

ORSTOM

ETUDE BATHYMETRIQUE ET SEDIMENTOLOGIQUE  
DU PLATEAU CONTINENTAL  
DE NOSY FALY A NOSY MITSIO

C. JOUANNIC

Nosy-Bé, février 1969

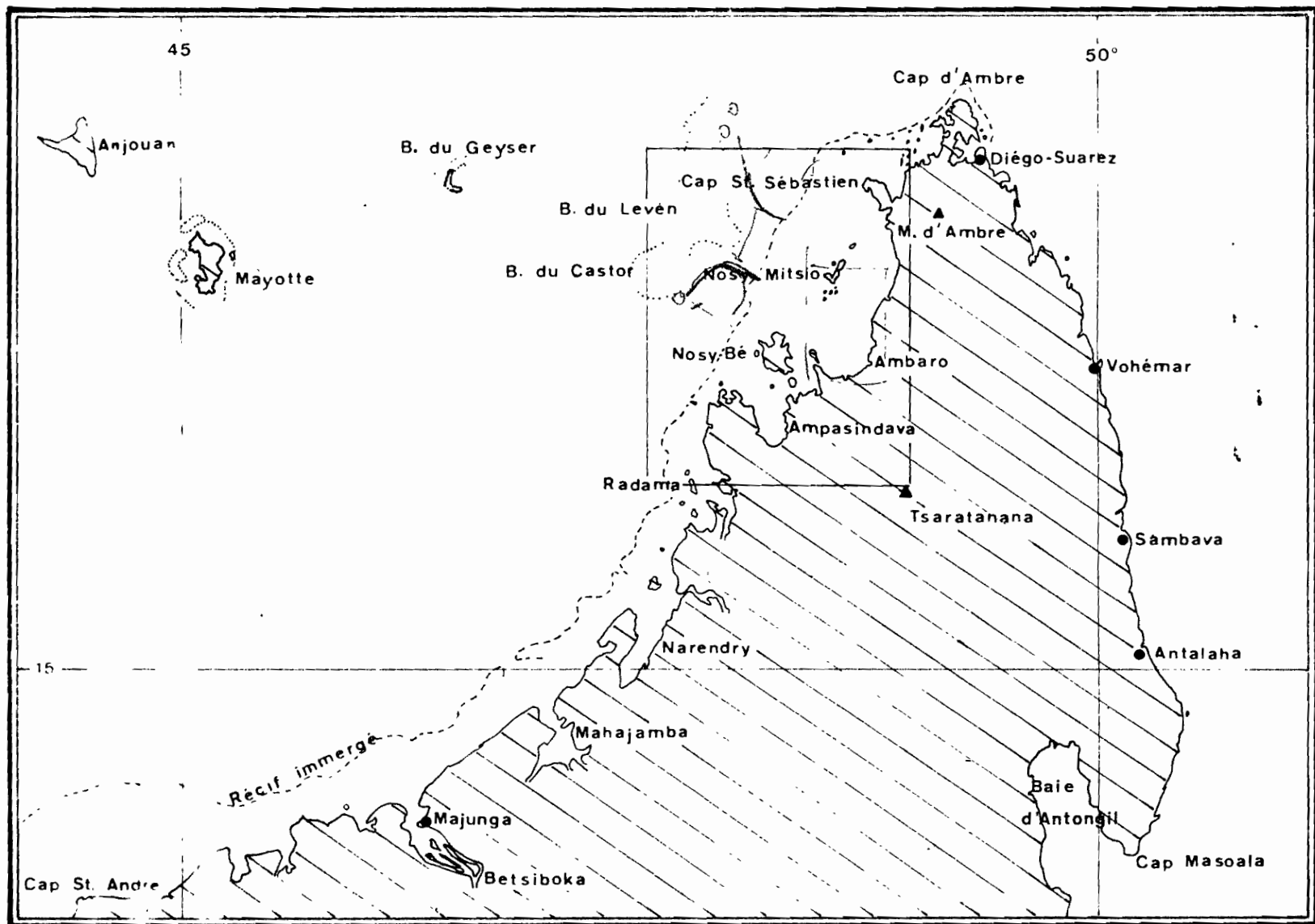
# ***PLAN***

---

	Pages
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I- Caractères généraux de la région nord de Madagascar	2
A- Géologie et Morphologie	2
B- Climatologie	4
1- Les vents	4
2- Les houles	4
3- Les précipitations	5
4- L'Hydrographie	5
CHAPITRE II - Moyens et méthodes d'investigation	6
CHAPITRE III- Morphologie et structures	8
A- Description	8
B- Interprétation	11
CHAPITRE IV - Sédimentologie	13
A- La carte sédimentologique	13
1- Teneur en calcaire des sédiments	14
2- Granulométrie	14
3- Description des différents faciès	16
4- L'étude des carottes	24
5- L'étude de quelques paramètres	25
B- Interprétation	26
CONCLUSION GENERALE	30

---

---



NORD-OUEST DE MADAGASCAR

Fig. 1

## I N T R O D U C T I O N

Située sur la côte NW de Madagascar, approximativement entre 48°30' et 49° Est Greenwich en longitude, 12°30' et 13°25' Sud en latitude, la région qui fait l'objet correspond à la carte n° 5404 du S.H., au 100.330° (fig. n° 1).

Ses limites naturelles en sont : Nosy-Mitsio (1) et Nosy Lava au NW, le pied de la montagne d'Ambre au NE, les plaines de la Mahavavy et de l'Ifasy à l'E, la chaîne gréseuse du Galoka au S, la presqu'île d'Ambato et Nosy Faly au S.W. La Baie d'Ambaro, à elle seule, en constitue la moitié S.

D'une quarantaine de milles du N au S sur une vingtaine de milles d'W en E, l'ensemble s'apparente à une baie méritique interne, largement ouverte aux influences extérieures, sur 20 milles à l'W entre Nosy Faly et Nosy Mitsio, et sur 15 milles au N entre Nosy Lava et la montagne d'Ambre, sur un plateau continental dont la largeur totale d'W en E, à cette latitude, atteint une quarantaine de milles.

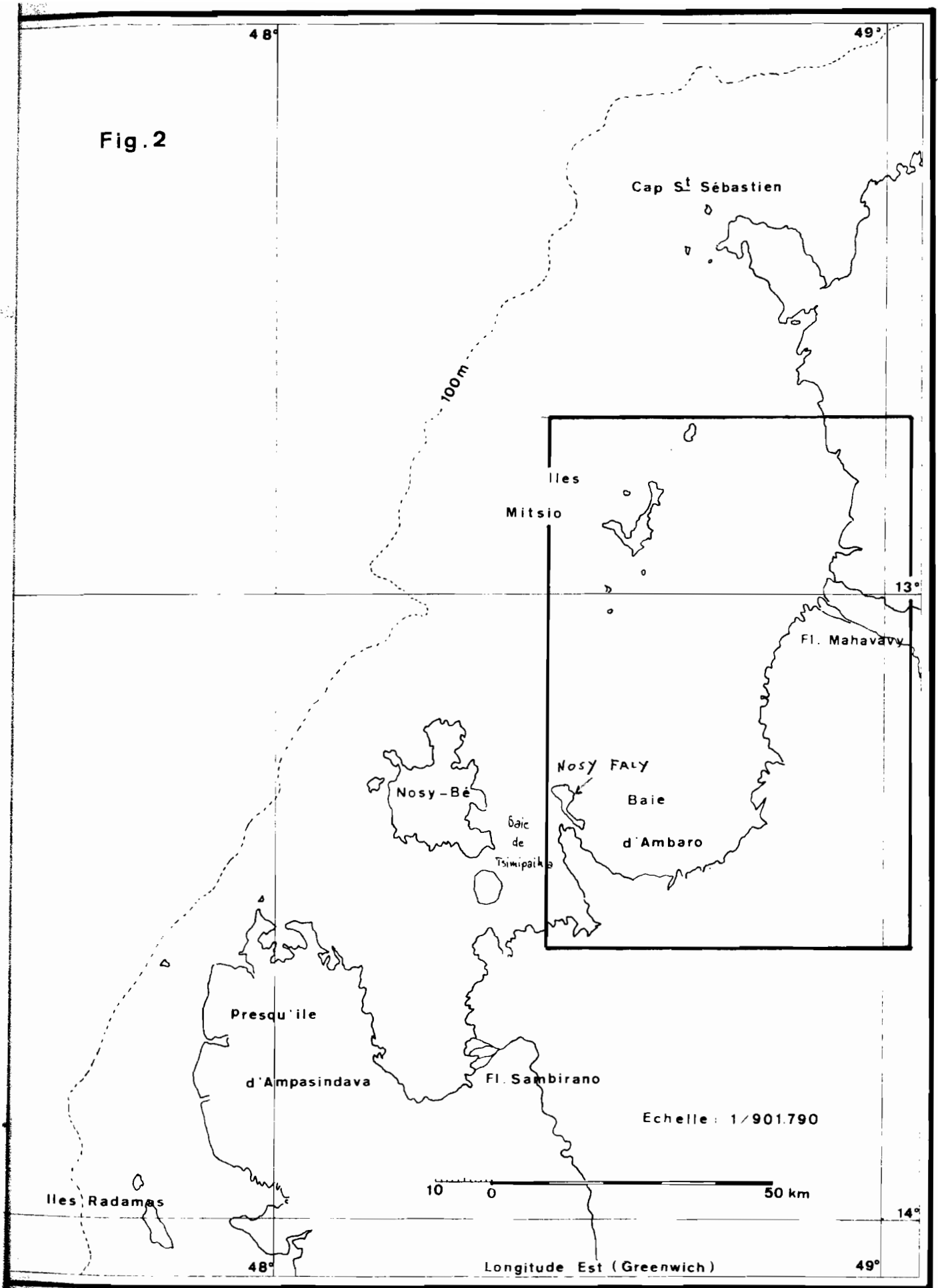
Cette étude, menée essentiellement au cours de l'année 1968, est le prolongement vers le NE des travaux entrepris en 1966 et 1967 par le laboratoire de Géologie du Centre CRSTOM de Nosy-Bé sur le plateau continental des abords de Nosy-Bé : elle s'intègre dans un programme plus vaste, qui est l'étude du plateau continental et de la pente continentale d'une zone allant de la presqu'île d'Amasindava au Cap St Sébastien (fig. n°2).

Elle représente d'autre part la contribution du laboratoire à une action concertée en baie d'Ambaro de toutes les disciplines présentes au Centre de Nosy-Bé, action concertée entreprise en 1968 dans le but d'établir une évaluation quantitative des biomasses et de dresser un bilan de production de matière organique.

---

(1) "Nosy" en langue malgache, signifie "île"

Fig. 2



## CHAPITRE I - CARACTERES GENERAUX DE LA REGION

### NORD DE MADAGASCAR

#### A - Géologie et morphologie

L'étude géologique et morphologique du N et du NW de Madagascar a été reprise par J. de St OURS, en 1960, à la suite des travaux effectués par LACROIX (1902, 1923), LEMOINE (1906) et BESAIRES (1936, 1952) ainsi que de GUILCHER (1956) et BATTISTINI (1959).

Sur un socle ancien et plissé, métamorphique, où domine le Massif de Tsaratanana, point culminant de Madagascar, avec 2.880 m., s'est déposée une couverture sédimentaire à allure monoclinale, de pendage général NW, débatant au permotrias et recouverte dans toute sa partie N par les épanchements volcaniques quaternaires, essentiellement basaltiques, de la Montagne d'Ambré. Celle-ci, du haut de ses 1.475 m., domine, avec le Massif du Tsaratanana, la topographie de la région.

La couverture sédimentaire sépare ces deux montagnes par un système de cuestas, à pénétration NW à NW. La plus importante, formée par la chaîne du Galoka (Alt. 1.148 m.), borde, en la masquant partiellement, le Massif du Tsaratanana ; de direction SW-NE près de la baie d'Ambaro, elle s'incurve progressivement vers l'E à partir d'Ambilobe (ville principale de la région).

Une deuxième cuesta, de direction WSW-ESE, constituée par les calcaires du Lias supérieur et du Jurassique moyen, dépassent les 750 m. d'altitude, est séparée de la première par une dépression creusée dans les marnes du Lias, large d'une douzaine de km, qu'emprunte la route Vohemar-Côte Est. A l'W, les calcaires jurassiques s'arrêtent par un abrupt vertical au-dessus de la plaine côtière, le Mur de l'Ankara, haut de 150 m., que de St OURS attribue au prolongement nord d'une faille importante de la région de Sembiranon, la faille Ankaramy-Jangoa, de direction générale SW-NE.

Une troisième cuesta, d'ampleur beaucoup plus faible, est formée par les grès du Crétacé moyen ; sur le flanc E de la Montagne d'Ambré, elle est en fait masquée par les premiers contreforts de cette dernière.

Au pied de ces reliefs s'étend une plaine littorale, large au minimum d'une dizaine de km (au SE de la baie d'Ambaro ou au pied de l'Ankara) et au maximum d'une trentaine de km (dans la plaine

de la Mahavavy). BERTHOIS et GUILCHER (1956) y distinguent trois formations :

- un pédiment sablo-argileux, à évolution latérale
- les plaines deltaïques
- la zone de mangrove.

Attribué au Pliocène, le pédiment sablo-argileux constitue la partie interne de cette plaine côtière ; au S, il se trouve immédiatement au contact de la zone de mangrove. Il constitue d'autre part la totalité de la presqu'île d'Ambato. Ce pédiment n'est affecté que d'ondulations de faible amplitude ; il atteint 128 m. au S de la presqu'île d'Ambato. A travers lui, au SE de celle-ci, émerge le petit massif de granite intrusif post-liasique du Mont Ambato, qui domine les alentours de ses 450 m.

Les plaines deltaïques plioquaternaires de l'Ifasy, de la Mahavavy et de la Mananjeba recouvrent en partie le pédiment. La seconde est de loin la plus importante. De pente relativement forte (un peu moins de 1 pour 1000 en moyenne), elle présente une morphologie de type classique avec méandres à évolution rapide, levées, cuvettes et rigoles de débordement.

La côte enfin est basse et recouverte de palétuviers ; la zone de vases de mangroves peut atteindre jusqu'à 7 km (à l'embouchure de la Mananjeba). La mangrove s'appuie au S sur le Mont Ambato, au N sur les premières pentes de la Montagne d'Ambre. La côte, de part et d'autre, redevient rocheuse avec les basaltes de Nosy Faly (altitude: 68 m.) et de la Montagne d'Ambre.

Les îles Mitsio, enfin, constituées par des basaltes quaternaires également, présentent des reliefs visibles de loin en mer, grâce en particulier à Nosy Ankarea (238 m.). Leurs côtes sont rocheuses, souvent escarpées et en falaises. La côte de Nosy Lava (160 m.) est également toute en falaises. Ces îles sont très utiles pour la navigation.

D'un point de vue tectonique, BESAIRES (1957) et de St GUIS (1960) distinguent deux grands systèmes dans lesquels peuvent être classées les fractures principales de la région :

-un système dit "Côte Est", parallèle à la grande faille de la Côte Est de Madagascar (NE-SW), auquel appartiennent la zone de fracture du contact Sédimentaire-Cristallin et la grande faille

.../...



Ankaramy-Jangoa, que l'on retrouve au Mur de l'Ankara.

-un système dit "mozambéque", orienté NNW, auquel appartient le graben du Sambirano. De St OUBÉ pense qu'il s'agit en fait d'une très importante zone de faiblesse tectonique traversant Madagascar de la baie d'Ambohitelo sur la côte NW à la baie d'Antongil sur la côte E ; selon lui, la région marine comprise entre les presqu'îles d'Ambohitelo et d'Ambato se serait affaissée récemment et appartiendrait à cette zone d'effondrement

## B - Climatologie

La climatologie du nord malgache est régie essentiellement par la position de Madagascar, soumise à l'alizé de SE, et par les hauts reliefs du Tsaratanana et de la Montagne d'Ambre.

### 1- Les vents

Durant l'hiver austral, de mai à octobre, qui correspond à la saison sèche, le N. de Madagascar est soumis aux alizés de SE, violents et quasi-permanents, qui sont déviés vers le N par les hauteurs du Tsaratanana et s'engouffrent vers l'W dans la dépression Vohémar-Ambilobe, entre le Tsaratanana et la Montagne d'Ambre ; ces vents d'E sont souvent violents dans la région N des îles Mitsio. Ils s'incurvent vers le S, pour devenir NE dans la région de la baie d'Ambaro ; ils y perdent alors progressivement leur force et sont en général suffisamment affaiblis pour être remplacés l'après midi par une brise de mer, le talio, de direction inverse (WSW en moyenne), provoquée par l'échauffement des terres durant la matinée. Le talio s'arrête le soir, et l'alizé reprend dans le courant de la nuit.

Durant l'été austral, de novembre à avril, le N. de Madagascar se trouve au contact d'un alizé affaibli, et de la mousson de NW à bout de course ; cette situation de contact accroît l'instabilité de l'air et favorise les précipitations ; c'est la saison humide. Cette saison est celle de fréquents calmes plats, mais aussi de cyclones. Ces derniers, arrivant de l'Océan Indien, et déviés vers le N par le Tsaratanana, empruntent souvent la dépression Vohémar-Ambilobe pour passer du côté des îles Mitsio.

### 2- Les houles

Les houles engendrées par ces vents sont de deux sortes dans la région des Mitsio et de la baie d'Ambaro : W à SW et ENE. La première, créée par le talio de l'après-midi reste toujours faible, en raison de la modération du vent et de sa courte durée. La seconde, souvent faible, peut devenir forte, surtout dans la région N des Mitsio, en raison de la violence et de la longue durée possible (plusieurs jours d'affilée) des alizés.

.../...

alizés.

Quant aux houles provoquées par le passage d'un cyclone, elles sont évidemment très violentes, mais de courte durée. Il est cependant probable qu'elles perturbent sérieusement les processus sédimentaires normaux.

### 3-Les précipitations

Le H. de Madagascar peut être divisé en trois régions :

-la région de Nosy-Bé et du Sambirano, avec une saison sèche accusée, mais sans véritable aridité (2048 mm de novembre à avril et 285 mm de mai à octobre à Ambanja).

-la région d'Ambilobé et de Diégo-Suarez, ayant une longue saison sèche très prononcée : 7 à 8 mois (1893 mm de novembre à avril, 77 mm de mai à octobre à Ambilobé et 850 mm de novembre à avril, 38 mm de mai à octobre à Diégo-Suarez).

-les hauts reliefs (Tsaratanana, Montagne d'Ambre), qui font écran condensateur, et en conséquence ne subissent pas la saison sèche (2138 mm de novembre à avril et 428 mm de mai à octobre sur la Montagne d'Ambre).

### 4-Hydrographie

Le Tsaratanana est le noeud hydrographique principal du H de Madagascar. Plusieurs cours d'eau en descendent vers la côte N. Ce sont du nord au sud : le Mananjeba, la Mahavavy, l'Ifasy, et se jetant plus au S, en baie d'Ampanindava, le Sambirano. La Mahavavy, avec ses 175 km, et le Sambirano avec son affluent la Ramena, en sont les plus importants : leurs bassins versants sont d'environ 3000 Km<sup>2</sup>.

Ces fleuves traversent des formations essentiellement cristallophylliennes puis gréseuses avant de se jeter dans la mer par l'intermédiaire de deltas bien développés. Les matériaux transportés sont par suite très quartzeux, micacés, et riches en minéraux argileux, provenant de la décomposition des latérites.

Ces fleuves ont un faible débit en période d'étiage ; l'essentiel de leur action a lieu en période de crues, durant la saison humide. Ils sont alors très violents.

CHAPITRE II - MOYENS ET METHODES D'INVESTIGATION

Les cartes et documents utilisés ont été la carte n° 5404 du S.H., les cartes au 1/100.000<sup>e</sup> du Service Géographique de Madagascar, les cartes géologiques au 1/100.000<sup>e</sup> (feuille d'Ambilobe) et au 1/500.000<sup>e</sup> (feuille de Diégo-Suarez) du Service Géologique, la couverture photographique aérienne du littoral effectuée par l'IGN en 1949 au 1/40.000<sup>e</sup> et en 1954 au 1/20.000<sup>e</sup>, enfin les documents photographiques réalisés au cours d'une mission aérienne de reconnaissance sur le littoral de la baie d'Ambaro en octobre 1969, par la Division Maritime des Pêches de Madagascar.

Recherches bathymétriques et sédimentologiques ont été assurées conjointement, à l'aide de prélèvements par benne ou carottier léger et d'écho-sondages effectués à bord de l'Ambariaka, qui est équipé d'un sondeur ATLAS-WERKE, type Monograph 58.

Les premières indications étant données par les sondes de la carte marine n° 5404, les profils bathymétriques ont été réalisés de préférence perpendiculairement aux grandes lignes de la morphologie, et d'autre part, la majeure partie de la région s'avérant peu accidentée, leur densité a été fonction de la topographie. C'est ainsi que 10 coupes transversales, de direction sensiblement SW-NE ont été réalisées sur toute la largeur du secteur, et que sept autres, partielles, sont venues les préciser. En outre, dans la plupart des cas, les campagnes de prélèvements ont été accompagnées d'enregistrements des fonds, complétant ainsi l'ensemble.

L'Ambariaka étant démuné de radar, le point a été assuré au cercle hydrographique. Le problème important est celui de sa précision. La côte est, on l'a vu au premier paragraphe, basse et donc disparaît très vite au regard. D'ailleurs, étant bordée sur sa plus grande partie de mangroves, les points remarquables (pointes, embouchures, chenaux) ne se distinguent pratiquement pas. Force est au navigateur de prendre la plupart du temps comme amers les reliefs lointains, qui sont ainsi sources de deux erreurs ; l'une est due à leur éloignement, l'autre à l'imprécision de leur sommet, ces hauteurs étant souvent arrondies. La précision des points qui ne sont pas effectués à proximité de Nosy Faly ou des Mitsio est alors d'environ 1/4 de mille ; elle n'est même que d'un demi-mille environ du côté de l'embouchure de l'Ifasy.

.../...

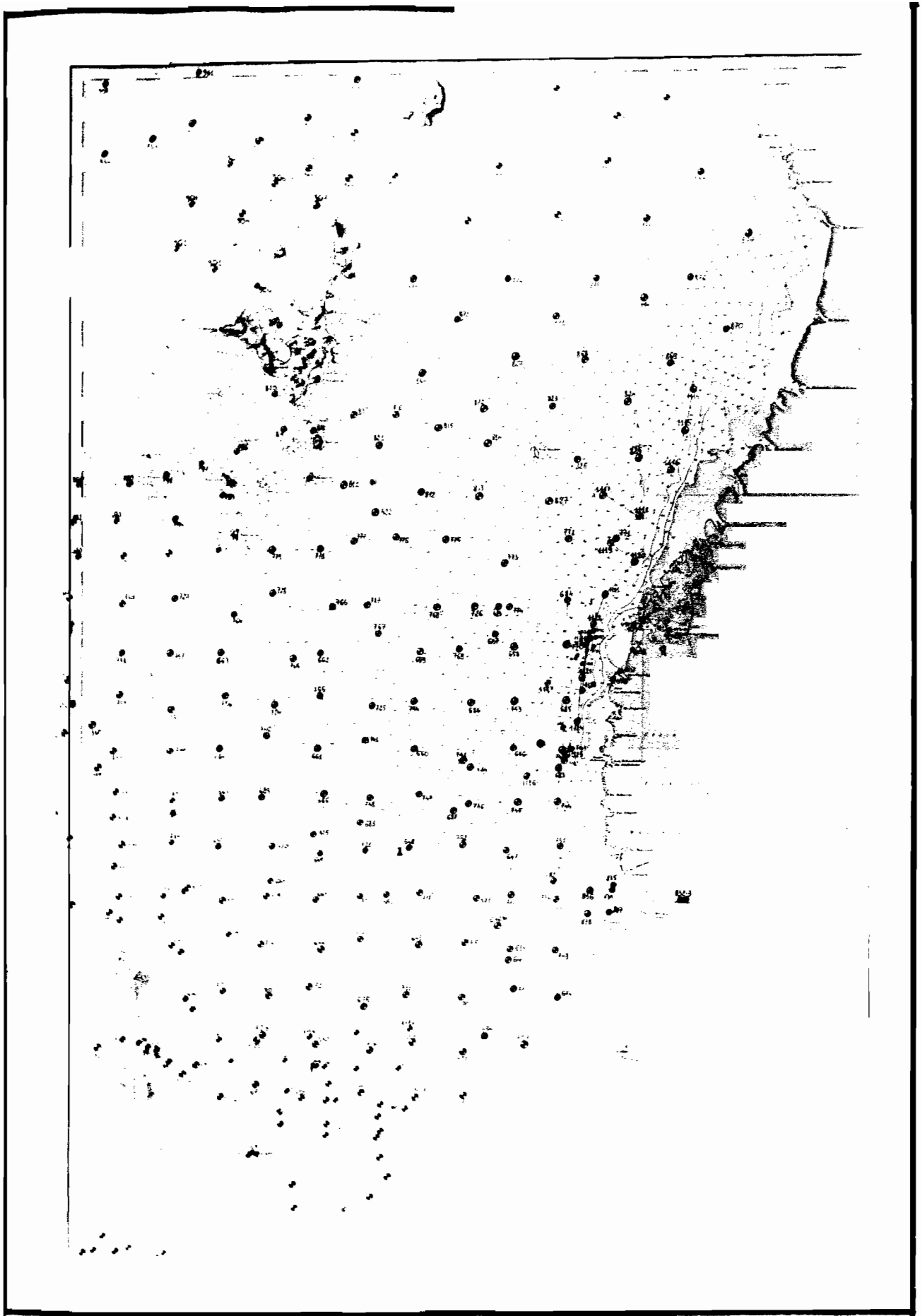


Fig. 5 - CARTE DES PRELEVEMENTS

La carte bathymétrique issue de ce rapport ne saurait donc être utilisée pour la navigation. Son but est l'étude morphologique et structural de la région, que ne peut mettre en évidence la seule carte n° 5404 du S.H.

Du point de vue sédimentologique, 228 échantillons (fig.5) ont été prélevés à la benne (type SMITH et MAC INTYRE légèrement modifié) et 18 au carottier léger (taille maximum : 1,36 m). Un prélèvement systématique tous les deux milles a d'abord été fait, puis, en fonction des écho-sondages et des premiers résultats sédimentologiques, d'autres ont été effectués dans le but de préciser certains points particuliers.

Le littoral de la baie d'Ambaro et devant Port St Louis a été visité à marée basse ou en embarcation plate munie d'un cône Berthois. 28 échantillons ont été ainsi ramassés.

22 prélèvements, enfin, ont été faits dans le lit des principaux cours d'eau et de certains ruisseaux tout autour du secteur considéré, ainsi que sur le pédimant argilo-sableux.

### CHAPITRE III - MORPHOLOGIE et STRUCTURES

#### A-Description

Il est possible de diviser le secteur en deux régions distinctes, de part et d'autre d'une ligne W-E, allant grosso modo de Tsara Bajina (l'une des îles Mitsio) à Port St Louis (le port de la région d'Ambilobé) : au N, le relief est faible, et la pente douce et constante dans sa direction (W), au S, l'allure générale est celle d'une cuvette, assez ouverte au N, sinon au pourtour régulier, épousant la courbure du rivage de la baie d'Ambaro, et dont le centre est occupé par une dépression allongée E-S-N, dépassant les 50 m de profondeur. Cette zone S est en outre caractérisée par la présence de quelques massifs coralliens, d'étendue très restreinte, mais dangereux pour la navigation en raison de leur faible immersion.

La carte bathymétrique est dressée en courbes de niveau équidistantes de 10 m de profondeur. Son échelle est le 1/100.330<sup>e</sup>.

#### 1-La région située au nord de la ligne Tsara Bajina-Port St Louis

Le profil bathymétrique AB (Fig. 6 et 7) montre une pente E-W très faible, de l'ordre de 1/750<sup>e</sup> en moyenne, soit 1,33 pour mille (40 m de dénivellation pour une trentaine de km), avec des valeurs toutefois plus élevées à l'approche des Mitsio et des zones sableuses littorales (le profil de ces dernières est délicat à enregistrer, en raison des risques d'échouages).

Le secteur central, qui représente à lui seul plus des 3/4 de la surface, est constitué par deux types de reliefs : des zones à pente douce et très régulières, sans aucun accident visible, alternent avec des zones faiblement bosselées : l'amplitude de ces ondulations ne dépasse pas 5 m, la largeur en est variable, les pentes dissymétriques.

Ces deux zones se distinguent sur l'enregistrement par un trait d'épaisseur différente due à une pénétration des ultra-sons plus forte dans un cas que dans l'autre, ce qui correspond à un changement de nature du sol, qu'il appartiendra à l'étude sédimentologique de déterminer.

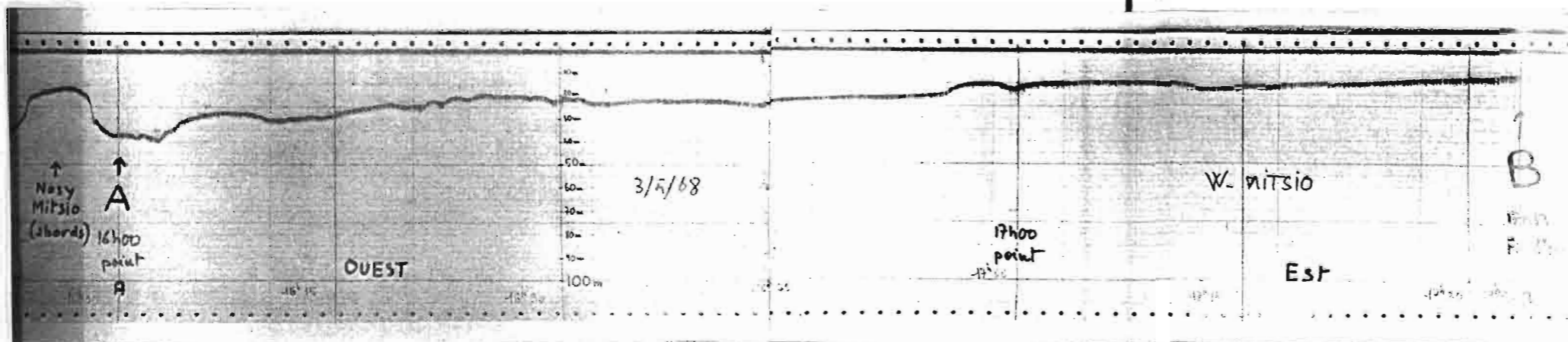


Fig. 7 - PROFIL BATHYMETRIQUE AB

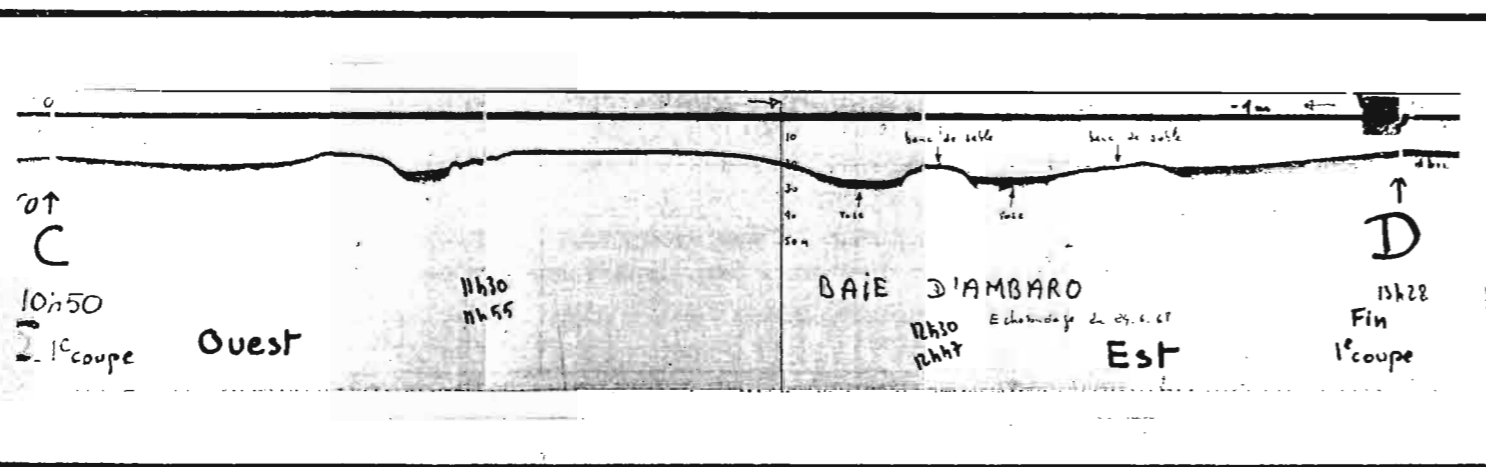


Fig. 8 - PROFIL BATHYMETRIQUE CD

Il est possible par endroits de voir ces formations ondulées plonger sous les premières ; il semble donc que l'on assiste à l'ennoisement par des matériaux récents de formations antérieures, qu'en raison de leur surface irrégulière, on peut faire remonter à la régression préflandrienne (ce serait le résultat d'une érosion continentale plus ou moins remaniée lors de la grande transgression flandrienne).

Ce phénomène devient de plus en plus sensible au fur et à mesure que l'on se rapproche de la côte, c'est-à-dire vers l'E, et que l'on monte vers le N ; les poches de remplissage sont pratiquement absentes sur le tiers W du profil AB, et dans tout le secteur méridional de cette zone située au N de la ligne Tsara Bajina-Port St Louis.

## 2-La région située au sud de la ligne Tsara Bajina-Port St Louis

Elle correspond à une grande baie d'Anbaro, que l'on étendrait de Nosy Faly à Tsara Bajina. On peut y distinguer deux zones, dont la ligne de séparation est située aux environs de l'isobathe de 30 m., la zone de pourtour et la zone dépressionnaire centrale.

### a/ La zone de pourtour

Très large par rapport à la surface de l'ensemble (plus de 10 milles au S), cette zone est analogue à celle qui vient d'être décrite dans le N ; la pente moyenne est faible (1,5 à 3%), et reste perpendiculaire à la ligne de rivage, qui, ayant la forme d'un demi-cercle, donne à l'ensemble l'allure d'une cuvette. On peut assimiler à la zone de pourtour la région qui part du front SW du delta de la Mahavay et s'appuie sur la région N et les îles Mitsio. La cuvette reste toutefois évasée vers le NW, c'est-à-dire vers le large, entre Nosy Faly et Tsara Bajina.

On retrouve ici avec une netteté accrue les structures décrites dans la région N : un alluvionnement récent, sans accident topographique visible, recouvre partiellement des terrains faiblement vallonnés, dont la partie non encore enfouie n'excède pas les 10 m de hauteur (fig.8, profil CD).

Il n'est d'ailleurs pas obligatoire que ces structures émergent pour être reprérisées : les ultra-sons pénètrent les sédiments récents jusqu'aux structures sous-jacentes, pour peu que celles-ci ne soient pas trop enfouies.

C'est ainsi que l'on peut suivre en particulier une sorte de

.../...

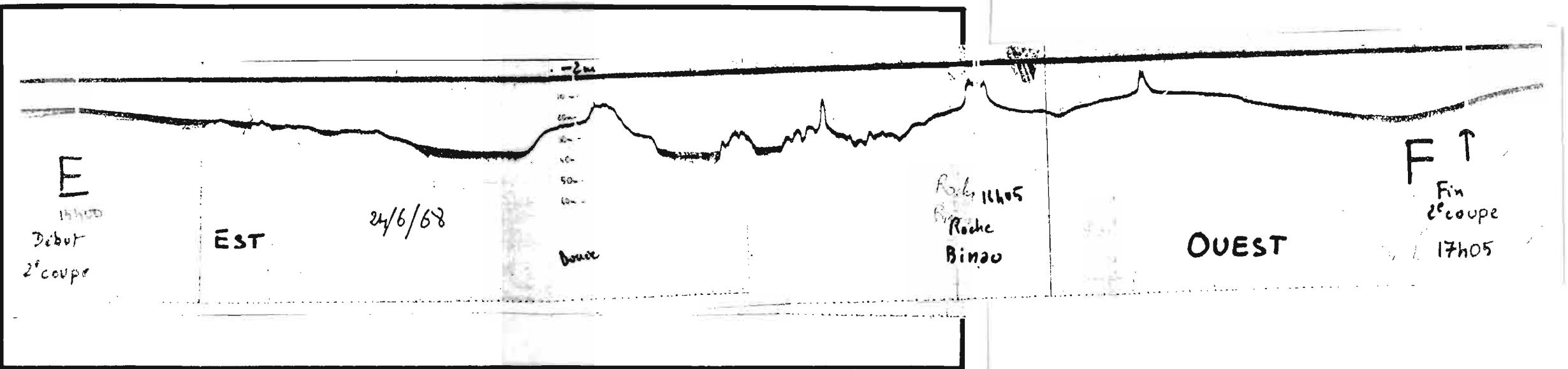


Fig. 9 - PROFIL BATHYMETRIQUE EF

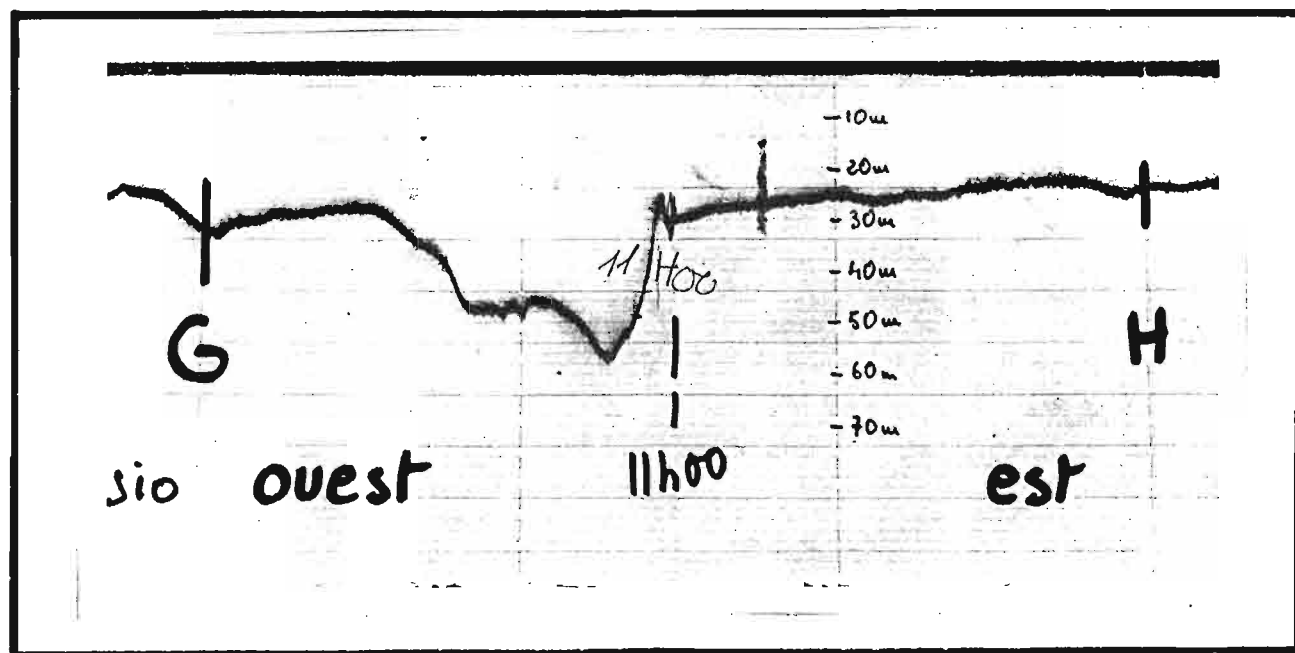


Fig. 10 - PROFIL BATHYMETRIQUE GH

au nord/

banc, sur une dizaine de km, allongé suivant un axe NNE-SSW, au S du banc Kirota. Recoupé par quatre profils successifs et parallèles E-W, il n'apparaît pas sur la carte bathymétrique, car il émerge de 4 m seulement au maximum, et est recouvert sur les deux profils sud: ce banc semble plonger faiblement vers le sud.

Dans cette zone de pourtour sont localisés des dômes, d'étendus restreinte, aux pentes beaucoup plus raides, surmontées de récifs coralliens, tels que le banc Kirota, la roche Binao, la roche Noire (profil EF, fig.9), ou encore plus au S le banc des Etuis. Ces dômes créent des dénivellations brusques d'une dizaine de mètres dans la topographie, mettant ainsi les récifs à moins de 5 m de la surface de l'eau dans plusieurs cas. L'allure de ces dômes n'est pas sans rappeler ceux décrits en 1967 par le Laboratoire sur le plateau continental du N de Nosy-Bé. En raison des dépôts organogènes et d'encroutements calcaires à la surface des pentes, il n'a pas été possible de déterminer le substratum de ces reliefs: peut-être ne sont-ils que récifaux, mais peut-être aussi peuvent-ils être attribués à des pointements volcaniques, ce qui ne saurait surprendre en raison de la tendance volcanique de la région (Nosy Faly, les Mitsio .....).

#### b/ La zone dépressionnaire centrale.

Elle correspond à l'approfondissement vers l'W de la formation antéflandrienne, par accroissement progressif de la pente. Ses contours n'en sont cependant pas nettement définis, la rupture de pente n'étant ni brusque la plupart du temps, ni constante: ils seront confondus par estimation avec l'isobathe-30 m.

Il s'agit d'une dépression de direction générale NW-SE, resserrée dans sa partie centrale, où elle est également la plus profonde (-56 m), communiquant avec le plateau continental par des fonds supérieurs à -30 m, et se terminant au SE par deux digitations externes de part et d'autre du banc Kirota, la plus N de celles-ci dépasse encore les 40 m.

La partie méridionale de cette zone dépressionnaire est envahie par l'alluvionnement récent décrit dans les deux précédents paragraphes. Sur le fond émergent encore des reliquats de reliefs aux apparences coralligènes, bien qu'ils soient profondément immergés (30 m environ).

D'une manière générale, enfin, il est à noter que la bordure NE de la dépression se présente de manière plus abrupte: témoin le profil GH (fig.10), à l'endroit où la dépression est la mieux individualisée, et peut même être comparée à une petite fosse.

## B-Interprétation

Deux traits marquants sont à retenir : l'existence de structures d'ennelement, et la présence d'une dépression remarquable dans un paysage par ailleurs monotone.

De l'existence de ces structures d'ennelement, il va surtout appartenir à l'étude sédimentologique d'exploiter et d'expliquer ces données. Notons tout de même que les dépôts récents sont observés essentiellement en bordure du littoral, devant les embouchures des grands fleuves côtiers actuels, mis à part la région de Nosy Faly: il est donc permis de rapprocher ce phénomène de l'alluvionnement fluvio-marin actuel.

Quant à la dépression NW-SE, deux hypothèses, d'ailleurs compatibles entre elles, seront retenues.

1°- Il peut s'agir d'une ancienne vallée fluviale creusée à l'air libre lors de la régression antéflandrienne. Cette vallée fluviale aurait été empruntée par l'Ifasy, voire même par l'ensemble Mahavavy-Ifasy, à une époque où le cours de la Mahavavy pouvait être beaucoup plus sud qu'actuellement : l'étendue du delta de ce fleuve vers le S, bordant celui de l'Ifasy, rend l'hypothèse plausible.

Il est intéressant de noter que l'axe de la dépression à son extrémité NW a légèrement bifurqué vers l'W. Il est alors possible de rapprocher cette dépression de la fosse du NE de Nosy-Bé, très bien individualisée, avec ses 95 m de fond, décrite en 1967 par le Laboratoire (1). Ceci supposerait que le fleuve Mahavavy-Ifasy se serait dirigé vers ce qui devait devenir Nosy-Bé, pour l'effleurer par le NE.

soit

Et il n'est alors pas moins tentant de rapprocher de ces deux traits l'importante vallée sous-marine mise en évidence par la carte bathymétrique de la pente continentale du N de Nosy-Bé, réalisée en 1967 et 1968 par le Laboratoire, vallée sous-marine bien marquée, que l'on peut suivre de -100 m jusqu'à -2000 m, et dont la tête ne se trouve éloignée que d'une dizaine de milles de la fosse NE de Nosy-Bé (fig.11).

---

(1) "Bathymétrie et sédimentologie du plateau continental autour de Nosy-Bé" par J.DUPONT et G.JOUANNIC, 1967 (Rapport interne).



Fig. 11

Il sera certainement très intéressant d'étudier la topographie de cette région qui va de Nosy Faly à Nosy Bé et de Nosy Mitsio au rebord du plateau continental.

Cette hypothèse rejoint diverses descriptions de vallées fluviales préflandriennes faites sur le plateau continental W malgache : la Mahajamba, la Belsiboka, la Tairibihina (HERVIEU).

2°- Dans le paragraphe "Caractères généraux", il a été rappelé l'hypothèse de de St CURS, qui pense que la région allant de la presqu'île d'Ampasindava à celle d'Ambato (fig.3) fait partie d'une importante zone de faiblesse tectonique orientée NW à NE ; il n'est donc pas impossible que la zone dépressionnaire ici décrite soit en relation avec cette zone d'affondrement, en raison de sa direction d'ensemble identique et de sa proximité.

Ces deux hypothèses ne sont pas incompatibles : l'Ifasy, voire la Mahavavy peuvent très bien avoir pris pour parcours cette éventuelle fracture.

Notons enfin pour conclure que la fameuse faille Ankarany-Jangoa, de direction NE-SW, dont de St CURS voit le prolongement dans le Mur de l'Ankara, n'a pu être retrouvée par la seule étude bathymétrique, dans le fond de la baie d'Ambaro, où elle devrait passer. Ceci ne prouve toutefois rien ; toute trace remarquable dans la topographie a très bien pu être masquée par la sédimentation récente.

## CHAPITRE IV - SEDIMENTOLOGIE

L'étude sédimentologique de la Baie d'Ambaro et du plateau continental situé à l'E des Mitsio conduit à distinguer trois types fondamentaux de sédiments : les dépôts organogènes - sables coquilliers, à Foraminifères ou coralliens-, les sables quartzeux, enfin les dépôts fins terrigènes.

Les dépôts organogènes, constitués essentiellement de matériaux calcaires s'associent en quantité variable aux deux autres types sédimentaires : outre les récifs coralliens proprement dits, huit faciès sont ainsi définis, que l'on peut regrouper en deux grands ensembles : les sables, d'un côté, et les vases et vases sableuses de l'autre. C'est ce que tente de faire ressortir la carte sédimentologique.

Les formations sableuses comprennent :

- des sables littoraux quartzeux (0 à 10% de  $\text{CaCO}_3$ )
- des sables quartzeux, coquilliers (10 à 40% de  $\text{CaCO}_3$ )
- des sables coquilliers, à Foraminifères, quartzeux (40 à 70% de  $\text{CaCO}_3$ )
- des sables coralliens, coquilliers, à Foraminifères (70 à 100% de  $\text{CaCO}_3$ )

Les vases et vases sableuses sont divisées en :

- vases terrigènes (0 à 10% de  $\text{CaCO}_3$ )
- vases terrigènes, moyennement riches en calcaires (10 à 40% de  $\text{CaCO}_3$ )
- vases sableuses terrigènes (0 à 10% de  $\text{CaCO}_3$ )
- vases sableuses terrigènes et calcaires (10 à 60% de  $\text{CaCO}_3$ )

### A - La carte sédimentologique

De l'analyse des prélèvements, deux critères ont été retenus pour la réalisation de la carte sédimentologique : la teneur en calcaire et le pourcentage en fraction fine ( $< 40 \mu$ ) de l'échantillon total.

La teneur en calcaire permet d'apprécier l'importance respective des fractions organogène et terrigène -(celle-ci par complémentarité)- en chaque point.

..../...

La séparation de l'échantillon total en fraction fine ( $< 40 \mu$ ) et en fraction grossière ( $> 40 \mu$ ) permet la distinction entre sables, vases sableuses et vases.

D'autres paramètres ont été étudiés tels que la teneur en fer, en matière organique, ou la minéralogie des argiles, mais n'ont pu mettre en évidence jusqu'à présent de phénomène particulier susceptible de modifier ou de compléter le dessin de la carte sédimentologique.

### 1-Teneur en calcaire des sédiments

La teneur en calcaire de l'échantillon brut permet d'apprécier l'importance de sa fraction organogène dans le mélange qui associe celle-ci à des dépôts terrigènes. Les dépôts organogènes sont en effet constitués de matériaux calcaires dans leur quasi totalité. D'autre part le calcaire d'origine détritique peut être considéré comme négligeable : les fleuves côtiers ne traversent que des formations cristallophylliennes ou gréseuses; seule la Mamanjeba, au N, creuse son lit à travers les calcaires jurassiques de l'Ankara, mais sur une distance très faible par rapport à la longueur totale de son cours, et d'ailleurs deux échantillons prélevés dans son lit en aval de ces formations calcaires n'ont pas donné de traces de carbonates.

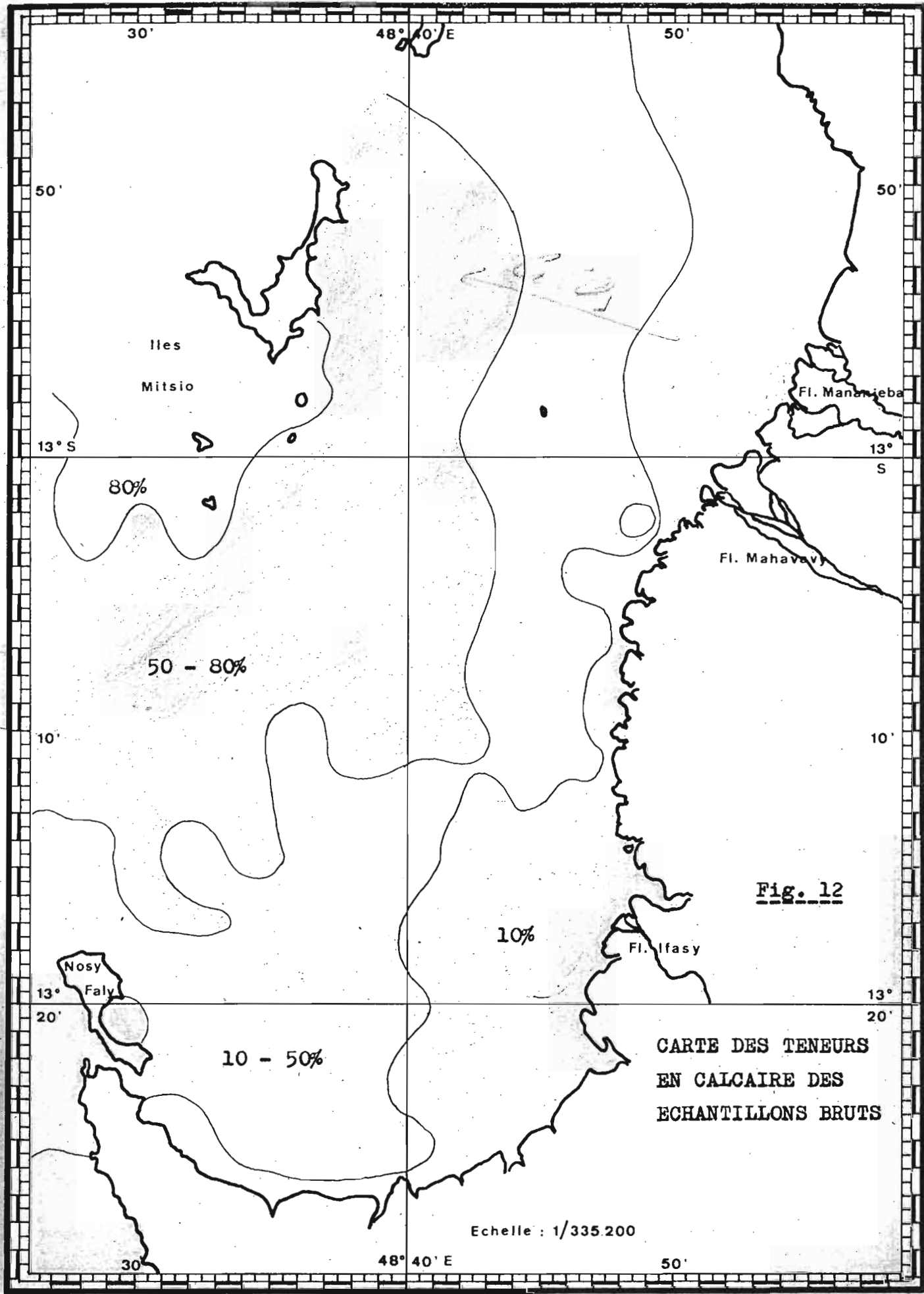
La teneur en calcaire est mesurée à l'aide d'un calcimètre type BERNARD sur chaque échantillon brut, broyé au préalable. Cette méthode, dite de calcimétrie, a été adoptée en raison de sa simplicité, de la rapidité de la mesure, de sa précision suffisante (5%), et de la vérification rapide par étalonnage de l'appareil à l'aide de  $\text{CaCO}_3$  pur. Les résultats obtenus sont exprimés en % de  $\text{CaCO}_3$ , la distinction entre les différents carbonates n'étant pas faite. Des mesures, enfin, ont été effectuées selon le même principe sur la fraction fine d'environ la moitié des échantillons.

Les deux cartes de teneur en calcaire ainsi réalisées (fig.12 et 13) sont simples et comparables : l'importance relative du calcaire, pratiquement négligeable dans les sables littoraux et devant les embouchures des grands fleuves côtiers, croît au fur et à mesure que l'on progresse vers le large, pour atteindre des valeurs maximales, proches de 100% dans les zones récifales des îles Mitsio et de la barrière coralligène immergée du rebord externe du plateau continental (qui se trouve hors du cadre de cette étude).

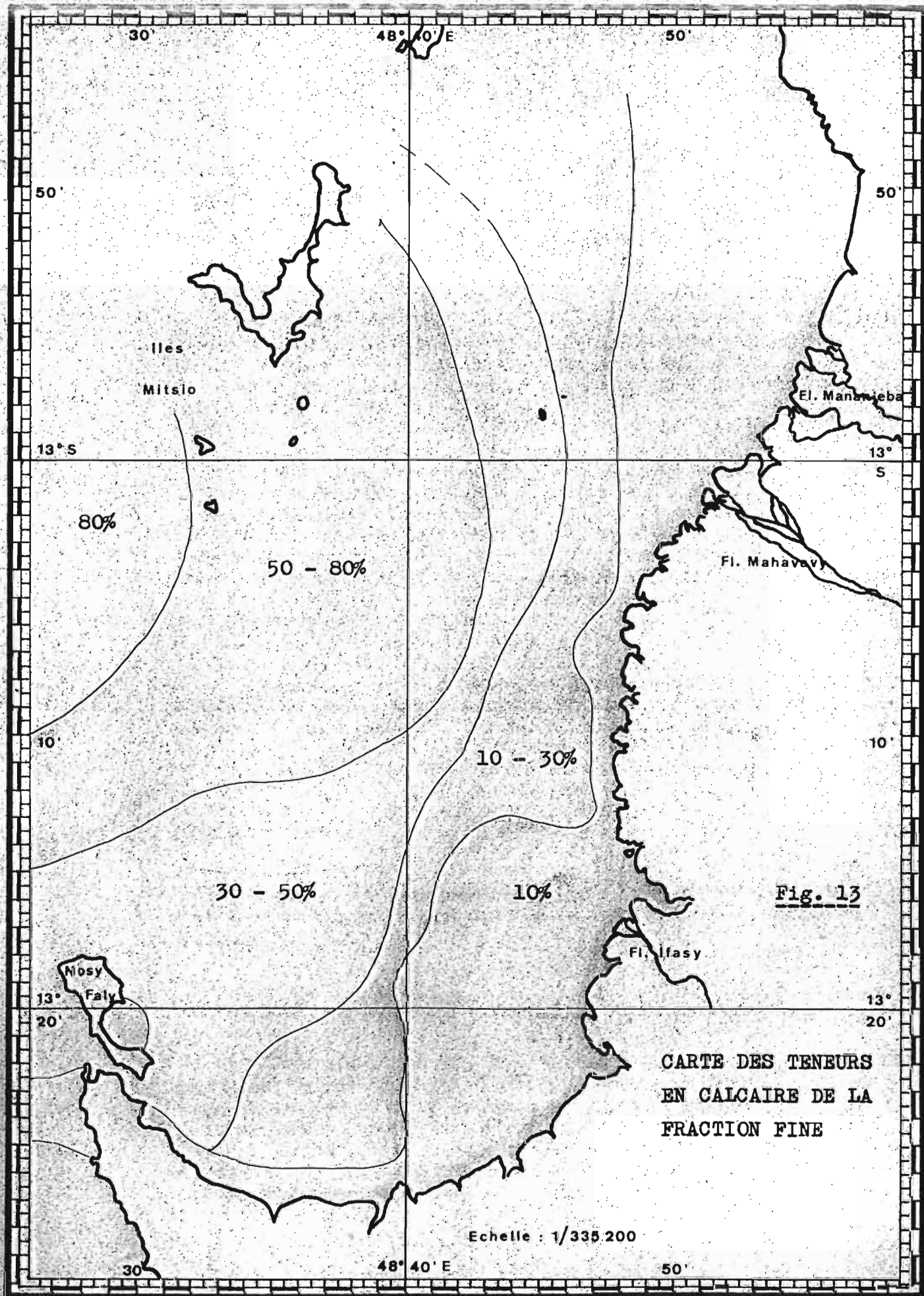
### 2-Granulométrie

#### a) Mode opératoire

.../...



CHATE 110 5 36 P. 1/335 200



L'analyse granulométrique fournit plusieurs données sur un même échantillon : l'importance relative de la fraction fine (totale), la médiane, l'indice de triage, le ou les modes granulométriques. Elle peut être effectuée sur l'échantillon brut, sur l'échantillon décalcifié, sur la seule fraction grossière, décalcifiée ou non, ou sur la seule fraction fine, décalcifiée ou non elle aussi.

L'échantillon brut, séché puis pesé (100 à 200 g environ) est tamisé à l'eau sur un tamis de  $40 \mu$ . Le reliquat du tamis rapporté en % correspond au pourcentage en fraction grossière, et par différence à celui en fraction fine. C'est cette mesure qui a été utilisée pour l'élaboration de la carte sédimentologique.

La fraction grossière ainsi récupérée est soumise à une analyse granulométrique complète à l'aide d'un appareil GRANULOTEST-TAMISOR, employant les normes AFNOR. Les reliquats de chaque tamis sont pesés ; on en déduit les courbes granulométriques classiques, dites "cumulatives" et de "fréquence". Les coordonnées utilisées sont à échelle ; soit arithmétique pour les poids cumulés et logarithmique pour la dimension des grains, soit de probabilité pour les premiers et arithmétique pour la seconde.

Des courbes cumulatives, on déduit la médiane,  $M_d$ , qui est le diamètre des grains correspondant à 50% du poids total de la fraction considérée, et l'indice de triage, ou "sorting coefficient",  $Q_g$ , avec  $Q_g = \sqrt{\frac{Q_1}{Q_3}}$ , où  $Q_1$  et  $Q_3$  représentent le diamètre des grains correspondants respectivement à 25% et 75% du poids total de la fraction considérée. La courbe de fréquence met en évidence le ou les différents modes, qui correspondent aux diamètres des grains les plus fréquents.

L'analyse granulométrique de la fraction fine, ne pouvant être assurée sur place, est confiée au Laboratoire de Géologie de Bondy.

#### b) Les résultats

L'étude sédimentologique montre que la cartographie des sédiments dont le pourcentage en fraction fine est important (vases et vases sableuses) et celui en fraction grossière prépondérant (sables) est en relation étroite avec les grands traits structuraux mis en évidence au chapitre "Morphologie et Structures" ; les formations attribuées à l'époque préflandrienne sont essentiellement sableuses, et les dépôts récents vaseux ou vaso-sableux.

.../...

Cela a d'ailleurs permis d'accélérer les recherches de limite des faciès, grâce aux échoussages : les dépôts vaseux sont très visibles sur les enregistrements (profils CD et EF, fig. 8 et 9), en raison de la bonne pénétration qu'ils offrent aux ultra-sons, en comparaison des fonds sableux.

Sur un diagramme classique (fig.14) ont été portés en abscisse le pourcentage en fraction fine de chaque échantillon brut et en ordonnée les teneurs en calcaire. Deux zones se dégagent nettement, dont les limites tiennent au facteur granulométrique, correspondant approximativement aux valeurs 0-40% et 70-100% de fins ; la première répondra à la définition de "sables", et la seconde de "vases". Le terme intermédiaire, aux représentants plus rares, compris entre 40 et 70% de fins, sera celui des "vases sableuses".

Ces trois termes, qui vont être décrits au paragraphe suivant, ont été subdivisés en huit faciès suivant leur richesse en calcaire; ces derniers ont été définis au début de ce chapitre. A ces huit faciès doit être ajouté un neuvième, le faciès récifal.

### 3-Description des différents faciès

#### a) Faciès vaseux et vase sableux

Ces faciès sont caractérisés par l'importance de leur fraction fine ; celle-ci est en pourcentage supérieure à 40%. Ils se répartissent en trois zones plus ou moins larges, disposées essentiellement le long du littoral. Deux d'entre elles se situent à proximité des zones d'apports fluviaux, dans la région Mahavavy-Mananjaha d'une part, et devant l'Ifasy d'autre part. Essentiellement terrigènes au contact des sables littoraux, la teneur en calcaire des vases croît vers l'W, ainsi que l'importance de la fraction grossière, que l'on peut expliquer en partie par l'augmentation du nombre de tests d'organismes; les vases terrigènes sont bordés à l'W de vases sableux moyennement riches en calcaires.

La troisième zone vaseuse entoure Nosy Faly d'une surface large d'environ trois milles, et communique avec la grande vaseuse du N de la baie de Tsamipaika (baie située entre Nosy Bé et Nosy Faly). Elle se distingue des deux précédentes par sa richesse relative en calcaires ; 30% en moyenne. Elle se charge d'organismes marins vers le centre de la cuvette et passe progressivement à une vase sableux plus ou moins calcaire au contact des sables.

#### • Vases terrigènes (0 à 10% de la $CaCO_3$ )

Théoriquement caractérisées par un pourcentage en fraction fine

.../...

compris entre 70 et 100%, elles en contiennent en moyenne plus de 90%. HERVIEU attribue leur présence devant l'embouchure des fleuves côtiers à la floculation des colloïdes argileux dans la zone de mélange des eaux fluviales et marines.

L'analyse granulométrique de la fraction fine ne nous est malheureusement pas connue à ce jour. La fraction grossière, très réduite, de ces vases est composée essentiellement de débris coquilliers, de Ptéropodes du genre *Gressis*, et de débris ligneux sur lesquels sont agglomérés de fines paillettes de micas; on y trouve également des Foraminifères de très petite taille et des grains de quartz très fins et anguleux.

La pauvreté de la faune macrobenthique à la surface de ces sédiments s'explique, selon R. PLANTS, par l'intervention de facteurs abiotiques; la forte turbidité de l'eau, les fortes baisses de salinité, la diminution de la concentration en oxygène au niveau du fond durant les périodes de fortes pluies.

. Vases terrigènes moyennement riches en calcaires (10 à 40% de CaCO<sub>3</sub>).

Elles sont d'une granulométrie moyenne légèrement supérieure à celle des vases précédentes; elles ne contiennent que de 80 à 90% de fins en moyenne, peut-être en raison de leur fraction organogène bien plus importante (30% de CaCO<sub>3</sub> en moyenne).

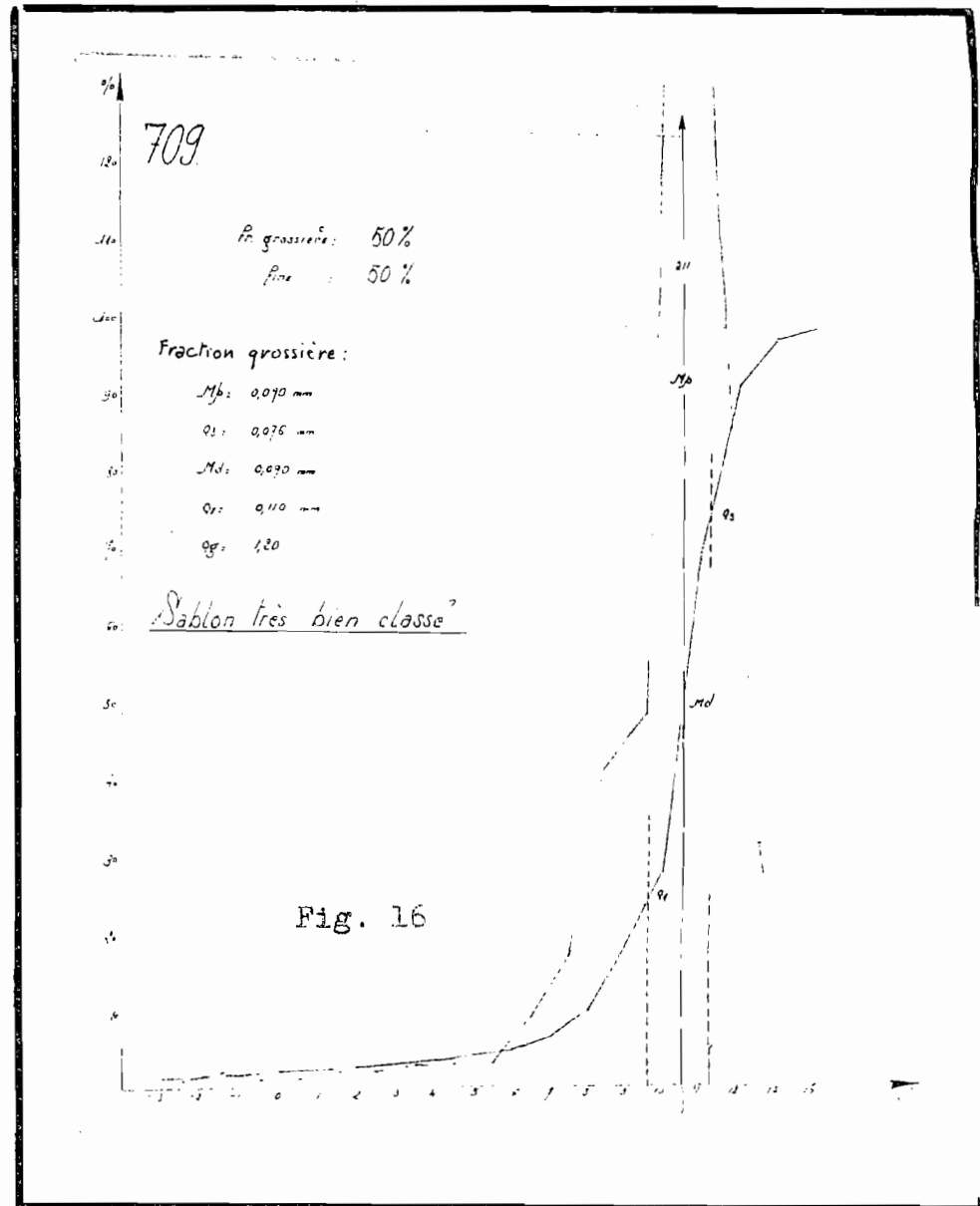
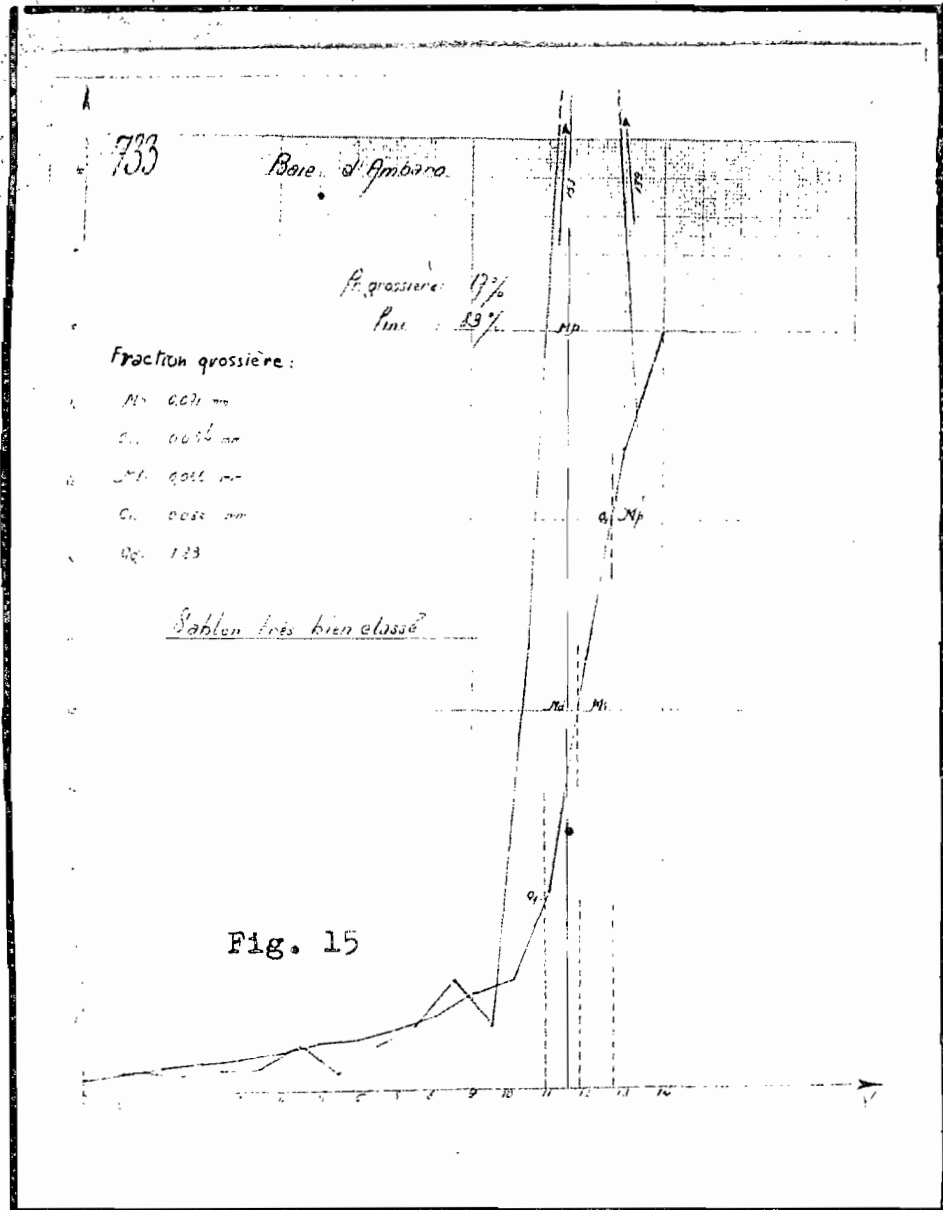
n° 733 - Au N de Nosy Faly - (Fig.15).

Fraction fine : 83%  
CaCO<sub>3</sub> : 35%

La courbe granulométrique de la fraction grossière est celle d'un sable (Md = 0,07 mm) très bien classé (Qg=1,23), avec un mode unique à 0,07 mm.

La fraction grossière est composée de débris coquilliers principalement, et également d'Ostracodes, de petits Foraminifères, de Ptéropodes, de débris d'Echinodermes et de débris ligneux sur lesquels sont agglutinés quelques micas. Il n'a pas été vu de quartz dans cet échantillon.

Par contre, dans le n° 702, à l'E de Nosy Faly, donc plus au S que le n° 733, le quartz, très fin, est présent mais reste rare, et deux Globigérines ont été aperçues, dénotant une certaine influence du large jusque dans la baie d'Ambaro. La composition sinon est



identique à celle du n° 733.

. Vases sableuses terrigènes (0 à 10% de la CaCO<sub>3</sub>)

Elles constituent le terme granulométrique intermédiaire entre les sables littoraux et les vases terrigènes devant l'embouchure des fleuves côtiers. Bien individualisées devant l'Ifasy, elles n'ont pu être mises en évidence par prélèvement devant la Mahavavy ; elles doivent cependant logiquement y exister.

Les trois exemples retenus, les n° 709, 750 et 751, tous trois situés devant le delta de l'Ifasy donc, présentent des caractères granulométriques comparables (fig.16), résumés dans le tableau suivant:

T a b l e a u I

N°	709	750	751
Fraction fine	50%	56%	60%
CaCO <sub>3</sub>	7%	2%	3%
Md	0,09 mm	0,09 mm	0,1 mm
Qg	1,20	1,20	1,19
Modes	0,09 mm	x 0,09 mm	0,09 mm

Les compositions de leurs fractions grossières sont identiques; ces vases sableuses sont essentiellement micacées; elles sont d'autre part caractérisées par d'abondants peuplements d'un Gastéropode de la famille des Architectonicidae (*Monilea sp.*); on y trouve également des débris coquilliers divers et des grains de quartz fins et anguleux, en quantité non négligeable; enfin des Ostracodes et des Foraminifères de petite taille.

.Vases sableuses terrigènes et calcaires (10 à 60% de CaCO<sub>3</sub>)

Elles constituent un terme de transition entre les vases proprement dites et les sables marins calco-quartzeux. Définis par leurs limites granulométriques (de 40 à 70% de pourcentage en fraction fine) et leur teneur en calcaire (de 10 à 60%), ces sédiments sont en fait variés.

.../...

L'analyse du pourcentage en fraction Fine sur l'échantillon brut, puis décalcifié donne le tableau suivant (la majeure partie des prélèvements proviennent de la baie d'Ambaro).

T a b l e a u II - en fraction fine

Nos	de l'échantillon brut	de l'échantillon décalcifié
689	62%	95%
720	57%	92%
1142	63%	87%
1145	62%	81%
1148	77%	92%
657	44%	61%
667	63%	57%
703	61%	62%
711	51%	55%
1152	42%	45%

Ce tableau montre que :

-certains échantillons de ce groupe, tels les cinq premiers numéros, témoignent simplement d'un enrichissement en organismes calcaires d'une fraction terrigène essentiellement fine, analogue aux vases adjacentes. Ce phénomène est sans doute lié à des conditions écologiques plus favorables au peuplement benthiques.

-d'autres, tels les cinq derniers, résultent par contre du mélange de trois termes : sables terrigènes, fins détritiques, et dépôts organogènes. Le sédiment décalcifié reste une vase sableuse.

-n° 689 - Situé dans la dépression centrale, à la limite extrême N de la zone vase-sableuse (fig.17)

Fraction fine : 62%  
CaCO<sub>3</sub> : 53%

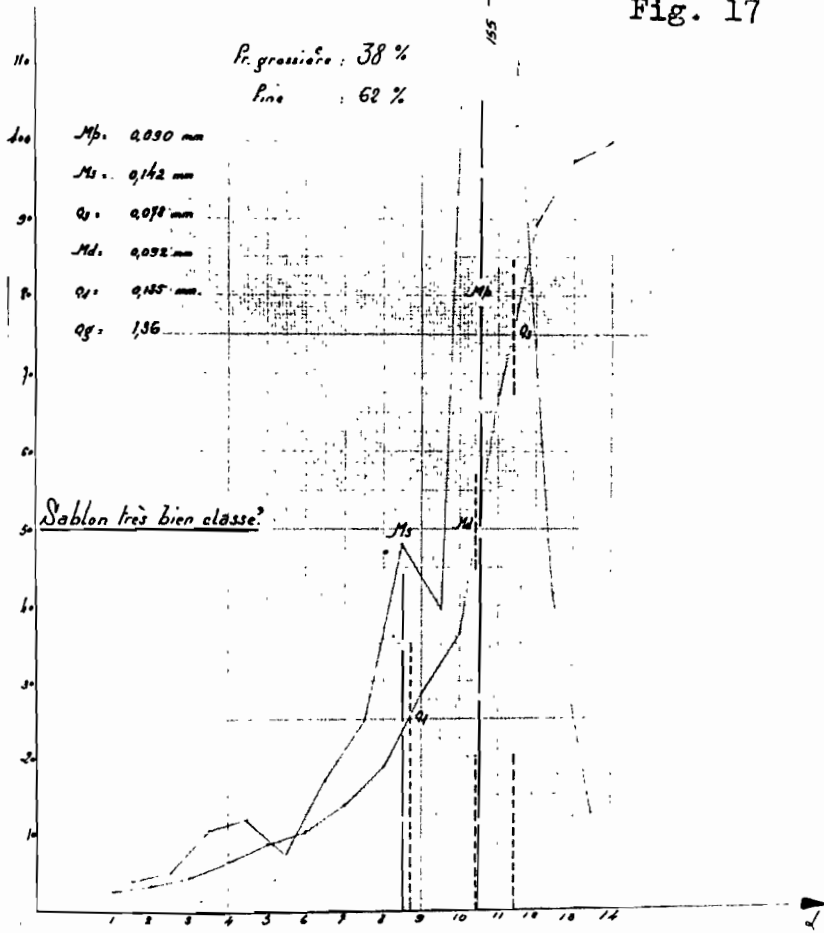
Caractères granulométriques de la fraction grossière :

Md = 0,1 mm

Qg = 1,55

689 Nord-Ouest de la baie d'Ambaro

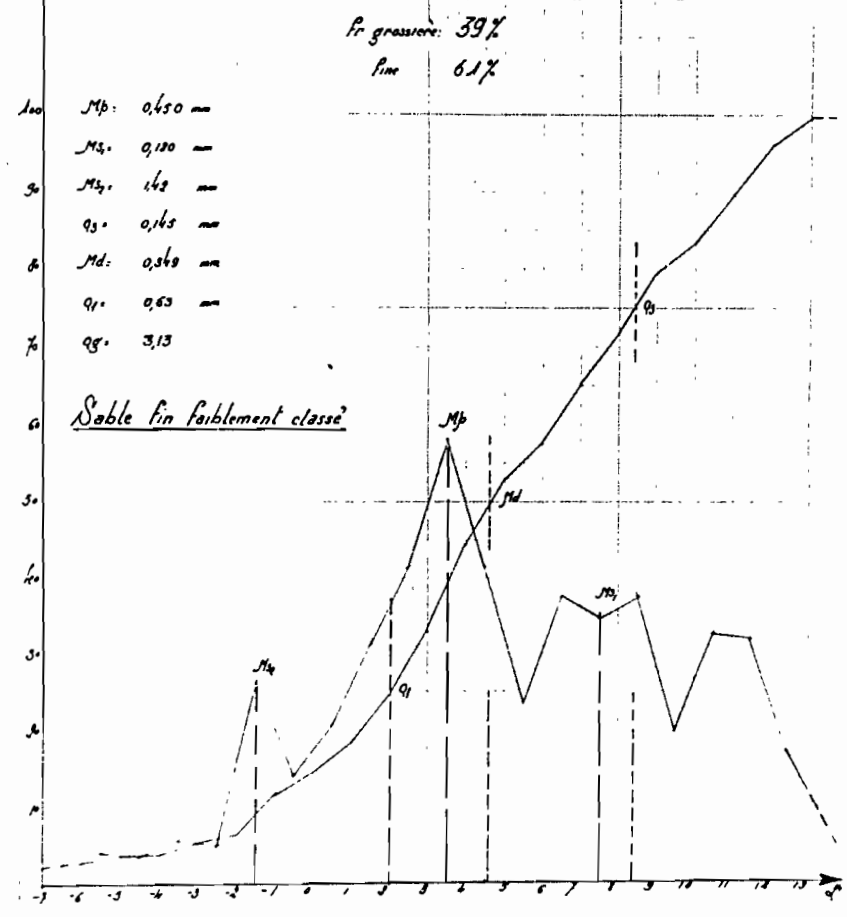
Fig. 17



703

Baie d'Ambaro

Fig. 18



un mode à  $\phi,09$  mm

La fraction grossière est composée essentiellement de débris coquilliers, de Foraminifères benthiques de petite taille et de quartz anguleux et fins; accessoirement de débris d'Échinodermes, de Ptéropodes et de quelques micas.

-N° 703 - Situé à l'est de Nosy Faly, en baie d'Ambaro (fig.18)

Fraction fine : 61%  
CaCO<sub>3</sub> : 28%  
Md = 0,35 mm (fraction grossière)  
Ug = 3,13

Un mode principal à 0,45 mm; deux modes secondaires à 0,18 mm et 1,42 mm.

La fraction grossière est essentiellement quartzeuse et coquillière. Les grains de quartz, de taille variable, sont souvent émoussés luisants lorsqu'ils sont de grande taille, sinon anguleux, en particulier lorsqu'ils sont de petite taille. La couleur d'ensemble de l'échantillon est grisâtre.

#### b) Faciès sableux et récifal

Les faciès sableux sont caractérisés par la prédominance de leur fraction grossière (de 60 à 100%). Ils sont constitués par l'association de dépôts organogènes et de sables quartzeux, en proportion variable : les limites adoptées (10, 40 et 70% de CaCO<sub>3</sub>) permettent de subdiviser ces sables en quatre faciès, définis au début du chapitre Sédimentologie. Le faciès récifal leur sera associé dans ce paragraphe.

#### . L'apport organogène

L'apport organogène est formé dans sa quasi totalité de tests d'organismes marins et de débris coralliens.

Les zones récifales constituent un milieu générateur de grande importance. Des récifs frangeants se sont largement développés autour des îles Mitsio et de Nosy Faly, en raison sans doute de bonnes conditions écologiques locales : exposition aux houles de talio et d'alizés, faible turbidité de l'eau, conditions de tempéra-

rature et de salinité favorables. Ces zones récifales sont très riches en algues calcaires (Halimeda), en Foraminifères divers dont Cycloclypeus est le plus caractéristique; elles s'accompagnent en outre d'herbiers à Cymodocea ciliata.

Les quelques massifs coralliens dispersés dans la baie d'Ambaro sont petits, souvent de vitalité réduite, et ne doivent par conséquent pas influencer beaucoup sur la sédimentation. La forte turbidité de l'eau et les dessalures fréquentes empêchent, enfin, la croissance de coraux dans le fond de la baie, si ce n'est quelques têtes éparses.

Les zones périrécifales sont riches en algues calcaires, en Foraminifères de toutes sortes, et aussi en Bryozoaires et en Lithotournées, analogues au matériel des régions Atlantique. Ces zones s'individualisent aux alentours des Mitsio.

La grande étendue sableuse calcoquartzreuse, qui recouvre toute la région située à l'E et au SE des Mitsio, et qui communique avec les sables littoraux par deux chenaux, l'un au S de la baie d'Ambaro, large de 2 à 3 milles en moyenne, l'autre un peu au S de Port St Louis, deux fois plus large mais envasé en son milieu, est caractérisée par l'abondance des Foraminifères et de débris coquilliers variés.

Les Foraminifères les plus nombreux sont des Orbitolitidés (Marginopora) et des Nummulitidés (Operculina, Amphistegina); sont également fréquents les Miliolidés, les Textularidés et les Alvéolinidés; sont observés enfin de rares Globigérinidés.

/de débris  
Les débris coquilliers sont constitués essentiellement de coquilles de Lamellibranches et de Gastéropodes de tailles très diverses, et dans une moindre mesure d'Echinodermes, de Crustacés et de Bryozoaires (ces derniers au N<sup>d</sup> seulement). Les peuplements à Polychètes sont enfin nombreux dans ces sables.

La zone littorale est caractérisée par sa pauvreté en organismes marins, tout au plus représentés par quelques Lamellibranches et Gastéropodes.

#### . La fraction terrigène

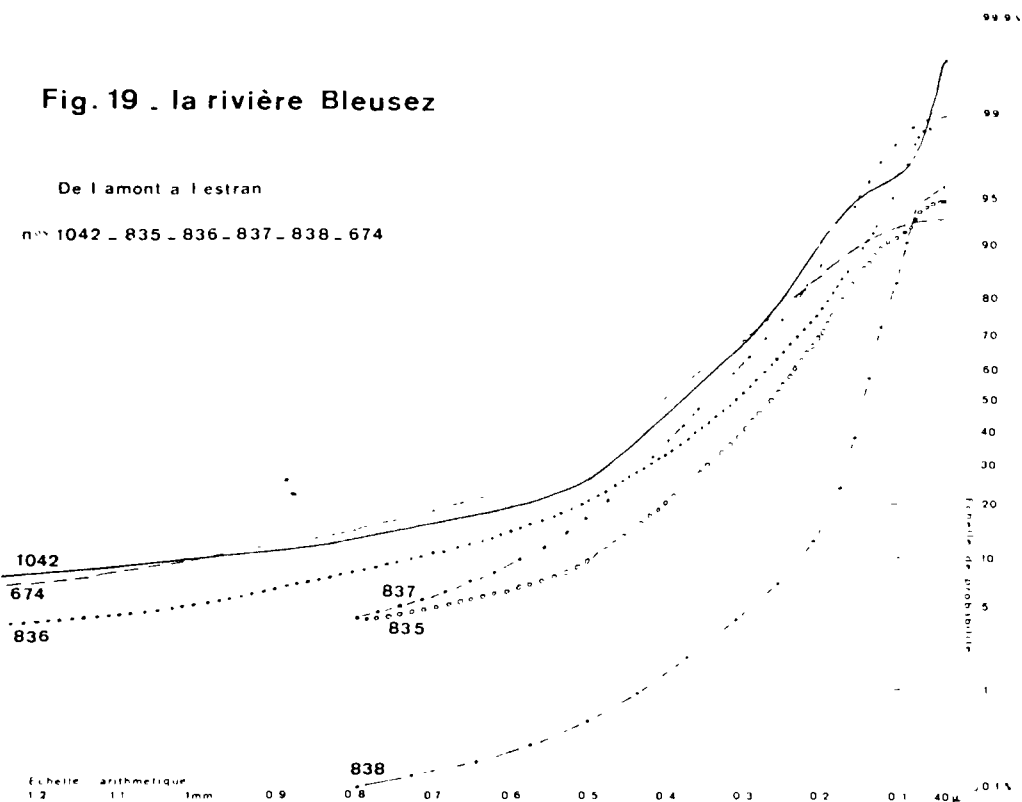
Son étude est basée sur l'analyse granulométrique des échantillons décalcifiés, ainsi que sur celle des prélèvements effectués dans le lit des fleuves et sur l'estran.

L'étude des seconds, depuis les échantillons les plus amont

**Fig. 19 . la rivière Bleusez**

De l'amont à l'estran

n°s 1042 - 835 - 836 - 837 - 838 - 674



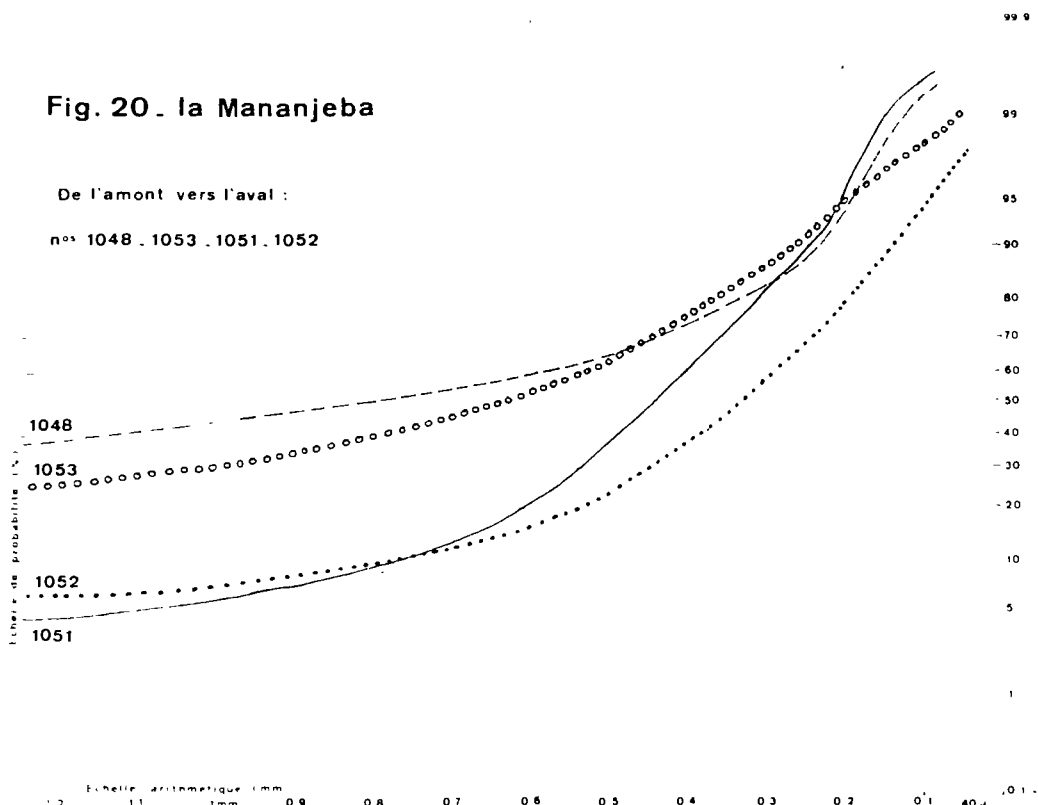
Echelle arithmétique  
1.2 1.1 1mm 0.9 0.8

0.7 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.1 40μ 0.1%

**Fig. 20 . la Mananjeba**

De l'amont vers l'aval :

n°s 1048 . 1053 . 1051 . 1052



Echelle arithmétique 1mm  
1.2 1.1 1mm 0.9 0.8

0.7 0.6 0.5 0.4 0.3 0.2 0.1 40μ 0.1%

Fig.21 - la Mahavavy

D'amont en aval :

n° 1056 - 1050

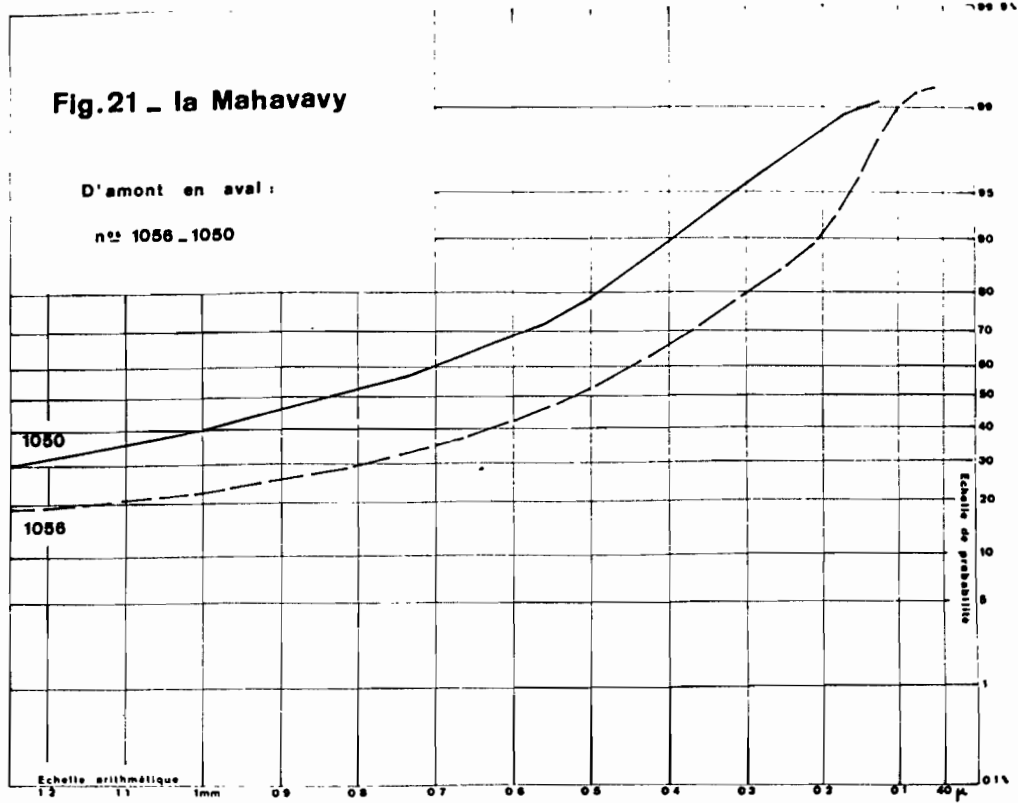
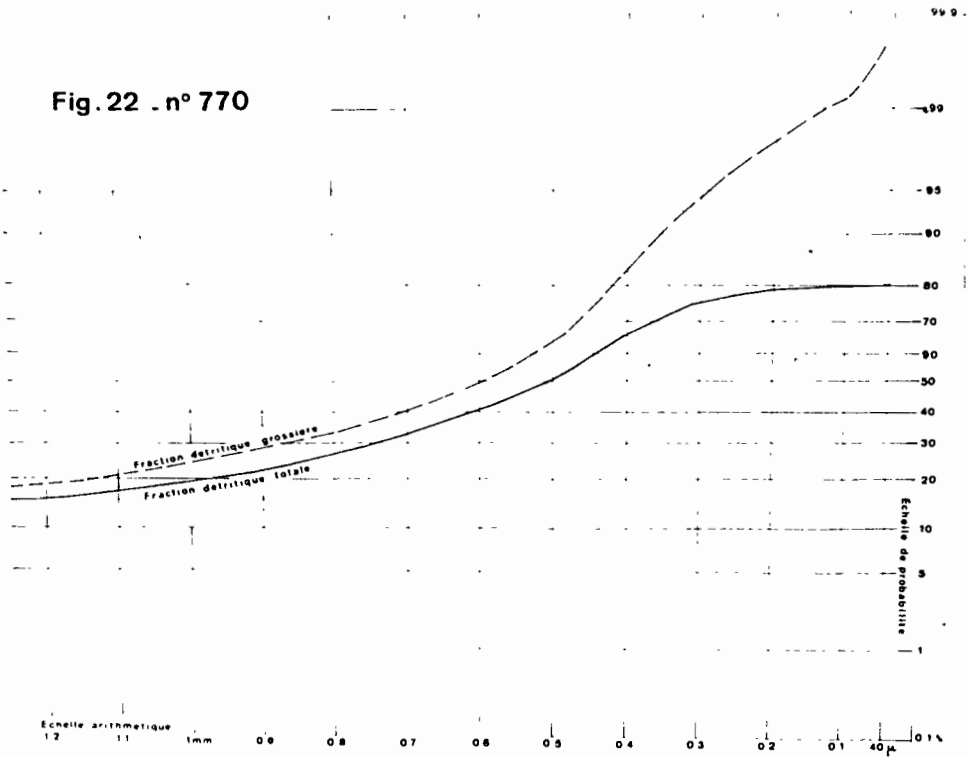


Fig.22 - n° 770



jusqu'aux sables littoraux n'a pas mis en évidence de granoclassement notable. Les figures 19, 20 et 21 montrent les courbes granulométriques des sables prélevés respectivement dans la rivière Bleusez (cette large échancrure de la côte qui sépare les deltas de l'Ifasy et de la Mahavavy), la Mananjeba, et la Mahavavy. L'ordre des échantillons dans le sens amont-aval-littoral est :

-pour la rivière Bleusez : 1042 - 835 - 836 - 837 - 838 - 674  
-pour la Mananjeba : 1048 - 1053 - 1051 - 1052 - 824 -  
(vase en face de l'embouchure)  
-pour la Mahavavy : 1056 - 1050.

Le nombre des échantillons est relativement peu élevé : il conviendrait sans doute de développer l'étude des apports fluviaux.

Le tableau III rassemble les mesures du pourcentage en fraction fine et les valeurs des médianes (fraction grossière) des échantillons décalcifiés appartenant à une zone E-W de deux milles de large environ, à la hauteur de Port St Louis (cf carte des prélèvements, fig.5). Les échantillons sont classés dans l'ordre côte-large.

Ce tableau montre trois choses :

-Il n'y a pas de relation entre le pourcentage en fraction fine terrigène et la valeur de la médiane de la fraction grossière terrigène. D'autre part, les courbes granulométriques totales (c'est-à-dire fraction grossière + fraction fine décalcifiées), en coordonnées de probabilité pour les poids cumulés et arithmétique pour les tailles, indiquent que l'on se trouve souvent en présence d'un mélange hétérogène de grossiers et de fins. Ainsi la courbe du n° 770, situé aux abords immédiats de la côte, montre-t-elle l'aplatissement caractéristique d'un tel mélange (fig.22).

-la fraction fine devient négligeable à partir d'une certaine distance de la côte.

-les médianes des fractions grossières ont des valeurs très dispersées ; la fraction quartzeuse ne fait pas l'objet d'un granoclassement. Plus à l'W, hors des limites du secteur d'étude, les médianes varient de 0,11 à 0,38 mm ; les sédiments quartzeux sont donc relativement fins vers le large.

Notons enfin que l'usure générale des grains de quartz est faible. Cette faible usure peut s'expliquer par le fait que la grande majorité des sables est charriée lors des crues des

Tableau III

Nos	% fraction fine	Médiane de la fraction grossière(en mm)
770	20%	0,60 mm
685	30	0,23
753	25	0,65
658	21	0,28
657	62	0,15
769	60	0,19
686	28	0,225
754	8	0,63
659	13	0,54
767	7	0,165
725	39	0,21
755	5	0,47
662	3	0,46
765	4	0,18
724	5	0,23
764	4	0,30
663	2	0,30
757	4	0,40
729	3	0,60
763	2	0,19
758	3	0,26
762	8	0,50
730	7	0,15
488	6	0,38
805	5	0,11

des fleuves, qui sont violentes, et par suite les grains sont transportés en grande partie en suspension.

#### 4-L'étude des carottes

18 carottes, de 26 cm à 1,34 m ont été prélevées au carottier léger, la plupart du temps aux abords des limites vases-sables. Sur ces 18 carottes, 8 ne sont constituées que de vase, 4 traversent des petits niveaux vaso-sableux, 6 recoupent ou atteignent des niveaux sableux (fraction grossière supérieure à 60%).

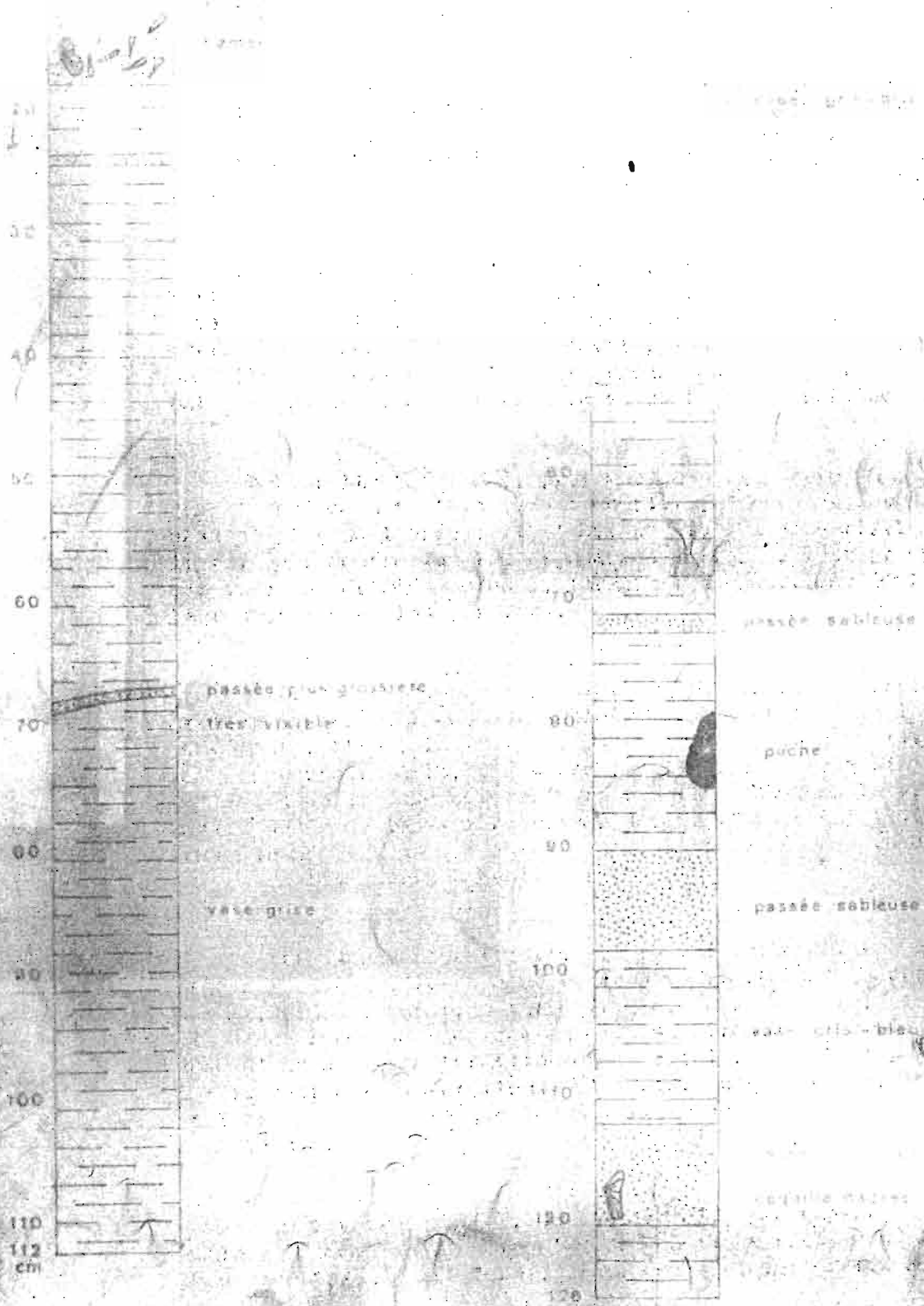
Trois carottes, surtout vaseuses, prélevées dans la région de Port St Louis et de la Mahavavy (n° 1116, 1128 et 1132) contiennent des niveaux de sablon, essentiellement micacés : le faciès vaso-sableux terrigène a donc dû être plus développé à certaines époques (fig.23). Ceci prouve également qu'il est présent dans la région de la Mahavavy (cf paragraphe 3, description vases sableuses terrigènes).

Une carotte (n° 1126), prélevée dans la partie N de la vasière qui s'étend devant l'Ifasy, est constituée de vases et de quelques passées plus sableuses : il s'agit de niveaux essentiellement coquilliers. Ceci montre que les organismes marins peuvent prospérer dans ces vases à certains moments, lorsque les conditions écologiques leur sont favorables (fig.24).

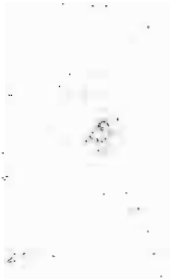
Enfin 5 carottes ont atteint un fond sableux quartzo-coquillier très grossier, analogue aux sables marins décrits dans le paragraphe précédent : l'une, le n° 1118, auprès d'une petite enclave calcaire au N de Port St Louis, une autre, la 1123, au S de Port St Louis sur cette langue de vase qui recouvre le milieu du chenal sableux, deux autres au SV de la vasière située devant l'Ifasy (n° 1148 et 1149), enfin le n° 1152 au SE de Nosy Faly, à la limite des vases sableuses et des sables quartzo-coquilliers.

Cette dernière est particulièrement intéressante (fig.25) : on trouve en effet à la base un sable essentiellement quartzeux, jaunâtre à roux, très grossier, hétérométrique, sans calcaire, et contenant des blocs rocheux bréchiques quartzo-argileux. Il semble s'agir donc d'une ancienne formation continentale, qui n'est pas sans rappeler la région sablo-argileuse d'Ambaro. Cette carotte, longue seulement de 27 cm, montre que la couverture vaseuse est très peu épaisse dans le sud?

La carotte n° 1149, de l'autre côté par rapport au chenal sableux du fond de la baie d'Ambaro contient aussi des blocs argileux rougeâtres à grisâtres, ainsi que quelques grains de quartz







Carthagen

C80

C



roux. Cependant, la plus grande partie des grains possède la couleur grisâtre habituelle des sables marins. Cette carotte est donc à rapprocher de la 1152 (fig.26).

### 5-1. Étude de quelques paramètres

#### a) Le fer

Le dosage du fer est effectué sur la fraction fine non décalcifiée. Une faible quantité de celle-ci est attaquée par le mélange  $HF+HClO_4$ . Le fer, ainsi mis en solution, est dosé par colorimétrie au spectrophotomètre.

Les dosages effectués ont porté sur le fer total de 20 échantillons en baie d'Ambaro. Rapportés à la fraction fine totale, c'est-à-dire non décalcifiée, les résultats varient de 1,5 à 5,5%, avec une précision de 0,2%, les valeurs les plus fortes étant enregistrées près du littoral. Rapportés par le calcul à la seule fraction fine terrigène, les résultats deviennent plus constants (4,4 à 5,9%) et répartis irrégulièrement.

Compte-tenu de la précision de la calcimétrie, ces derniers chiffres ne peuvent mettre en évidence un gradient quelconque : le fer semble être régulièrement réparti dans la fraction fine détritique des sédiments.

Quant aux premières valeurs, la décroissance vers le large de la teneur en fer ne fait que correspondre à l'importance croissante de la teneur en calcaire dans cette direction.

Des dosages sur le sédiment total sont envisagés, ainsi que la séparation  $Fe^{++}$ - $Fe^{+++}$ .

#### b) La matière organique

Des mesures de perte au feu ont été réalisées sur la fraction fine totale de 48 échantillons, dispersés dans la baie d'Ambaro et au S des Misio. Les résultats ne donnent qu'une estimation grossière de la matière organique présente. L'une des principales sources d'erreur provient de la perte de poids causée par la disparition de l'eau d'hydratation et de constitution des argiles lors de la calcination à  $900^\circ$  durant deux heures.

Les résultats varient entre 2,9 au large et 16,2% près du littoral lorsqu'ils sont rapportés à la fraction fine totale, et de 8,8 à 20,2% lorsqu'ils sont ramenés par le calcul à la seule fraction fine terrigène. Là encore, les premiers résultats sont



le reflet de l'augmentation de la teneur en calcaire vers le large; les seconds chiffres sont par contre très irrégulièrement répartis. Il n'est guère possible d'y trouver des lois simples. Peut-être faudrait-il une étude plus détaillée. Des dosages sur le sédiment total seront également entrepris.

### c) La minéralogie des argiles

Une étude, menée en collaboration avec le laboratoire de Géologie du Centre ORSTOM de Tananarive sur 21 échantillons, pris pour moitié dans la région étudiée, et pour moitié dans la région du Sambirano (sud de Nosy-Bé), a montré une grande analogie entre les deux zones, qu'il est difficile de différencier. Elles sont caractérisées toutes deux par la présence de kaolinite bien cristallisée (dans tous les cas) et de montmorillonite. Ceci est sans doute normal si l'on sait que les fleuves de la baie d'Ambaro et de l'Est des Mitsio, et le Sambirano prennent tous leur source dans le même massif cristallin, le Tsaratana. Peut-être serait-il intéressant de rechercher d'éventuelles présences de gibbsite du côté de la <sup>de la</sup> Montagne d'Ambre. Sinon, l'étude des argiles devra, elle aussi, être élargie à un secteur plus large.

Il est à noter toutefois la présence d'illite sur trois échantillons dans le nord de la presqu'île d'Ambohitelo (fig.27), et l'absence de kaolinite sur un autre, prélevé dans l'une des baies du N de Nosy-Bé (l'île est volcanique à cet endroit). Ces indications, trop isolées pour être interprétées valablement, peuvent servir à orienter de nouvelles recherches.

### B-Interprétation

Le problème posé est celui du mode de mise en place des sédiments cartographiés.

Il y a mélange d'apports terrigènes et de dépôts organogènes. Le cas de ces derniers est simple et semble dépendre essentiellement des facteurs écologiques; la carte des teneurs en calcaire (fig.12) montre que la granulométrie n'influe que peu sur la calcimétrie. La répartition par espèces a été décrite au paragraphe "faciès sableux".

Le cas de la fraction terrigène est plus complexe. Il est possible à priori d'avancer au moins deux hypothèses :

1°- A la simple lecture de la carte sédimentologique, on pourrait penser que l'ensemble des sédiments sont actuels à subactuels, et sont apportés par le système fluvial Mananjaha-Mahavavy-Ifasy.

A l'embouchure de ces fleuves, les matériaux divers se déposent par granoclassement : les sables d'abord, formant ainsi l'estran, puis les vases sableuses, enfin les vases. C'est ce que l'on voit bien en particulier devant l'Ifasy. Les sables sont repris devant l'embouchure des fleuves par une dérive littorale N-S dominante, due à la houle de NE des alizés, et sont entraînés jusque dans le fond de la baie d'Ambaro, où ils s'accablent.

Ils sont alors repris là, ainsi qu'un peu au S de Port St Louis par des forts courants S-N dans le fond de la baie d'Ambaro et N-W devant le delta de la Mahavy, et par deux chenaux traversant les vases peri-littorales pour se disperser sur tout le plateau au SE et au SW des Mitsio.

2°-Sur une formation sableuse, qui aurait acquis les traits essentiels de morphologie lors de la grande régression antéflandrienne, se constitue, d'une manière d'ailleurs incomplète, un remblaiement de dépôts récents, essentiellement fins, apportés par le système fluvial actuel. Les matériaux grossiers charriés par ce fleuve ne dépassent pas la zone littorale. Cette hypothèse est soutenue par BERTHOIS, dans une étude comparable sur l'estuaire de la Betsiboka et par HERVIEU dans une étude sur l'ensemble de la côte W malgache. Pour ce dernier, la formation sableuse provient de remaniement des sédiments continentaux pliocènes et du pédimont sable-argileux ; ces formations auraient été attaquées en falaises lors de la dernière transgression marine.

L'ensemble des descriptions structurales et sédimentologiques sont nettement favorables à la seconde hypothèse. Les arguments en faveur de celle-ci sont en effet nombreux :

-les mesures de courantométrie faites en baie d'Ambaro, en particulier au-dessus des deux zones d'échappatoire supposées pour les sables, elles n'ont pas révélé de courants exceptionnels sur le fond (maximum de l'ordre de 0,5 noeuds) qui soient capables de transporter une telle masse de sédiments.

-l'extension considérable des sables quartzeux ; on les rencontre jusque dans le N de Nosy-Bé et dans l'W des Mitsio. Cette extension serait d'autant plus étonnante que celle des sédiments fins, pourtant plus facilement transportés, est relativement faible (chapitre IV, paragraphe 3).

-l'absence de granoclassement parmi les sables quartzeux ; on aurait

pu s'attendre dans le cas de la 1ère hypothèse à un granoclassement bien marqué.

-les mélanges hétérogènes de fins et de grossiers, révélés par l'analyse granulométrique.

-l'études des carottes : il n'a pas été trouvé de niveau sableux quartzeux surmontant un niveau vaseux, mais toujours l'inverse.

-enfin et surtout les structures d'envolement et de remplissage, où l'on voit les formations sableuses plongées sous les formations vaseuses.

Relevons toutefois que l'un des arguments d'HERVIEU est que les sables précontinentaux sont essentiellement grossiers à moyens, alors que les sables fluviatiles actuels sont fins ; cela n'est pas réalisé dans la région étudiée, et l'on a vu des valeurs de médianes élevées dans les échantillons des lits des fleuves (fig.20 et 21), ainsi que des valeurs de médianes faibles au contraire pour des sables précontinentaux du large (cf description des faciès sableux, IV,3).

HERVIEU, d'autre part, attribue ces sables quartzeux marins au remaniement du pédiment sablo-argileux pliocène ; le seul indice qui permet jusqu'ici d'étayer cette affirmation est l'analogie que l'on peut effectivement trouver entre ce pédiment et la formation quartzeuse à caractère continental trouvée à la base des carottes 1152 et 1149.

L'existence d'une ceinture vaseuse, enfin, qui ~~entoure~~ entoure Nosy Faly soulève le problème de l'origine de ses dépôts fins, qui occupent une surface relativement importante et ont une épaisseur suffisamment forte pour masquer sur les enregistrements les structures sous-jacentes. Trois hypothèses au moins peuvent être formulées a priori :

-1°-Les dépôts fins terrigènes proviennent du lessivage de Nosy Faly et du nord de la presqu'île d'Ambato. En fait cet arrière-pays est d'étendue réduite, et on voit mal comment il aurait pu être la source d'une telle sédimentation. De plus les argiles de cette zone vaseuse sont de même composition minéralogique que ceux de l'Ifasy et du Sambirano, alors que l'île est entièrement basaltique.

-2°-Les dépôts fins terrigènes proviennent de l'Ifasy ; cela suppose que les matériaux fins apportés par celui-ci ne se déposent pas tous devant son embouchure à la rencontre des eaux fluviatiles et des eaux marines, mais que certains - en fait, une bonne partie - soient transportés jusqu'à Nosy-Faly. Il est surprenant qu'ils ne recouvrent alors pas toute la baie d'Ambaro dans sa largeur ; il faut admettre dans

ce cas un courant qui en empêche la sédimentation au-dessus de la zone sableuse ; celle-ci, il est vrai, est légèrement surélevée par rapport à l'environnement vaseux, et est donc plus sensible aux courants. Une étude de la turbidité de l'eau depuis l'Ifasy jusqu'à Nosy Faly pourrait éclairer le problème.

-3°-Il a été dit au paragraphe 3 de ce chapitre que cette zone vaseuse communique largement avec la grande vaseuse de la baie de Tsimipaika. On peut alors imaginer qu'au temps où le Sambirano se jetait dans cette dernière baie, les sédiments fins charriés par celui-ci aient été suffisamment abondants pour déborder Nosy Faly et venir se plaquer sur son flanc E, soit sous l'influence de courants, soit sous l'effet des houles d'W et de NE.

En fait le problème de l'origine de cette vaseuse de la baie de Tsimipaika et de l'auréole circus-Nosy Faly est sans doute le même, étant donné leur répartition et leur continuité géographiques. Il est alors plus plausible d'en voir la source dans le Sambirano plutôt que dans l'Ifasy, en raison de la puissance du premier. Le Sambirano ayant migré vers l'W pour se jeter aujourd'hui dans la baie d'Ampasindava, toute l'étendue vaseuse de la région de Nosy Faly serait dans ce cas fossile. Cela explique peut-être que les conditions écologiques ne soient plus les mêmes que devant l'Ifasy, et par conséquent que la richesse relative en organismes marins y soit nettement plus élevée.

### CONCLUSION GENERALE

Il est relativement aisé de mettre en parallèle les environs de Nosy-Bé et la région qui s'étend de la baie d'Ambaro à l'E des Mitsio.

Du point de vue morphologique, il est remarquable de constater la similitude de direction (NW-SE) des axes de dépressions telles que celle du nord de la baie d'Ambaro (-56 m), du NE de la presqu'île d'Aspasindava (près de la pointe Anjanozano) qui atteint -60 m, ou de la fosse du NE de Nosy-Bé (-95 m), direction qui s'apparente à celle des limites faillées de la zone d'effondrement Aspasindava-Ambato, dont de STOURS admet l'existence dans son hypothèse générale sur la tectonique du N de Madagascar.

Dans le cas de réseaux hydrographiques envoyés, il y a également parallélisme entre le canyon du Banc de 5 m au SW de Nosy-Bé, atteignant la profondeur de 100 m, qu'aurait emprunté le Sambirano, et la dépression N de la baie d'Ambaro, aux reliefs toutefois moins prononcés, qui peut être attribuée à une ancienne vallée de l'Ifasy, et peut-être de la Mahavavy. Si ces fleuves sont effectivement arrivés un jour à se jeter en bordure du plateau continental, cela devrait pouvoir être vérifié par l'étude bathymétrique et sédimentologique de la pente continentale immédiatement adjacente.

Du point de vue sédimentologique, on retrouve au N et au S de Nosy-Bé comme au S des Mitsio les mêmes sables quartzo-coquilliers à Foraminifères, au relief faiblement ondulé, de même que des vases terrigènes périlittorales disposées d'une manière comparable devant les deltas du Sambirano, de l'Ifasy et de la Mahavavy.

Le problème reste en suspens de savoir où s'arrêtent les influences respectives du Sambirano d'une part, de la Mahavavy et de l'Ifasy d'autre part ; il est d'ailleurs possible que ces influences se superposent, ou même aient agi simultanément. Il s'agit en particulier de savoir à qui des deux fleuves (du Sambirano, du temps où il se jetait en baie de Tsimipaika, ou de l'Ifasy) attribuer l'étude vaseuse que l'on trouve à l'E de Nosy-Bé, et qui déborde par le nord de Nosy Faly en baie d'Ambaro. Les problèmes de la sédimentation dans les deux régions SW et NE de Nosy-Bé sont par conséquent étroitement liées.

D'autre part, la présente étude resterait incomplète si elle n'était prolongée jusqu'aux limites naturelles du plateau continental vers le N et l'W des Mitsio, à savoir le Cap St Sébastien et le rebord externe du plateau ; il s'agit d'apprécier

..../....

l'importance des apports actuels vaseux liés à la Mahavavy et à la Mananjeba, et de connaître ce que deviennent les faciès quartzeux à l'ouest des Mitsio.

Afin de mener à bien un tel programme, que l'on peut résumer en "l'étude bathymétrique et sédimentologique du plateau continental de la presqu'île d'Ampasindava au Cap St Sébastien, et de la pente continentale adjacente", le Laboratoire envisage d'utiliser, outre les méthodes employées jusqu'ici, les indications que sont susceptibles de lui apporter des techniques telles que l'étude des minéraux lourds, de la turbidité de l'eau, et le marquage des sédiments. L'utilisation d'autre part dans un proche avenir d'un carottier à piston de 5 voire de 10 m permettra de préciser les études de structures, de vitesse de dépôt des sédiments, et d'en rechercher les mécanismes d'évolution diagenétique. Il semble enfin que l'étude des formations sableuses détritiques doit être accompagnée d'une reconnaissance terrestre plus poussée (apports fluviaux, caractères sédimentologiques du sédiment sablo-argileux et des alluvions des plaines deltaïques).

---

## BIBLIOGRAPHIE

- ASSISIO I. et CAILLEUX A. - 1959 - Morphoscopie des sables de Madagascar. Le Naturaliste Malgache, tome XI, fasc.1-2, pp.9-18.
- BASSIS A. - 1949 - Histoire géologique de Madagascar. Mém. IRSM, série D, Tome I, pp.1-68.
- BATTISTINI R. - 1959 - Les divisions du Pliocène du Sud de Madagascar C.R.Ac.Sc., tome CXLVIII, pp.992-993, 16 février.  
1960 a - Description géomorphologique de Nosy-Bé, du delta du Sambirano et de la baie d'Ampasindava. Mém. IRSM, série F, tome III, 223 p.  
1964 b - Note préliminaire sur le quaternaire littoral de l'extrême nord de Madagascar, CR Sem.Géol. de Tana-Imprimerie Nationale, pp. 9-12.
- BERTHOIS L. et GUILCHER A. - 1956 - La plaine d'Ambilobé. Etude morphologique et sédimentologique. Rév. Géomorph.dynam. mars-avril, pp. 33-52.
- BERTHOIS L. et CROSNIER A. - 1966 - Etude dynamique de la sédimentation au large de l'estuaire de la Betsiboka. Cahiers ORSTOM, série Océanographie vol. IV, n° 2, pp.49-130.
- BESAIRES H. - 1936 - Recherches géologiques à Madagascar. La géologie au NW. Mém. de l'Académie Malgache, fasc. XXI.  
1952 - Géologie du Bassin de Majunga. Série Travaux du Serv. Géologique n° 38 -Tananarive.
- BOILLOT G. - 1964 - Géologie de la Manche occidentale. Ann. Inst. Océan. Tome XLII, fasc.1.
- BOURCART J. et FRANCIS-BOSEUF C. - 1942 - La Vase. Activ. Scient. Indust. n° 927, Hermann, Paris, 67 p.
- CAILLEUX A.- 1943 - Distinction des sables marins et fluviatiles. Bull. Soc. Géol. Fr., 5<sup>e</sup> Série, T.13, 1943, pp.342-354.
- CHAMLEY H. - 1963 - Contribution à l'étude minéralogique et sédimentologique de vases méditerranéennes. Rec. Trav. Station Marine d'Endoume, Bull.29, fasc. 44, pp. 91-94.
- DANIEL J., DUPONT J. et JOUANNIC C. - 1968 - Carte bathymétrique de la pente continentale du Banc du Castor aux îles Radamas (2 feuilles) au 1/100.000e. Centre ORSTOM de Nosy-Bé. Non publiée.

.../...

- DEBYSER J. - 1957 a - Note sur un procédé de préparation des plaques minces dans les sédiments fins actuels. Rev. Inst. Fr. Pétrole, 1957 c, vol.12, n° 4, pp. 489-492.  
1961 - Contribution à l'étude géochimique des vases marines. Inst. Fr. Pétrole, Thèse, avril 1961, 249 p.
- DULEMBA J. - 1963 - Méthodes d'analyse des carbonates dans les sédiments. Rev. Géom. Dyn., XIV, pp. 62-71.
- DUPONT J. et JOUANNIC C - 1967 - Bathymétrie et sédimentologie du plateau continental des environs de Nosy-Bé. Rapport ORSTOM interne.
- FRANCIS-BORUP C. - 1947 - Recherches sur le milieu fluviomarin et les dépôts d'estuaires. Ann. Inst. Océan., XXIII, 3, pp.149-344.
- FURON R. - 1949 - Notes sur la paléogéographie de Madagascar. Mém. IRSM, D, I, 2.
- GLANGEAUD L.-1941 - Evolution morphologique et dynamique des estuaires. Bull. An. Géogr. Fr. pp. 73-103.
- GLANGEAUD L. et GARDIL G. - 1939 - Phénomènes dynamiques intervenant dans le triage granulométrique des sables sur la dune et la plage du Pyla (Arcathon) . Cr. Ac. Sc., T.209, pp. 893-895.
- GUILCHER A.-1956-Etude géomorphologique des récifs coralliens du NW de Madagascar. Ann. Inst.Océan. XXXIII, 2, 136 p.  
1959-Mise au point origine et dépôt de la vase marine peu profonde. L'Information géographique, 23e Année, n° 1, pp.17-22.
- HERVIEU J. - 1968 - Contribution à l'étude de l'alluvionnement en milieu tropical. Mém. ORSTOM n° 24 - 463 p.
- LAUROIX A. - 1933 - Constitution lithologique de Nosy Mitsio - B.S.G.F. 1-2.
- LAFOND L.R. -1957 - Aperçu sur la sédimentologie de l'estuaire de la Betsiboka. Rev. Inst.Fr. Pétrole, XII, n°4, pp.425-431.
- LALOU C. -1957 b - Formation expérimentale des carbonates dans le milieu marin. Rev. Géogr. phys. Géol.dynam., vol.1, fasc.2, pp. 93-98.
- MILLOT G. -1964 - Géologie des argiles, Masson et Cie, Paris, 499 p.

.../...

- NESTEROFF J. - 1965 - Recherches sur les sédiments marins actuels de la région d'Antibes. XLIII, fasc.1, 136 p.
- PERRIER DE LA BATHIE H. - 1927 - Fossiles du Quaternaire du Bassin de Majunga. Bull. Acad. malg. Nette série, tome IX, pp.87-89.
- PLANTE R. et PLANTE-CUNY M.-R. - 1969 - Premiers résultats de l'étude des populations du Macrobenthos et des diatomées benthiques dans une baie en milieu tropical. III<sup>e</sup> Symposium Européen de Biologie Marine. 2-7-69. Sous presse.
- RAVET J. - 1948 - Atlas climatologique de Madagascar. Serv. Météo. de Madagascar n° 10.
- SAINT-COURS (J. de) - 1969 - Etudes géologiques dans l'extrême Nord de Madagascar et l'archipel des Comores. Thèse Serv. Géol. Tananarive.
- SSGALEN P. - 1956 d - Notice sur la carte pédologique au 1/50.000e des plaines d'Ambilobe. Mém. IRSM, Série D, VII, p.1-182.
- VANNEY JR.- 1965 - Study sedimentologique du Mor Bras, Bretagne. marine Geology, vol.3, n°3, pp.195-219.