra de la contrôler.

Tableau n<sup>o</sup> 2

N <sup>o</sup> du prélèvement	Diamètre moyen en mm	N <sup>o</sup> du prélèvement	Diamètre moyen en mm	N <sup>o</sup> du prélèvement	Diamètre moyen en mm
1	0,77	24	0,70	46	1,00
2	0,80	26	0,62	47	0,52
4	0,74	27	0,70	48	1,05
5	0,65	30	0,85	50	0,51
6	1,45	37	0,51	52	0,73
7	0,70	38	0,45	54	0,48
9	0,73	39	1,20	55	0,73
11	0,72	41	0,55	56	0,51
17	0,50	44	0,63	57	0,60
23	0,85	45	0,58	58	0,48

### Etude de la répartition des types sédimentaires

Les diamètres moyens calculés d'après les courbes granulométriques cumulatives ont été reportés sur la carte de localisation des prélèvements.

Pour faciliter la lecture de la répartition des sédiments nous avons utilisé un pointillé fin pour les sédiments fins et un pointillé à gros points pour les sédiments grossiers (voir fig.11).

L'examen de cette figure montre que, malgré la simplicité des caractères adoptés dans le choix des deux types sédimentaires, leurs aires de répartition ne sont pas très nettement définies.

Quelques remarques peuvent être faites concernant cette répartition :

1° - A l'embouchure de la rivière Linta.

Nous avons dragué un sédiment fin (diamètre moyen 0,110 mm) mais de part et d'autre de l'embouchure il existe des sédiments grossiers.

2° - A l'embouchure de la rivière Ménarandra.

Nous avons recueilli une vase, qui est le seul sédiment très fin récolté au cours des dragages, mais, sur la même ligne de sondage poursuivie vers le large, nous avons rencontré un sédiment grossier (diamètre moyen 0,730 mm); cependant vers le Sud-Est il existe une zone assez étendue recouverte de sédiments fins dans lesquels l'examen à la loupe binoculaire a décelé une quantité restreinte mais assez constante de quartz.

Faut-il en conclure que les sédiments de la rivière Ménarandra s'étendent actuellement sur toute cette région? Cela semble assez peu probable si l'on considère la taille relativement importante des grains de quartz identifiés au cours de l'examen minéralogique.

3° - Embouchure de la rivière Manambovo.

Aucun prélèvement de fond n'a été fait en face de l'embouchure, mais les dragages exécutés à proximité de celle-ci ont rapporté des sédiments relativement grossiers.

4° - Embouchure de la rivière Mandrare.

Il existe des sédiments assez fins en face l'embouchure de cette rivière, mais ils paraissent n'avoir aucune extension vers le Sud-Est. Leur extension vers le Sud-Ouest est assez problématique.

En résumé

Les sédiments fins et très fins apportés par les cours d'eau semblent n'avoir actuellement qu'une très faible dispersion au large de l'embouchure. Il existe une zone de dépôts sableux fins au large de Fort-Dauphin, mais elle ne paraît tributaire d'aucun cours d'eau.

Sédiments grossiers

La répartition des sédiments grossiers est elle-même d'interprétation difficile.

Dans la région à l'Ouest d'Ampalaza, les sédiments grossiers semblent dominer tout au long de la côte, sauf à l'embouchure de la rivière Linta.

La présence de sédiments grossiers, à proximité de la côte, dans la région de Lavanono est montrée par les deux dragages n° 17 (diamètre moyen: 0,500 mm) et n° 50 (diamètre moyen : 0,510 mm).

Il est assez remarquable de constater qu'en général les sédiments grossiers forment une bordure sans doute continue vers le large.

En groupant les échantillons récoltés dans les stations extérieures on obtient :

N° de l'échantillon	Profondeur en m	Diamètre moyen en mm
-----	-----	-----
2	68	0,80
4	32	0,74
11	56	0,72
23	80	0,85
24	80	0,70
44	112	0,63
55	76	0,73
56	84	0,51
43	98	0,43
35	86	0,17
34	96	0,36

On peut en conclure que, sauf dans la région au Sud de Fort-Dauphin, toutes les stations de dragages au large ont rapporté des sédiments de type sableux grossier.

Il y a donc une très grande probabilité pour que ces dépôts qui sont presque tous à plus de 50 m de profondeur soient, au moins en majeure partie, constitués par des formations anciennes auxquelles la sédimentation actuelle n'ajoute que des organismes benthiques et peut-être quelques éléments minéraux très fins.

L'examen de la répartition des types sédimentaires en fonction des profondeurs des points de dragage ne permet d'établir aucune corrélation. Les sables fins ou grossiers existent aussi bien par de faibles profondeurs : Echantillon n°4 à 32 m de profondeur : Diamètre moyen 0,740 mm. Echantillon n°31 à 75 m de profondeur : diamètre moyen 0,120 mm. Echantillon n°55 à 76 m de profondeur : diamètre moyen 0,730 mm.

#### Essai de classement des sédiments suivant la méthode de Doeglas.

La difficulté d'interprétation et de caractérisation des sédiments évoquée ci-dessus, nous a incités à utiliser la méthode des diagrammes rectangulaires de Doeglas (1946 - 1955 - 1960).

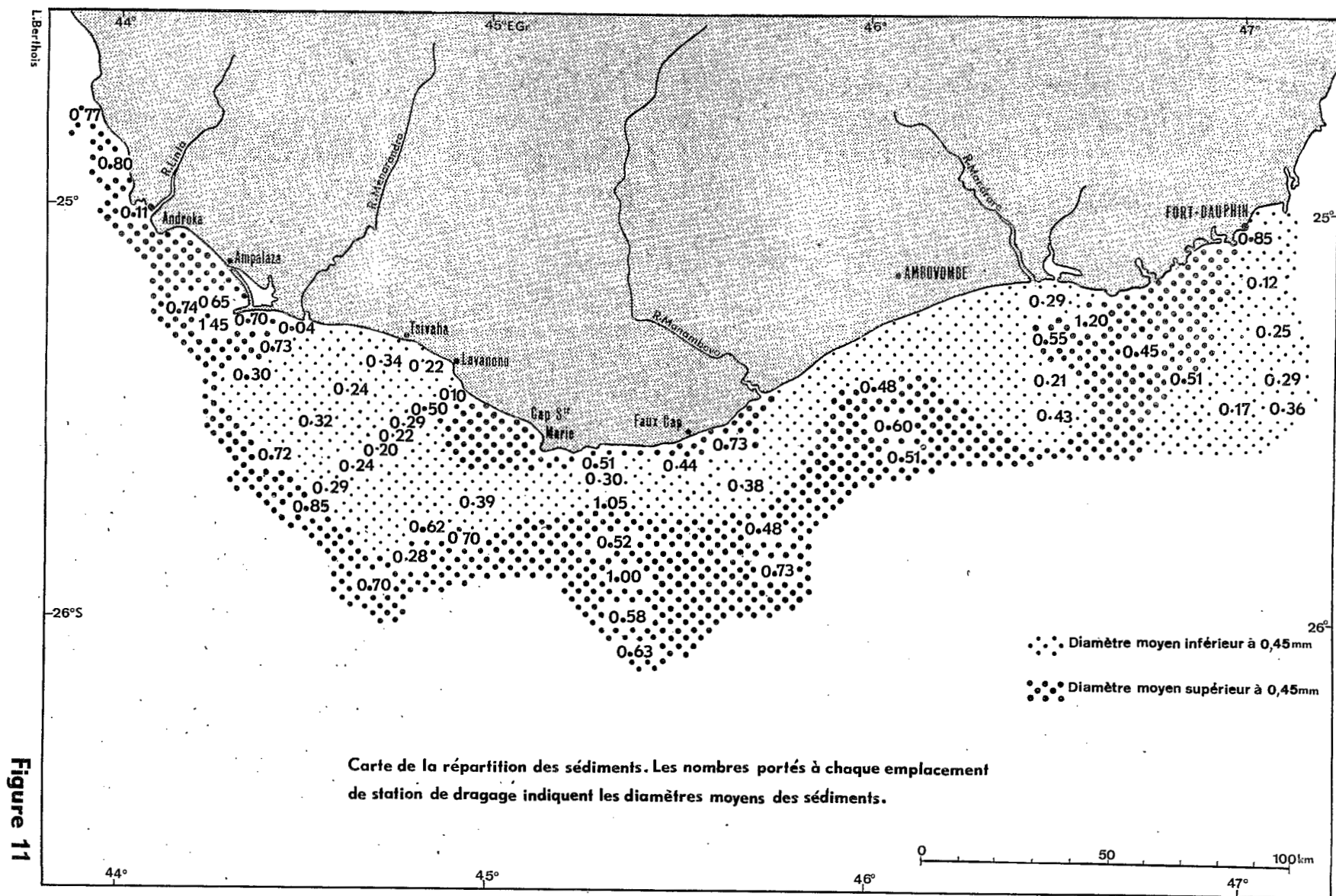
Ces diagrammes sont construits en choisissant tout d'abord un diamètre de référence dont le pourcentage en poids dans l'ensemble du sédiment est porté sur la diagonale du diagramme. Celui-ci se trouve donc divisé en deux triangles rectangles par la diagonale. Le triangle de gauche, qui a la pointe en bas, représente la fraction fine, c'est-à-dire celle dont les diamètres sont inférieurs au diamètre de référence. Le triangle de droite, qui a la pointe en haut, représente la fraction grossière, dont les diamètres sont supérieurs au diamètre de référence.

Les échelles des pourcentages des deux fractions sont inversées et complémentaires dans les deux triangles.

Après avoir opté pour un diamètre de référence, on choisit un certain nombre de diamètres paraissant représentatifs de la granulométrie et on affecte à chacun un symbole qui sera utilisé dans la construction du diagramme.

Nous avons adopté 0,510 mm comme diamètre de référence et attribué aux principaux diamètres  $x$  les symboles représentés sur les figures 12 et 13.

Chaque courbe granulométrique cumulative est représentée ici par une droite horizontale sur laquelle le diamètre considéré est figuré par l'un des signes précédemment choisis.



# Diagrammes rectangulaires de Doeglas

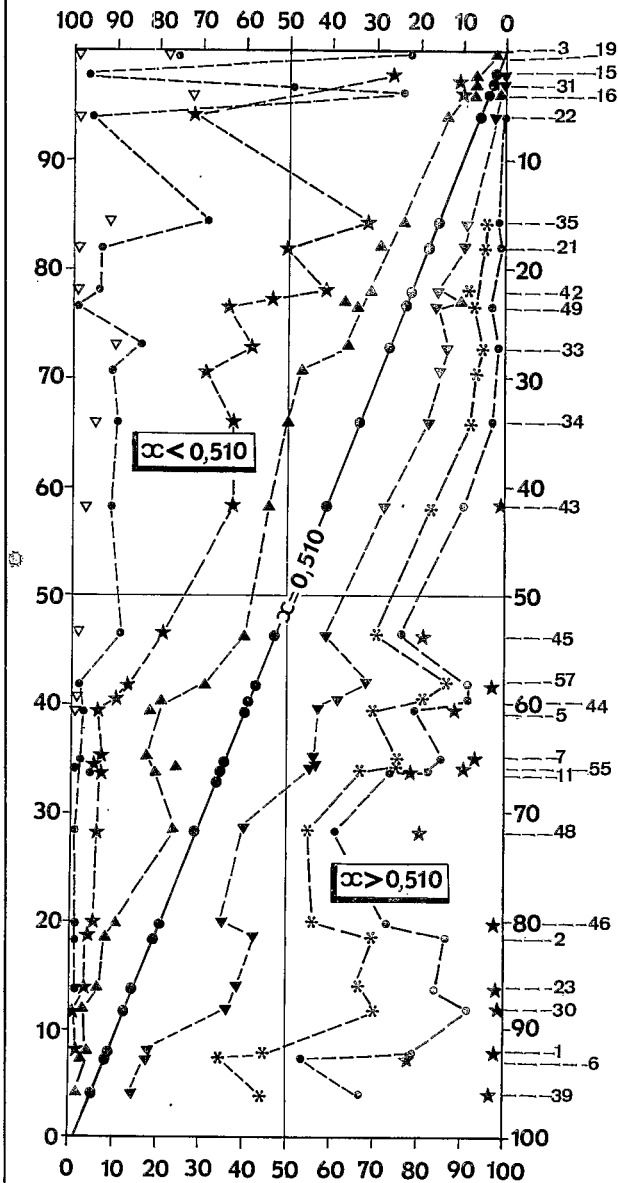


Fig.12 Sédiments de type A, caractérisés par un faible écart proportionnel entre les pourcentages relatifs des fractions de diamètres 0,75mm 0,51mm et 0,36mm

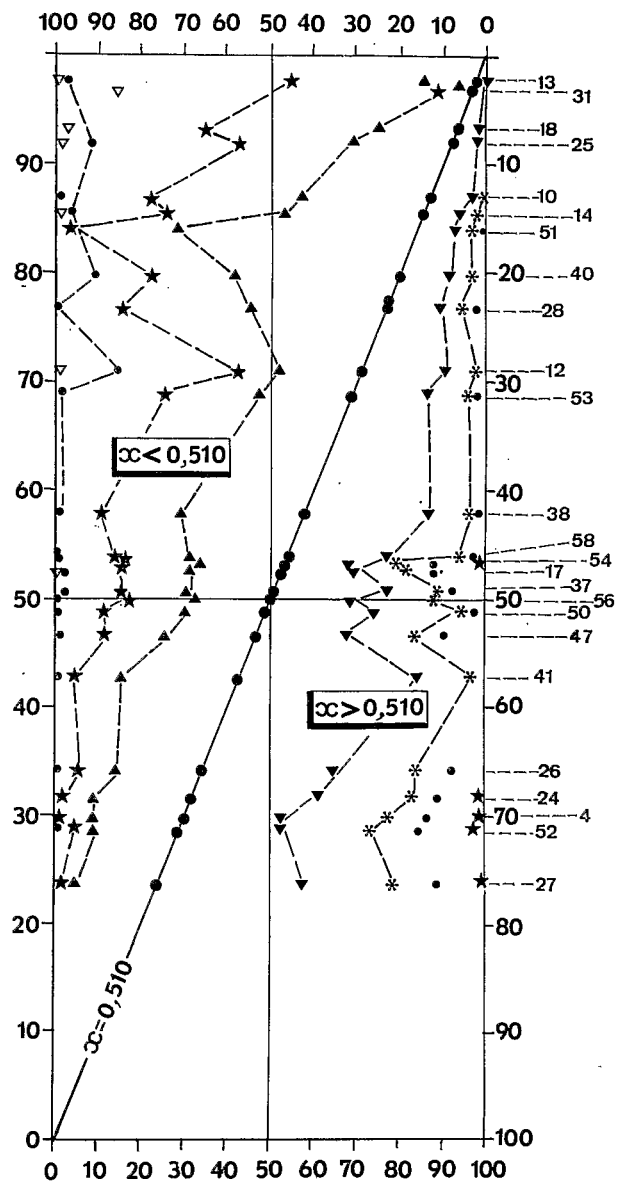


Fig.13 Sédiments de type B, caractérisés par un écart proportionnel plus important entre les pourcentages relatifs des fractions de diamètres 0,75mm 0,51mm et 0,36mm

2,180mm★ 0,750mm ▼ 0,240mm ★  
 1,480 " ◊ 0,510 " ● 0,125 " •  
 1,090 " \* 0,360 " ▲ 0,089 " ▽  
 Symboles attribués aux principaux diamètres  $\alpha$

L'emplacement de ce signe sur la droite horizontale est défini par le pourcentage cumulé, en poids, des grains inférieurs à la taille de celui qui est considéré et porté, suivant l'échelle s'étendant de gauche à droite.

Pour faciliter la lecture du diagramme, les signes de même forme sont reliés par des droites. On suit alors plus facilement le sens de l'évolution des sédiments et la répartition des différentes fractions.

Toutes les courbes granulométriques cumulatives ont été reportées sur un seul diagramme rectangulaire, cela nous a permis de distinguer deux familles de courbes :

A - Celles dans lesquelles les triangles représentant les diamètres de 0,75 mm et de 0,36 mm sont relativement peu écartés du point axial représentant le diamètre de référence : 0,51 mm.

B - Celles dans lesquelles les triangles figurant les diamètres 0,75 mm et de 0,36 mm sont proportionnellement plus écartés du point placé sur la diagonale des diamètres de référence.

Pour obtenir des graphiques plus lisibles, nous avons divisé le graphique initial en deux graphiques sur chacun desquels sont groupées les courbes de chaque type.

Dans ce type de graphique, lorsque les courbes joignant les signes de même valeur sont sensiblement rectilignes et convergent vers un seul point, cela signifie que les rapports en poids des pourcentages de ces classes sont les mêmes pour tous les échantillons. En d'autres termes, cela indique une similitude de triage et par conséquent de conditions générales de transport des sédiments offrant les mêmes particularités sur le graphique.

#### Sédiments de type A (voir figure 12)

Les courbes joignant les points représentant les diamètres de 0,75 mm et de 0,36 mm sont relativement peu écartées de la diagonale sur laquelle sont placés les diamètres de référence : 0,51 mm.

Les deux courbes ainsi obtenues, de part et d'autre de la diagonale, ont une direction générale rectiligne et convergente vers l'angle supérieur droit du diagramme mais, elles présentent de nombreuses fluctuations qui se traduisent par des écarts parfois importants.

L'existence de ces écarts montre que la proportionnalité relative n'est que partiellement respectée et qu'il existe de nombreuses perturbations locales.

Les sédiments, qui répondent au type A ainsi défini, portent les numéros d'échantillon suivants :

1 - 2 - 3 - 5 - 6 - 7 - 11 - 15 - 16 - 21 - 22 - 23 - 30 - 31 -  
33 - 34 - 35 - 39 - 42 - 43 - 44 - 45 - 46 - 48 - 49 - 55 - 57.

Les numéros de ces dragages ont été soulignés d'un trait continu sur la carte des prélèvements (figure 7).

#### Sédiments de type B. (voir figure 13)

Les courbes joignant les points représentant les diamètres de 0,75 mm et de 0,36 mm sont relativement plus écartées que dans le type A précédent, ce qui traduit un triage plus sélectif de la fraction granulométrique comprise entre les diamètres de 0,75 mm et 0,36 mm.

Comme dans le type A précédemment étudié, on observe de nombreux écarts de part et d'autre des droites moyennes symbolisant ce mode de triage.

Les sédiments qui répondent au type B ainsi défini portent les numéros d'échantillons suivants :

4 - 10 - 12 - 13 - 14 - 17 - 18 - 24 - 25 - 26 - 27 - 28 - 31 -  
37 - 38 - 40 - 41 - 47 - 50 - 51 - 52 - 53 - 54 - 56 - 58 -

Les numéros de ces dragages ne portent aucun signe spécial sur la carte des prélèvements (voir figure 7).

La répartition planimétrique de ce type sédimentaire offre quelques particularités intéressantes :

1° - Ils forment une aire assez étendue au Sud-Est de l'embouchure de la rivière Ménarandra :

N° 8 - 9 - 10 - 12 - 13 et 14

2° - Une deuxième aire englobe les prélèvements :

N° 24 - 25 - 26 - 27 et 28

3° - Une troisième aire s'étend de l'embouchure de la rivière Manambovo à l'embouchure de la rivière Mandrare :

N° 40 - 41 - 58 - 51 - 52 - 53 - 54

4° - Enfin, une aire mal définie s'étend au Sud de Fort Dauphin.

### Les fonds de galets.

Le dragage n° 27, en S 31, par 53 mètres de profondeur, et à 18 milles au Sud-Ouest du Cap Ste-Marie, a fourni des galets. Le profil du fond, à cet endroit, est très régulier avec seulement des ondulations de 3 ou 4 mètres d'amplitude maximale et d'un demi-mille à un mille de longueur d'onde, identifiabiles sur la bande de sondage.

Les galets recueillis sont façonnés dans un calcaire jaune foncé, de trame homogène et relativement dur, identique à celui qui constitue certains des bancs du Tertiaire marin affleurant à la base de la grande falaise du Cap Ste-Marie, sous l'Aepyornien ancien. Le plus gros des galets mesure 7,4 cm de longueur, 4,6 cm de largeur, 2 cm d'épaisseur; le plus petit rayon de courbure dans le plan principal est de 1,4 cm, l'indice d'émousé est de 378. Les autres éléments de roche de plus petite taille ramenés lors de ce dragage présentent aussi un façonnement net. L'un de ces éléments, mesurant 4,7 cm de grande dimension, est apparu, après décapage des encroûtements calcaires biologiques qui le recouvraient, comme étant un galet d'un ovale à peu près parfait.

A 53 mètres de profondeur, l'action d'une houle, même de très grande amplitude, est infime, et en tous cas bien insuffisante pour façonner des galets. On ne peut pas non plus invoquer en cet endroit l'action des courants. De plus, ces galets sont encroûtés par des algues calcaires, et présentent de multiples perforations d'origine biologique. C'est là une preuve péremptoire qu'ils ne bougent plus actuellement. Il faut donc admettre qu'il s'agit de galets fossiles, d'origine soit fluviatile, soit plus probablement marine, mis en place lors d'une grande régression récente de la mer, au cours de laquelle une partie importante de l'actuel plateau continental a dû se trouver émergée. Les ondulations de 3 ou 4 mètres d'amplitude que révèle la bande de sondage dans la partie du plateau continental où a été fait le dragage, peuvent s'interpréter, de manière fort vraisemblable, comme étant dues au relief des cordons littoraux submergés contemporains de cette grande régression.

Des éléments bien roulés de la taille des graviers (1 cm à 3 cm) ont été dragués à 6 milles et demi au Sud-Ouest du Cap Andrahomana en S 43, par une profondeur de 44 mètres. Ces graviers sont façonnés dans un grès calcaire jaune, à petits grains de quartz arrondis, du même aspect que certains grès calcaires aepyorniens qui affleurent le long du littoral de l'Anosy et de l'Androy. On ne comprend pas bien non plus ici comment ce matériel aurait pu être façonné à cette profondeur, dans les conditions actuelles du gisement. L'interprétation faisant de ce matériel le contemporain d'une période de régression marine est la plus vraisemblable.

### Résumé et conclusion de l'étude granulométrique

Cette nouvelle tentative d'interprétation des résultats des analyses granulométriques (méthode de Doeglas) permet de préciser quelques-unes des données acquises précédemment.

Il est confirmé que les sédiments fins apportés par les cours d'eau semblent n'avoir qu'une faible dispersion au large des embouchures.

Les sédiments récoltés au cours des dragages renferment assez fréquemment des débris de dépôts anciens, confirmant ainsi la faible intensité de la sédimentation actuelle dans la zone pré littorale.

### IV - ETUDE DES MINERAUX LOURDS

Nous avons séparé au bromoforme la fraction lourde d'un certain nombre de sédiments.

Le cortège minéralogique y est assez monotone et sans variations intéressantes entre les prélèvements.

Le minéral prédominant est le Grenat Almandin rose clair avec de nombreuses et fréquentes figures de dissolution, les grains sont souvent de grandes dimensions (0,75 mm). Il est parfois accompagné d'une petite quantité d'Ouwarowite qui est une variété chromifère.

Pyroxène vert - ce minéral est assez abondant et toujours extrêmement usé; la forme des grains, ovoïdes ou subsphériques, s'oppose à une mesure exacte de l'angle d'extinction qui est important.

Zircon - Assez abondant en débris anguleux limpides. Il est rare en fragments de prismes et plus rare encore en prismes complets terminés par des pointements, c'est alors la forme : p. m. b<sup>1</sup> qui est alors réalisée. Les inclusions sont rares.

Hornblende brune - rare, à polychroïsme marqué.

Apatite - rare, en fragments de prisme en général bien limpides.

Les silicates de métamorphisme : Andalousite, Staurotide et Disthène existent dans presque tous les prélèvements étudiés mais ils y sont toujours en très faible quantité.

L'ilménite forme presque exclusivement le résidu lourd opaque. Nous avons en outre observé quelques grains de magnétite et de pyrite.

### Résumé et conclusion

Minéralogiquement les sédiments sont caractérisés par le Grenat Almandin qui est le minéral le plus volumineux et le plus abondant numériquement, ainsi que par l'ilménite.

Le pyroxène vert et le zircon existent également dans tous les prélèvements étudiés mais, en général, l'un seulement de ces deux minéraux est relativement abondant.

Les autres minéraux figurent dans le cortège minéralogique avec des pourcentages extrêmement réduits, ils ne sont jamais caractéristiques d'un dépôt.

### V - ETUDE DE LA COMPOSITION DES SEDIMENTS

La composition des sédiments a été étudiée par examen à la loupe binoculaire de chacune des fractions de tamisage.

La sélection a été faite comme suit :

- 1° - Les gros débris organogènes ont été recueillis par tamisage sur un crible à trous circulaires de 3 mm de diamètre.
- 2° - Les résidus sur chacun des tamis utilisés pour l'analyse granulométrique ont également été examinés dans les dimensions suivantes :

2,18 mm - 1,48 mm - 1,04 - 0,75 et 0,51 mm

Nous n'avons pas jugé utile d'étudier les grains de diamètres inférieurs à 0,51 mm car, au-dessous de cette dimension les déterminations deviennent le plus souvent impossibles ou ne présentent plus une garantie suffisante.

Nous avons adopté la gamme numérique suivante pour caractériser les fréquences :

- 5 - Très abondant
- 4 - Abondant
- 3 - Commun
- 2 - Rare
- 1 - très rare
- + - Présent à un ou 2 exemplaires seulement.

Pour caractériser l'usure des grains minéraux : calcaire et quartz, le chiffre fixant la fréquence est accompagné de la lettre R dont la signification est la suivante :

r = certains grains du lot examiné sont légèrement roulés.

R = Tous les grains du lot examiné sont roulés.

R = tous les grains sont très roulés.

Les résultats de ces observations sont consignés dans le tableau n°3.

#### Sables de plages et de dunes littorales récentes.

A titre complémentaire nous signalerons une étude de I. ASENSIO et A. CAILLEUX (1959) sur des sables des environs de Fort-Dauphin.

D'après ces auteurs, le sable de dune de Fort-Dauphin, récolté à 5 km de la mer, présente les particularités suivantes :

Entre 0,3 et 1 mm de diamètre : 80 à 90 % de grains émoussés luisants, 3 à 10 % de grains ronds mats, picotés par choc dans l'air, 8 à 15 % de grains non usés qui sont d'anciens grains usés qui ont été ensuite cassés.

Ceci montre que l'effet du vent a été modeste et n'a pas réussi à changer beaucoup l'aspect imprimé par le brassage des vagues à la côte.

Le sable de plage à grenats de Mananjary renferme :

94 % de grains de quartz émoussés luisants.

Le sable marin à Radiolaires de Sainte-Marie montre parmi les quartz de 0,3 mm environ : 4 % d'émoussés luisants et 2 % de grains ronds-mats.

33

Numéro de Station	Diam. des tamis en mm	Foraminifères	Spongiaires	Corail	Echinodermes	Bryozoaires	Brachiopodes	Serpiliens	Polychètes tubic.	Gastéropodes	Scaphopodes	Lamellibranches	Crustacés	Haliméda	Lithothamnium	R.érupt. & Latérites	Calcaire	Quartz
15	1,48 1,04 0,75 0,51	1	+		+	+				2	3	3					+	
16	2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	2	+		+	+				2	3	3					+	
17	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	+	+	+	+	+		+		3	3	3					+	
18	1,48 1,04 0,75 0,51	2				+				+	3	3					+	
19	2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	+	+			+				+	3	3					+	
20	2,18 1,48 1,04 0,75	+	+			+				+	3	3					+	
21	1,48 1,04 0,75 0,51	2	+	+		3		+		2	3	3					3	3
22	2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	3				+				+	3	3				+	+	
23	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	2	+	+		1				2	3	3					3	3
24	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	+	+	+	+	2				3	3	3					5	5
25	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	2	+	+		2				2	3	3					5	5
26	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	2	+	+		2				2	3	3					5	5
27	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	1	+	+		3				3	3	3					5	5
28	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	+	+	+		3				3	3	3					5	5
29	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	+	+	+		3				3	3	3					5	5
30	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	2	+	+		3				2	3	3					3	3
31	2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	2	+	+		3				2	3	3					3	3
32	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	+	+	+		3				3	3	3					5	5
33	2,18 1,48 1,04	+	+	+		3				3	3	3					5	5

Numéro de Station	Diam. des tamis en mm	Foraminifères	Spongiaires	Corail	Echinodermes	Bryozoaires	Brachiopodes	Serpuliers	Polychètes tubic.	Gastéropodes	Scaphopodes	Lamellibranches	Crustacés	Haliméda	Lithothamnium	R.érupt. & Latérites	Calcaire	Quartz
33	0,75 0,51	+	+			2				+		4						
34	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	+		+		2	3			2		4	+					
35	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	3	+	+	3	3	3	+		+	3	2						
36	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	+	+	+		3	2			2	4	3						
37	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	+	+		3	2	2	2		2	3	2						
38	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	+	+	+	2	2	2	+		+	3	2						
39	>10 2,18 1,48 1,04 0,75	2	+		2	2	2			2	3	3						
41	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75	+			2	2	2	+			3	3						
42	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75	+	2	2	2	3	3			1	3	2	+					
43	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51					3	2											
44	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51					2	2											
45	23,00 16,00 12,00 8,00 6,00 4,00 3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51					2	2											
46	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51					2	2											
47	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51					2	2											
48	12,00 8,00 6,00 4,00 3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51					2	2											
49	3,00 2,18 1,48 1,04					2	2											

Numéro de Station	Diam. des tamis en mm	Foraminifères	Spongiaires	Corail	Echinodermes	Bryozoaires	Brachiopodes	Serpuliers	Polychètes tubic.	Gastéropodes	Scaphopodes	Lamellibranches	Crustacés	Haliméda	Lithothamnium	R.érupt. & Latérites	Calcaire	Quartz
49	0,75 0,51	3		+		3			2 1			2 1					2R 4R	4R
50	3,00 1,48 1,04 0,75 0,51	1 1 1 1 2				3 3 2 1 1			1 + 1 1 1			4 4 3 2 2				+	3R 4R 2R 4R 2R	4R
51	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51		2 3 3 3 3			3 3 4 3 3				3 2 2 1 1		3 1 2 2 2 1 +				+	3R 4R 4R 2R 3R	4R
52	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	1 2 2 2 3 4		+	+	2 2 2 2 2 2		+	2 1 3 2 2 1			3 1 2 2 2 +					5R 5R 5R 5R 4R	2R 3R 4R 2R 3R
53	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	2 2 2 2 2 2			+	4 + 3 3 2 1		+	2 + 2 2 2 1			3 2 3 3 2 1					4 3R 4R 4R 4R	2R 4R 3R 3R 3R
54	3,00 2,18 1,48	+				3 2		2	2 1			2 2					4 3 2R 2R	2 3R 4R 5R
55	16,00 8,00 6,00 4,00 3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51																	
56	3,00 2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	1 2 2 2 2 4				2 + 2 2 2 2		2	2 + 3 2 2 4			4 4 3 3 3 4					5R 5R 5R 5R 5R	2R 3R 4R 3R 3R
57	2,18 1,48 1,04 0,75 0,51	3 3 2 + 2		+	+													
58	3,00 1,48 1,04 0,75 0,51	1 2 3 3 3		+														

## BIBLIOGRAPHIE

- ASENSIO I. et CAILLEUX A. (1959) - Morphoscopie de sables de Madagascar.  
Le Naturaliste Malgache, tome XI, 1.2.1959, p.9-17.
- DOEGLAS D.J. (1946) - Interpretation of the results of mechanical analysis  
Journ. Sed. Petr., T.16, fasc.1, p.19-49.
- DOEGLAS D.J. (1955) - A rectangular diagram for comparison of size frequency  
distribution. Geol. in Mijnbouw.N. Serv., t.17, p.129-136.
- DOEGLAS D.J. (1960) - Sedimentological data soil mineralogy 7 th. Int. Congr.  
Soil. Sciences. Madison U.S.A., VII, 13 p. 534-547.
- GUILCHER A. (1956) - Etude géomorphologique des récifs coralliens du Nord-  
Ouest de Madagascar.  
Ann. Inst. Océanogr., Tome XXXIII, fasc.2, 72 p., 23 fig.  
8 pl.photographiques.

551.462.32

551.465.78