

CONTRIBUTION A L'ETUDE DU MILIEU FLUVIO-MARIN
SUR LA COTE OCCIDENTALE DE MADAGASCAR

par J. HERVIEU

SOMMAIRE

INTRODUCTION.

LIMITES ET CARACTÉRISTIQUES DU MILIEU FLUVIO-MARIN DANS L'OUEST
MALGACHE.

Estuaires et Deltas.

Marée dynamique et marée de salinité.

Définition, extension et caractères morphologiques du milieu fluvio-marin.

LA VÉGÉTATION.

La forêt de palétuviers.

La végétation des zones intermédiaires.

La végétation des cordons littoraux et des dunes bordières.

LES SÉDIMENTS CARACTÉRISTIQUES.

Les dépôts de mangroves.

Caractères granulométriques.

Couleur, teneur en eau, matière organique, fer.

Origine et mode de dépôt.

Les sédiments sableux.

QUELQUES PROFILS-TYPES DE SOLS D'APPORTS FLUVIO-MARINS.

Les sols de mangroves.

Les sols des zones intermédiaires.

CONCLUSION.

Introduction

Sur la Côte Ouest proprement dite, du Cap Saint-André à Tuléar, l'extension des surfaces alluviales récentes apparaît

(1) Ces notes sont extraites d'un travail d'ensemble sur la sédimentation continentale, les produits de l'érosion et les sols alluviaux sur le versant occidental de Madagascar.

O. R. S. T. O. M.²

Collection de Référence

20 OCT. 1969

B n°/3470

nettement et influe fréquemment sur le tracé du littoral (deltas typiques ou embryonnaires). Sur la Côte Nord-Ouest, du Cap Saint-André à la presqu'île d'Ampasindava, l'alluvionnement récent n'a que partiellement comblé de profondes baies (côte à « rias ») et les basses plaines alluviales se trouvent en retrait par rapport à la ligne générale du rivage. Au delà de la presqu'île d'Ampasindava vers le Nord, les deltas du Sambirano et de la Mahavavy marquent à nouveau des avancées récentes du littoral.

L'agressivité du milieu morphoclimatique sur le versant occidental de l'île, le caractère saisonnier des crues, la pente relativement faible des basses vallées dans la couverture sédimentaire, l'immersion partielle de celles-ci par suite d'une variation récente du niveau de base marin, l'extension du plateau continental, sont autant de facteurs favorables à l'intensité des apports, à l'ampleur des phénomènes d'accumulation dans les bas cours, à l'extension des plaines de niveau de base.

La superficie totale des basses plaines côtières de l'Ouest malgache dépasse 1 000 000 d'hectares. Parmi celles-ci, le delta du Mangoky s'étend sur environ 160 000 ha, le delta de la Tsiribihina sur 60 000 ha, le delta du Manambolo sur 75 000 ha, la plaine de Besalampy sur 70 000 ha, le delta de la Betsiboka sur 73 000 ha, le delta de la Mahajamba et de la Sofia sur 145 000 ha, le delta du Sambirano sur 38 000 ha, la plaine d'Ambilobe (Mahavavy du Nord, Mananjeba et Ifasy) sur 140 000 ha, pour ne citer que les plus importantes.

Dans la plupart de ces unités géographiques, il est à peine exagéré de dire que le continent malgache est en expansion. Le remblaiement alluvial se poursuit, et peut être même s'accélère, à l'époque actuelle. L'exemple le plus frappant est celui de l'estuaire de la Betsiboka où la charge solide apportée par le fleuve comble rapidement la baie de Bombetoka ainsi que l'ont montré les levés hydrographiques.

Dans la fosse de Katsepe le remblaiement récent a atteint plus de 40 m d'épaisseur entre 1900 et 1950, dans le nouveau port Schneider plus de 10 m en 20 ans.

Ainsi, comme l'a écrit J. Bourcart (2) : « le littoral actuel n'est que la position à un instant donné de la limite éternellement changeante des terres et des mers ».

Pendant, en milieu tropical, la végétation joue un rôle

(2) J. BOURCART (1952), p. 31.

primordial dans la fixation des nouvelles terres émergées et prolonge l'action des phénomènes naturels qui résident au dépôt des sédiments. Le domaine mixte fluvio-marin peut alors s'étendre sur des surfaces considérables où la forêt littorale constitue un paysage étonnant et très attachant malgré les difficultés de pénétration et... les moustiques. Le voyageur le plus blasé est impressionné lorsqu'il pénètre pour la première fois dans les grandes mangroves de l'Ouest. Ce milieu semi-terrestre, dont le silence profond n'est troublé que par quelques cris d'oiseaux aquatiques, communique pourtant une sensation de vie intense, où l'homme est pratiquement absent — une pirogue rencontrée au détour d'un chenal, quelques cases rudimentaires sur un cordon sableux, des piquets pour barrages à poissons, sont les seuls indices qui révèlent sa présence.

Le naturaliste a devant les yeux un phénomène géologique à l'échelle humaine : la vie s'installe sur un monde minéral en gestation et l'aide à acquérir son individualité terrestre.

Rappelons cependant que les basses plaines alluviales de l'Ouest, malgré leur étendue notable et le grand développement des zones de mangroves, sont des ensembles géographiques relativement restreints, comparés à certains deltas de la zone tropicale humide, tel par exemple celui du Gange, qui est plus grand que la Hollande et la Belgique réunies.

I. — Limites et caractéristiques du milieu fluvio-marin dans l'Ouest malgache

1° ESTUAIRES ET DELTAS

Dans son important travail de thèse, Cl. Francis-Bœuf pensait que la sédimentation dans les estuaires méritait seule l'appellation de « fluvio-marine » (3). Selon le même auteur, l'estuaire est « le cours inférieur des fleuves remontés sur une certaine distance par la marée » (la racine *aestus* signifie marée).

A cette notion s'oppose habituellement celle de delta et comme le souligne Cl. Francis-Bœuf on a l'habitude de penser que les estuaires n'existent que dans les mers à marées et les deltas dans les mers sans marées. Pour lui, cette position se

(3) Cl. FRANCIS-BŒUF (1947), p. 152-158.

justifie, et il cite les deltas des fleuves méditerranéens. Dans l'ouest malgache cette opposition ne peut être maintenue. En effet, on observe à la fois des estuaires et des deltas typiques ; sinon les deux à la fois (exemples : Betsiboka et Mahajamba). Dans ce cas, comme le fait remarquer L.R. Lafond au sujet de la Betsiboka (4), l'« estuaire » peut être considéré comme *double*, formé d'une zone deltaïque à mangrove suivie d'une profonde baie marine correspondant à une ancienne vallée immergée.

En outre, à Madagascar, les marées sont notables : le marnage atteint 3 m en vives eaux, sur la côte ouest, plus de 4 m sur la côte nord-ouest. Il en résulte que l'influence de la marée se fait aussi bien sentir dans les estuaires que dans les bras des deltas dont la pente est généralement faible. Cette influence est surtout nette en saison sèche alors que les débits sont généralement peu importants (étiage prononcé).

2° MARÉE DYNAMIQUE ET MARÉE DE SALINITÉ

Il existe souvent une différence importante quant à la pénétration à l'intérieur de l'estuaire ou du delta, entre marée dynamique et marée de salinité.

La limite atteinte par la marée dynamique, au moins jusqu'où son action est visible à l'œil nu, ne peut être prise comme limite interne du domaine fluvio-marin. En effet, son action peut se faire sentir parfois jusqu'en amont de la basse plaine alluviale (plaine deltaïque ou de niveau de base).

Les valeurs approximatives des distances moyennes sur lesquelles se fait sentir la marée dynamique en saison sèche pour les principaux cours d'eau de l'Ouest, sont les suivantes (à partir du front d'alluvionnement) :

Cours d'eau (estuaire principal)	Distances en km
Mangoky	17
Tsiribihina	35
Manambolo	10
Sambao	15
Maningoza	45
Mahavavy du Sud. ...	25
Andranomavo	30
Betsiboka	80
Mahajamba	35
Sambirano	15

(4) L. R. LAFOND (1957), p. 426.

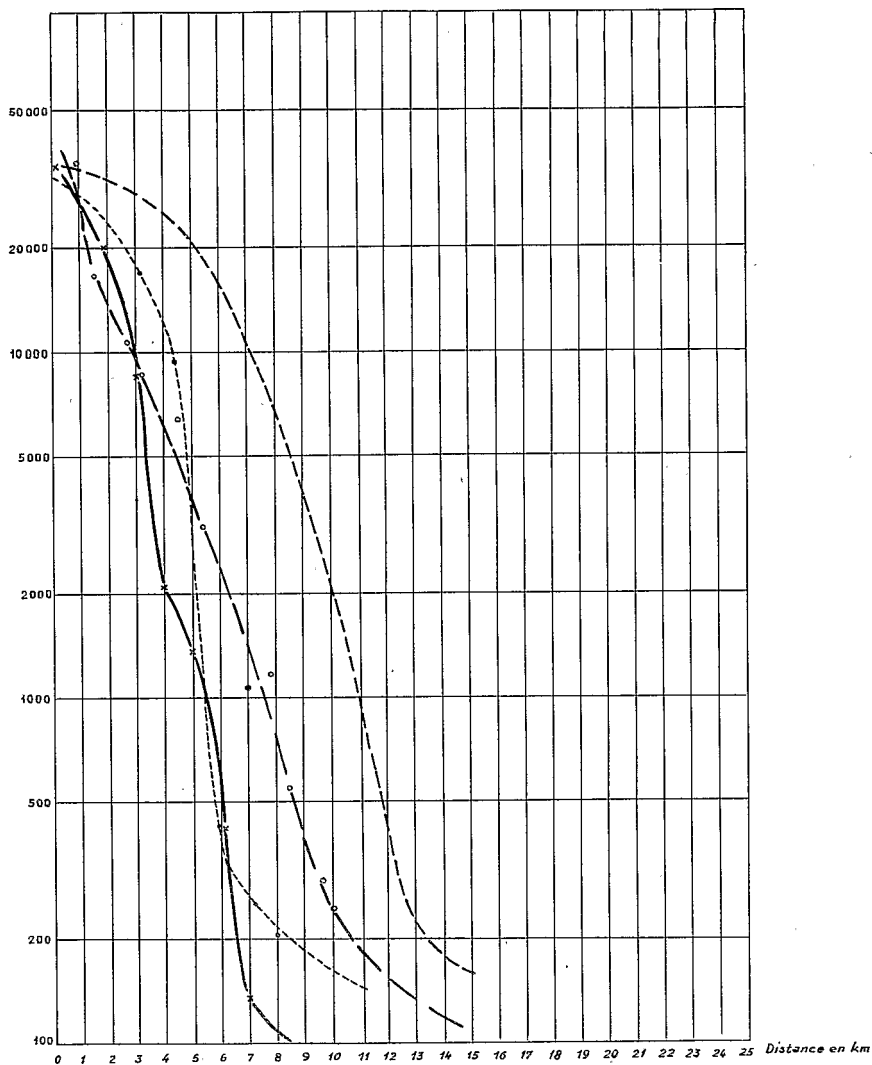
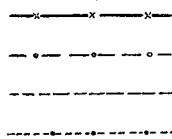


Fig 1 -



{ Ankilifaly Estuaire principal (H.M.)
 Mangoky { Sarantomania (B.M.)
 Sarantomania (H.M.)
 Fangoro (H.M.)

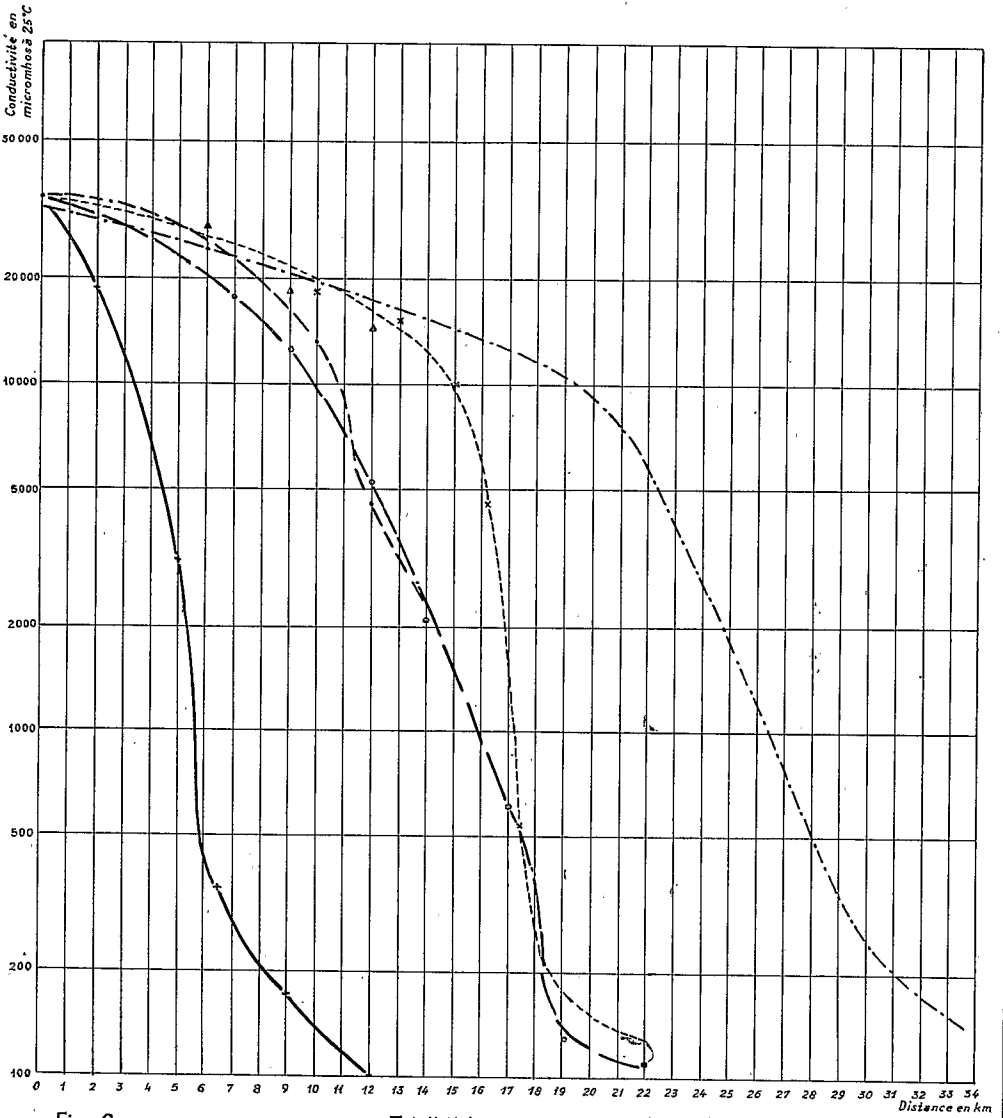


Fig. 2

—+—+—+—+—	Tsiribihina	Ambozaka (H.M)
—○—○—○—○—	Tsiribitina	Namangoa (H.M)
--- --		Tsimanandrafozana Ilot Indien (H.M)
---x---x---x---x---x---	Sambao	Nouveau cours (H.M)
—Δ—Δ—Δ—Δ—Δ—		Maningoza (H.M)

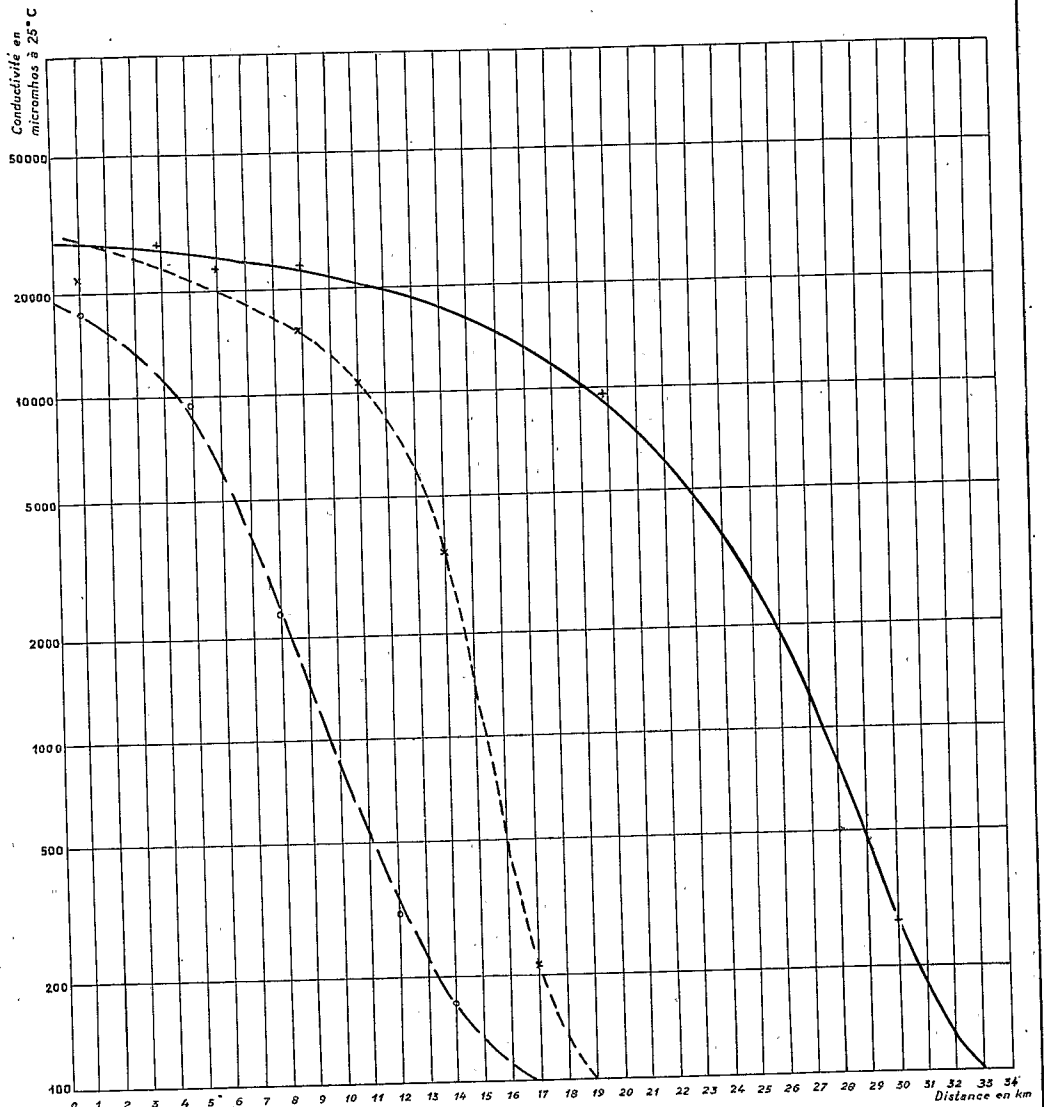


Fig. 3 -
 - + - + - + - + - Mahabe (H.M)
 - o - - - o - - - o - - - Betsiboka { Bras principal (B.M)
 - x - - - x - - - x - - - Betsiboka { Bras principal (B.M)

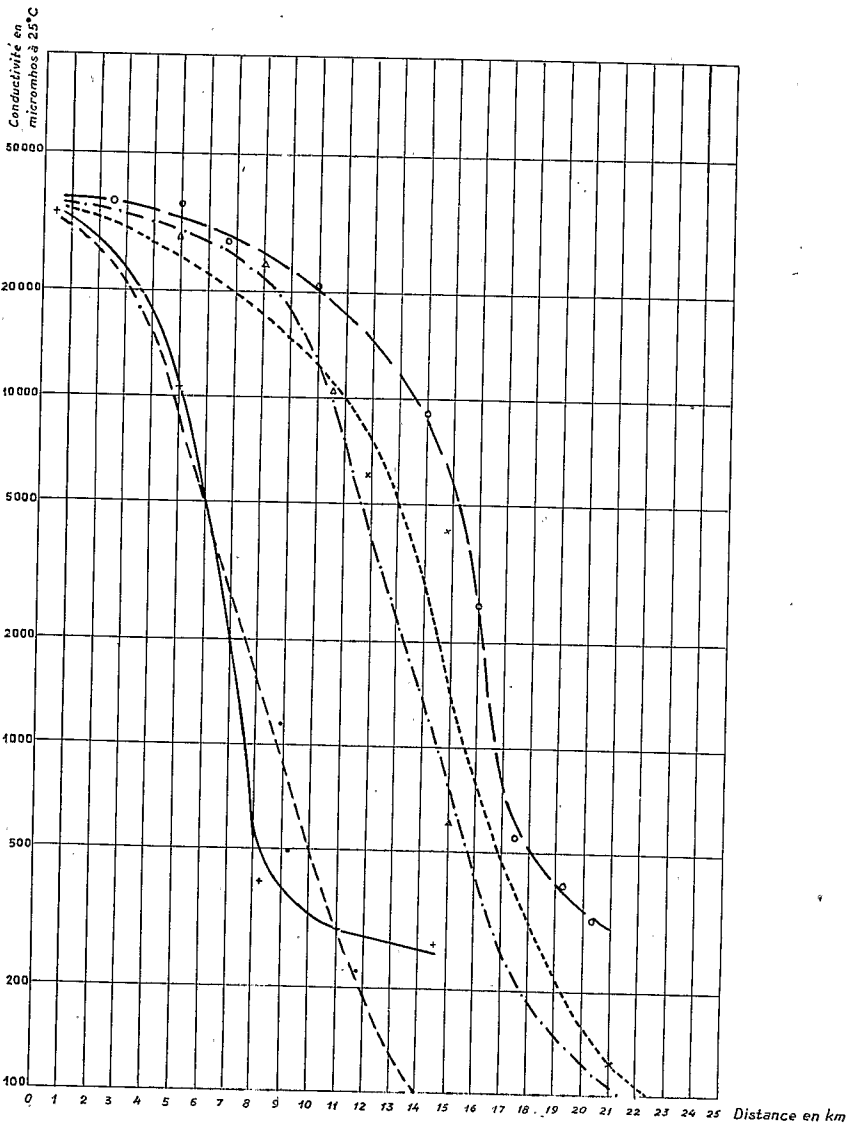


Fig: 4 -

- +—+—+—+— Mahavavy Sud (HM)
- o—o—o—o—o— Andranomavo (H.M)
- Mahajambabo { B.M
- Mahajamba Maropapango (HM)

En saison des pluies la marée dynamique est moins sensible mais les crues peuvent être bloquées dans l'estuaire par des marées de vives eaux et provoquer des inondations catastrophiques dans les plaines de niveau de base.

La distance de pénétration de la marée de salinité pendant la saison des pluies est mal connue, mais d'après nos observations, en particulier sur le Mangoky et le Sambirano, en période de crues normales, les eaux salines, même à marée haute, ne pénètrent guère à plus de 2 à 3 km dans les estuaires principaux. L'action de ces eaux salines sur la sédimentation et le milieu en général est beaucoup plus forte en saison sèche.

Les résultats des mesures de conductivité que nous avons effectuées de mai à juillet dans les estuaires et les deltas (5) sont représentés par les courbes des figures 1, 2, 3, 4. De ces résultats et de ces graphiques on peut dégager un certain nombre de faits généraux :

— L'onde de salinité (6) atteint aux hautes eaux les distances moyennes suivantes dans les estuaires des principaux cours d'eau occidentaux :

		Distance en km
Mangoky	{ Bras principal	5-6
	{ Bras secondaires	10-15
Tsiribihina	{ Bras principal	6-7
	{ Bras secondaires	18
Sambao.....		18
Sambao-Maningoza.....		30
Andranomavo.....		20
Mahavavy du Sud		12-15
Betsiboka	{ Bras principal	15-18
	{ Bras secondaires	30
Mahajamba		17-18
Sofia	{ Bras principal	10
	{ Bras secondaires	20

— Les oscillations du front de salinité dans les bas cours régulièrement alimentés en eau douce en saison sèche, ne dépassent guère 4 à 5 km.

(5) Ces mesures ont été effectuées sur les eaux de surface pour des raisons matérielles et faciliter la rapidité des mesures à un instant donné. Nous avons utilisé un appareil portatif Chauvin et Arnoux (Pont de Kolhraush à vibreur et résistance réglable avec cuve type hydrologie), la conductivité d'un certain nombre d'échantillons étant mesurée au laboratoire à titre de contrôle (Pont de mesure universel Philoscope II).

(6) Nous avons pris comme limite inférieure de salinité celle correspondant à une conductivité de 250 micromhos à 25°C, soit environ 0,15 g de sel/litre.

— Dans la plupart des basses plaines deltaïques, il semble que la limite de la mangrove vivante et assez dense corresponde approximativement à celle atteinte par les eaux de salinité notable (c'est-à-dire à conductivité supérieure à 500 micromhos à 25 °C).

Pour les salinités moindres, les espèces caractéristiques de mangrove disparaissent des rives alluviales, l'alluvionnement récent fluvial se dessèche en surface d'une manière permanente en saison sèche et le niveau général du remblaiement s'élève d'une manière notable au-dessus de celui des axes hydrographiques.

— Sauf cas particuliers, le gradient de salinité dans le réseau hydrographique d'une unité alluviale, — variation de la salinité en fonction de la distance — augmente quand la longueur de l'estuaire proprement dit diminue, et lorsque les apports d'eau douce sont plus importants.

Ainsi, la salinité aux hautes eaux passe de 0,1 à 10 g par litre sur 11 km dans l'estuaire principal de la Betsiboka, sur 20 km dans l'estuaire secondaire de Mahabo, moins bien alimenté en eau douce. La même variation de salinité est observée sur 8 km pour la Sambao, sur 15 km pour l'Andranomavo, sur 12 km pour la Mahajamba, sur 4,5 km pour l'estuaire principal du Mangoky (8 km pour le bras secondaire de Fangoro), sur 6 km pour l'estuaire principal de la Tsiribihina, (10 à 12 km pour les bras secondaires de Namangoa et de Tsimanandrafozana). Dans certains cas peu nombreux, même en saison sèche les eaux douces peuvent atteindre l'embouchure de l'estuaire principal, à marée basse et par marées de mortes eaux : nous avons observé ce phénomène sur le Mangoky où en mai 1964, à Ankilifaly (embouchure du bras principal), la conductivité variait entre 110 micromhos aux basses mers et 1700 micromhos aux hautes mers, tandis que par marée de vives eaux la conductivité varie entre 230 et 33 000 micromhos. Pour les principaux estuaires étudiés et pour des valeurs de conductivité comprises entre 0,5 et 20 millimhos, le gradient de salinité aux hautes eaux (valeurs extrêmes) passe de 0,75 g/1/km à 6 g/1/km d'amont en aval dans les estuaires courts et bien alimentés en eau douce, de 0,1 g/1/km à 0,8 g/1/km dans les grands estuaires où les apports d'eau douce sont proportionnellement plus restreints.

Outre le débit de saison sèche, la pente du profil en long dans le bas cours intervient (opposition par exemple entre

Mangoky et Betsiboka dont les pentes moyennes sont respectivement 0,75 et 0,3 pour 1 000) mais le débit de saison sèche semble le facteur prédominant (cas de la Tsiribihina dont la pente est faible (0,3 pour 1 000) mais le débit d'étiage relativement élevé). C'est la résultante de ces deux facteurs, combinés au marnage, qui joue sur la pénétration des marées et des eaux salines.

— Dans les estuaires formés par des bras morts peu ou pas alimentés en eau douce en saison sèche, la salinité demeure très élevée sur de grandes distances. Ainsi, la conductivité est toujours supérieure à 5 millimhos et varie le plus souvent entre 5 et 33 millimhos, parfois davantage, dans la partie interne de certains bras secondaires de la mangrove dense. On peut citer comme exemples caractéristiques : le bras d'Antasaramanefitra (10 km) au Sud du delta du Mangoky, le Kiradroa (20 km) au Nord du delta du Manambolo, le bras de Namakia (15 km) obturé artificiellement dans le delta de la Mahavavy du Sud, le Masokoenja (20 km) dans le delta de la Mahajamba, les bras morts de la partie septentrionale du delta du Sambirano.

3° DÉFINITION, EXTENSION ET CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES DU MILIEU FLUVIO-MARIN

Définir le milieu fluvio-marin par les actions visibles ou mesurables de la marée de salinité s'applique donc bien au milieu liquide et à la sédimentation dans les axes hydrographiques eux-mêmes. Cependant, à notre avis, cette définition ne tient pas assez compte de l'« environnement » dans la plaine de niveau de base.

En effet, la marée de salinité peut ne pas s'exercer dans des zones où les conséquences du milieu fluvio-marin ne sont plus actuelles mais résiduelles : c'est le cas en particulier des basses plaines alluviales internes de Bemarivo-Tsiribihina, de Besalampy-Sambao/Maningoza, de Marovay-Betsiboka, où la présence fréquente de sels et les caractères hérités des sédiments donnent à ces zones une physionomie particulière. Mais il existe également des zones où les actions récentes du milieu littoral ou estuarien sont très visibles et se poursuivent encore, nous voulons parler des zones *intermédiaires* qui, en arrière des mangroves actuelles, constituent une frange plus ou moins nette et plus ou moins large. Du fait de la progression de l'alluvionnement fluvial, l'étendue de ces zones n'est pas stable. Il

s'agit en réalité d'un *environnement mixte* où les milieux terrestres et semi-terrestres se rencontrent, on pourrait même dire rivalisent.

L'ensemble des zones soumises aux marées et des zones intermédiaires se caractérise par la présence massive de sels d'origine marine, en particulier de chlorure de sodium. Les sédiments semi-terrestres y deviennent progressivement terrestres. Mais outre la présence de sédiments caractéristiques, cet environnement fluvio-marin se distingue soit par une végétation très spécialisée : mangrove, halophytes, soit par une absence quasi-complète de végétation par suite de l'excès de sels, surtout en saison sèche.

C'est pourquoi nous définirons le milieu fluvio-marin comme un *domaine à la fois sédimentologique et biogéographique* comprenant deux secteurs : un secteur semi-terrestre correspondant à la zone des mangroves et des plages, un secteur terrestre correspondant aux zones intermédiaires de transition avec la plaine alluviale proprement dite, zones intermédiaires à sol nu ou végétation halophile.

Ce second secteur est également caractérisé en général par la présence d'une nappe salée permanente à faible profondeur (moins de 2 m). On peut y observer des marais salins (« salt marsh » des auteurs anglo-saxons) mais ceux-ci sont rares dans l'Ouest malgache où le marais maritime (« tidal marsh ») est largement prédominant grâce à l'action colonisatrice des bancs vaseux par la mangrove. Dans le secteur terrestre, l'ancien réseau hydrographique de la mangrove s'atrophie considérablement et les quelques chenaux subsistants ont tendance à s'encaisser. Les vastes surfaces planes dominant, recouvertes d'une végétation halophile herbacée avec arbres ou arbustes clairsemés, ou bien le sol est entièrement nu. On observe localement des cuvettes à sels. En saison sèche, ce secteur, comme les « salt marsh », n'est partiellement couvert qu'aux très grandes marées. En saison des pluies, il peut être totalement inondé par les fortes crues.

Le développement de ces zones intermédiaires n'est pas obligatoirement lié à celui des zones de mangroves. Il dépend essentiellement de la rapidité de progression et du stade de remblaiement de l'alluvionnement fluvial. En effet, ce secteur interne du milieu fluvio-marin revêt un maximum d'extension dans les deltas en progression, formant une avancée sur le littoral. Dans les estuaires et « deltas intérieurs » il est très

réduit ou bien se confond avec les plaines de remblaiement subactuelles. Dans celles-ci subsiste également le plus souvent une nappe salée ou saumâtre à faible profondeur, mais la végétation y est en général beaucoup moins spécifique.

C'est au secteur interne qu'appartiennent en particulier les zones nues entre forêt de palétuviers et végétation normale de terre ferme. Ces zones ont déjà été signalées par A. Guilcher dans le delta de la Mahavavy du Nord (7) et par R. Battistini (8) dans le delta du Sambirano. Ce phénomène est général et ces surfaces apparaissent souvent en teinte claire sur les photos aériennes. Elles ont une grande extension dans les deltas de la Mahavavy du Sud, dans la plaine de la Sambao, dans les deltas du Manambolo, de la Tsiribihina, du Mangoky. Si l'on y observe généralement des sédiments argileux, le passage au milieu terrestre émergé en permanence se marque par des recouvrements sableux ou limoneux, d'abord très minces et discontinus, puis d'autant plus généralisés qu'on se rapproche des surfaces d'épandage fluviales.

Sur ces surfaces, le changement dans la sédimentation ne suffit pas à expliquer la disparition des palétuviers, mais c'est la progression du remblaiement et de la mangrove vers l'aval qui cause l'émersion de plus en plus prolongée de ces zones. La mort progressive des palétuviers par dessèchement des horizons de surface et sursalure (évaporation et remontée à partir de la nappe), s'observe fréquemment, en particulier dans les grands estuaires comme ceux du Mangoky et de la Betsiboka. Dans le cas des deltas intérieurs, étant donné l'encaissement de la basse vallée, ces zones intermédiaires sont moins étendues et réparties latéralement et non longitudinalement par rapport au réseau hydrographique principal. En outre, selon l'hypothèse avancée par A. Guilcher, la grande aridité saisonnière du climat pendant la moitié de l'année est probablement aussi largement responsable de la formation de ces zones nues.

Les côtes construites ont souvent un développement plus grand dans les régions tropicales que dans les pays tempérés (9). Cela est dû à la fois à l'abondance des apports et à l'action d'une végétation hautement spécialisée. Comme le souligne P. Birot, « il n'y a pas de comparaison entre la végétation adaptée au sel et au mouvement des marées, telle qu'on la

(7) A. GUILCHER et A. BERTHOIS (1956), p. 48.

(8) R. BATTISTINI (1960), p. 210.

(9) P. BIROT (1959), p. 223.

trouve dans les vasières de l'Europe du Nord-Ouest, et les plantes analogues des régions tropicales humides ». On peut dire aussi qu'il n'y a pas de comparaison, surtout à Madagascar, avec l'intensité des apports. Ce facteur est peut être plus important que le facteur climatique, car si la végétation de mangrove nécessite des températures moyennes assez élevées, on peut remarquer qu'elle s'étend sur la côte ouest dans des zones qui reçoivent en moyenne entre 350 mm (Tuléar) et plus de 2 m (Sambirano) de précipitations annuelles.

Sur les côtes occidentales malgaches, l'extension des zones de mangrove paraît liée non seulement à l'importance du remblaiement récent, mais surtout à la faiblesse de la pente terminale de celui-ci. Ainsi dans les deltas internes — types Betsiboka ou Mahajamba — les mangroves sont particulièrement étendues du fait que le remblaiement de la vallée immergée n'est pas achevé. Par exemple, sur la basse Betsiboka, en aval de Marovoay, la pente moyenne est inférieure à 5 pour 1 000.

Dans les grands estuaires et les grands deltas, en particulier ceux faisant saillie sur la ligne de rivage — type Mahavavy du Nord, Sambirano, Mahavavy du Sud, Manambolo, Tsiribihina, Mangoky —, on observe que la mangrove est d'autant plus dense et plus étendue que les bras sont moins fonctionnels et reçoivent moins d'apports d'eaux douces en saison sèche. Autrement dit, l'extension est maximale dans les zones de remblaiement récemment stabilisées. Cela s'explique d'autant mieux que ces bras sont encore souvent fonctionnels en saison des pluies, et reçoivent alors essentiellement des sédiments fins en suspension qui alimentent les bancs vaseux. La pente de ces bras secondaires est d'ailleurs en moyenne beaucoup plus faible que celle des bras en pleine activité : dans le bas-Mangoky, la pente est de 0,2 pour 10 000 dans l'estuaire Fangoro contre 0,2 pour 1 000 dans l'estuaire principal d'Ankilifaly ; dans la basse Mahajamba 0,1 pour 1 000 dans le bas Masokoenja contre 0,3 pour 1 000 dans l'estuaire actif Mahajambabe.

D'autres facteurs morphologiques peuvent intervenir dans l'extension des mangroves. Ainsi dans le delta de la Tsiribihina la mangrove est partout très étendue sur le front deltaïque par suite de la multiplication des bras en aval de Belo où l'on compte plus de quatre grands bras principaux. La prépondérance de l'un ou l'autre bras est variable : le bras Naman-goà au Sud, récemment le plus actif, a régressé depuis deux ans au profit du bras Ambozaka au Nord, alors que la sédimenta-

tion récente a atteint son avancée maximale dans la partie centrale du delta (bras de l'Îlot Indien).

A l'embouchure actuelle du Manambolo, on observe des mangroves peu étendues par rapport à celles du reste du delta situées plus au Nord. Ce cours s'est établi seulement depuis 1936, abandonnant l'ancien tracé encore visible mais peu fonctionnel (Manambolomaty). Ce nouveau cours, ayant à effectuer un trajet beaucoup plus court pour atteindre la mer, a un lit plus encaissé et a dû forcer des cordons dunaires le long d'un littoral déjà très régularisé.

A propos de l'évolution morphologique des vasières dans la plaine d'Ambilobe (Mahavavy du Nord et Mananjeba), A. Guilcher écrit (10) : «... les bras actifs des cours d'eau se terminent dans des chenaux de marée ; il faut bien que les rivières se jettent quelque part dans la mer. Mais les bras morts ne sont pas tous continués par un chenal de marée, et la largeur des chenaux de marée n'est pas du tout en rapport avec la présence ou l'absence d'un cours d'eau terrestre à leur extrémité interne. Elle dépend seulement de la superficie de la vasière à desservir en eau de mer ». Nous ne pensons pas que cette conclusion puisse être généralisée. En effet, toutes nos observations dans les basses plaines alluviales de l'Ouest font supposer que *la plupart des grands chenaux de mangrove sont liés à l'existence d'anciens bras subactuels ou récents*. Ce fait est particulièrement illustré par de nombreux exemples dans le bas-Mangoky, la Tsiribihina, le Manambolo, la Mahavavy du Sud, la Mahajamba, la Sofia. S'il apparaît moins dans la plaine d'Ambilobe, où d'ailleurs les mangroves par comparaison avec d'autres plaines sont relativement peu étendues, c'est à cause de la grande mobilité de la Mahavavy du Nord, comme en témoignent les récents changements de cours ces dernières décennies, avant la stabilisation par la culture de la canne à sucre, les nombreux trains de méandres résiduels et la pente relativement forte (0,7 à 1 pour 1 000) du Delta. Par sa dynamique et ses caractères morphologiques, le delta du Manambolo, bien que moins avancé, se rapproche de celui de la Mahavavy du Nord.

Dans cette plaine deltaïque, les anciens bras sont parfaitement conservés avec leur tracé à méandres, jusqu'à leur embouchure. C'est à partir de ces anciens bras que s'est faite la hiérarchisation du réseau hydrographique des mangroves.

(10) A. GUILCHER (1956), p. 46.

Sur le bas-Mangoky, où la pente de la plaine deltaïque est également assez forte (0,8 pour 1 000) les exemples sont également frappants par leur ampleur. Tous les grands chenaux de mangrove sont liés à la présence d'anciens bras, et certains sont encore reliés temporairement aux bras actifs actuels. Un seul cas est douteux : l'estuaire d'Antsaramanefitra, à l'extrême Sud du Delta, petit bras de mer pour lequel l'existence d'un ancien bras reste très hypothétique, mais n'est pas impossible.

Dans le delta de la Mahajamba, l'estuaire de Masokoenja n'est que le tracé de l'ancien cours de la Mahajamba, alimenté en outre par la petite rivière Masokoenja. Dans son étude morphologique du delta du Sambirano, R. Battistini adopte un point de vue proche du nôtre (11) : « il est probable, écrit-il, que certains des grands chenaux de marée ont servi, à un moment ou à un autre, d'estuaires par lesquels les eaux du Sambirano rejoignaient la mer ».

Dans les fronts deltaïques, les ramifications des grands chenaux ont également le plus souvent une origine fluviale. Certes il existe une hiérarchisation très variée des chenaux secondaires qui desservent les mangroves et ceux-ci sont d'autant plus étendus que l'alluvionnement récent est plus important. Après régression des bras fluviaux actifs, les chenaux principaux eux-mêmes par suite des courants de marée et de la régularité des débits, se modifient, s'élargissent et forment souvent de beaux méandres. L'élargissement des anciens bras dans la zone littorale par érosion latérale des courants de marées est également un fait très général, au moins tant que le marnage reste suffisamment important. Plus en amont, les bras fluviaux en régression ont également tendance à méandrer, mais aussi à diminuer de largeur.

Les plus beaux exemples de réseaux de chenaux secondaires qui se créent sur les étendues de vase, d'une manière autonome pour ainsi dire, peuvent être vus dans le delta interne de la Betsiboka et dans celui de la Mahajamba, où la sédimentation actuelle est très rapide. Ces chenaux secondaires constituent des réseaux parallèles, peu ramifiés et presque orthogonaux aux axes hydrographiques principaux liés aux bras fluviaux. Dans les deltas progressant plus lentement, le réseau des chenaux secondaires est beaucoup plus contourné et extrêmement

(11) R. BATTISTINI (1960), p. 212-213.

hiérarchisé. Mais les cas de « divorcée », pour reprendre une expression d'A. Guilcher, entre ces chenaux de marée (« tidal creeks ») et les bras principaux anciens ou actifs demeurent rares.

II. — La végétation

1° LA FORÊT DE PALÉTUVIERS

Les peuplements végétaux de la mangrove malgache ont été depuis longtemps étudiés par les botanistes (12). Des mises au point plus récentes ont été faites pour certaines familles dans la *Flore de Madagascar et des Comores* (13) et dans les *Mémoires de l'I.R.S.M.* (14). Des études régionales sur la nature et la répartition des espèces ont également été faite dans le Sambirano (15) et le Delta du Fiherenana à Tuléar (16).

Les échantillons que nous avons rapportés de nos prospections dans l'Ouest ont été déterminés par J. Bosser au Centre Orstom de Tananarive. Nos observations ont surtout porté sur la répartition géographique des espèces connues et leur rôle dans la colonisation des sédiments récents.

Selon C. Gachet (17) l'ensemble des mangroves malgaches couvrirait environ 217 000 hectares, soit plus de 1,7 % du domaine boisé (18). Le nom malgache désignant la mangrove est « Honko ».

Il convient d'abord de distinguer les espèces propres à la mangrove (palétuyiers) c'est-à-dire aux zones régulièrement inondées par la marée.

(12) H. PERRIER DE LA BATHIE (1912); A. GUILLAUMIN (1928).

(13) R. CAPURON (1961), p. 145-146.

(14) C. GACHET (1958).

(15) R. BATISTINI (1960).

(16) R. DERIJARD (1963).

(17) C. GACHET (1959), p. 135.

(18) Sur la côte orientale peu découpée, les mangroves sont peu étendues. Les lagunes sont le plus souvent séparées de la mer par une dune littorale plus ou moins continue et leurs eaux sont peu ou pas salées. En outre, la sédimentation vaseuse est peu importante.

NOMS VERNACULAIRES

Espèce	Famille	Ouest	Nord-Ouest
<i>Avicennia officinalis</i> ...	Verbénacées	Afiaty	Afiaty ou Mosotry
<i>Rhizophora mucronata</i>	Rhizophoracées	Tangandahy	Honkolahy
<i>Ceriops boiviniana</i> ...	»	Tangambavy	Honkovavy
<i>Brugiera Gymnorhiza</i> .	»	Tangampoly	Tsitolonina
<i>Sonneratia Alba</i>	Sonneratiacées	Songhery	Farafak
<i>Carapa obovata</i>	Meliacées	Fobo	Lantaka-talaotra
<i>Lumnitzera racemosa</i> .	Combretacées		Votsihonko
<i>Heritiera littoralis</i>	Sterculiacées	Lonony	Maromony
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	Malvacées	Varo	

Les deux dernières espèces ne sont pas exactement des palétuviers : elles caractérisent plutôt les zones intermédiaires dont nous verrons la flore ci-après. Mais on les observe en petits peuplements isolés dans la mangrove typique, là où celle-ci n'est pas trop dense. *Heritiera littoralis* est une espèce fréquente dans les estuaires et les plaines deltaïques du Nord-Ouest, à partir de Besalampy. Ses capsules résistantes se retrouvent sur toutes les plages. Elle est rare sur la côte ouest ; nous en avons observé seulement quelques îlots dans le delta de la Tsiribihina.

Avicennia officinalis est de loin l'espèce la plus répandue et la plus ubiquiste. La plupart du temps, c'est elle qui colonise en premier les bancs vaseux d'estuaires ou de deltas. Sur les atterrissements vaseux de rives convexes, les séries de tailles décroissantes en fonction de l'âge du peuplement, sont remarquables en particulier sur les bras principaux. *Avicennia* est également l'espèce qui, dans la frange interne des mangroves dégradées, et dans les termes de passage au secteur terrestre, supporte le mieux l'excès de sels et résiste le plus longtemps à un assèchement prolongé.

Rhizophora mucronata joue également le rôle de « pionnier », mais beaucoup moins fréquemment que les *Avicennia*. Il semble que le plus souvent cette espèce s'installe dans une mangrove à *Avicennia* jeune qu'elle concurrence rapidement. Elle forme des peuplements très denses, plus particulièrement dans la partie interne des surfaces comprises entre les chenaux de marée. Par le réseau très dense de ses racines échasses, ses troncs droits et serrés, elle concurrence fortement les autres

espèces à port plus étalé et plus exigeantes en lumière. Les peuplements denses sont surtout observables sur les berges concaves, là où l'érosion latérale des chenaux a recoupé les surfaces de mangrove plus intérieures. *Rhizophora mucronata* forme des peuplements denses importants dans les zones deltaïques à alluvionnement stabilisé ou en voie de stabilisation, à alluvionnement assez abondant mais pas trop rapide.

Les autres espèces de Rhizophoracées : *Brugiera gymnorhiza* et *Ceriops boiviniana*, sont souvent en association avec la précédente, dont elles supportent le voisinage car elles ont un port analogue. Mais elles forment rarement des peuplements purs aussi étendus. On peut même dire que leur grande fréquence laisse présager une certaine dégradation du couvert végétal qui dans ce cas souvent s'éclaircit. Ces deux espèces supportent mieux l'ensablement — en particulier *Ceriops boiviniana* qui, après l'*Avicennia*, est la plus résistante à la sécheresse saisonnière. On les rencontre souvent dans des zones où, en saison sèche, la partie supérieure du sol est en voie de dessiccation, ces zones étant seulement inondées aux marées de vives eaux.

Sonneratia alba est typiquement une espèce de front de sédimentation aussi bien dans les estuaires que sur la marge littorale des deltas. C'est également une espèce colonisatrice, mais qui forme en général des peuplements purs et peu étendus. Par son port très étalé cette espèce affectionne les sites ouverts vers le large et résiste mal à la concurrence, des autres espèces en particulier des Rhizophoracées : assiégés par ces dernières dès que la sédimentation progresse vers le large, elle tend à s'accroître en hauteur et dépérit rapidement. C'est ce qui explique son habitat généralement très dispersé au sein d'une unité alluviale, dans les mangroves de la côte ouest proprement dite *Sonneratia alba* est une espèce, comparativement aux autres citées ci-dessus, relativement rare. Elle est plus fréquente sur la côte nord-ouest, mais avec de fortes inégalités régionales dans la densité et le nombre des peuplements.

Carapa obovata peut être qualifiée d'espèce ripicole des chenaux et bras de mangrove. En effet, les quartiers déhiscent de son gros fruit sphérique ne sont pas portés très loin par flottaison à l'intérieur des étendues de vase. Cette espèce ne forme pas à proprement parler des peuplements, mais au plus des groupements de quelques individus.

Enfin *Lumnitzera racemosa* est une espèce peu fréquente, observée surtout dans le Sud-Ouest, sur la lisière terrestre de la mangrove. Nous l'avons également observée dans la plaine de Soalala et dans le bas Sambirano, dans la même situation.

Existe-t-il une zonation caractéristique des espèces de palétuviers ? Peut-on distinguer des types écologiques de mangrove ? Compte tenu de nos nombreuses observations en des régions variées de la côte occidentale, il semble qu'il soit difficile de définir, sans simplifier à l'excès, une zonation caractéristique dans la mangrove malgache. Tout au plus peut-on parler de sites préférentiels et pour chaque espèce de possibilités d'extension.

L'*Avicennia* est l'espèce la plus répandue et la plus ubiquiste à cause de la facilité de dispersion de sa graine par flottaison et de sa rapidité de croissance. De plus c'est elle qui résiste le mieux aux variations de salinité et d'humidité dans le sol.

L'extension des Rhizophoracées (« Tanga ») nécessite une certaine stabilité des bancs vaseux, car la propagation de l'espèce se fait davantage par chute des plantules, qui se piquent dans la vase, que par flottaison. Ceci explique que leur implantation est généralement postérieure à celle des *Avicennia*. Mais une fois installées, leur concurrence vitale est beaucoup plus grande vis-à-vis des autres espèces, en particulier des *Avicennia* et *Sonneratia*, à port plus ou moins étalé, et plus exigeantes en lumière lors de leur croissance.

Les formations à *Avicennia* de Madagascar rappellent partiellement le « Sirubial » guyanais ou forêt d'*Avicennia nitida* (19). D'après M. Boyé, les peuplements de cette espèce constituent le paysage type des vasières de front de mer où l'espèce *Rhizophora* est pratiquement absente. Cette dernière forme des galeries (« manguezal ») le long des estuaires et des chenaux de marée, tandis que les *Avicennia* disparaissent vers l'amont. Comme nous l'avons vu, la répartition des *Avicennia* et *Rhizophora* apparaît beaucoup plus variée dans l'Ouest malgache.

D'après A. Guilcher (20), la mangrove africaine n'est pas uniforme : « Sur les rives atlantiques de l'Afrique, on a en principe et essentiellement, des *Rhizophora* en avant et des *Avicennia* plus loin des marigots... Cette disposition peut cependant s'in-

(19) M. BOYÉ (1962).

(20) A. GUILCHER (1959), p. 19.

verser dans les peuplements récents ou repeuplements de Guinée, parce qu'*Avicennia* pousse plus vite ».

En Sierra Leone (21), *Rhizophora racemosa* et *Avicennia nitida* sont les premières colonisatrices. *Rhizophora racemosa* peut former des peuplements purs sur des sédiments limoneux déposés récemment, alors qu'*Avicennia* est plutôt associée avec *Rhizophora harrissonii* et *Rhizophora mangle* sur des sols plus fermes, où croissent également des plantes herbacées tolérantes aux sels.

Selon M. Boyé, la localisation de *Rhizophora* en Guyane serait commandée moins par le taux de salinité que par les variations de la salinité associées aux variations du pH. Cependant d'après nos observations, et comme cela a été montré dans de nombreuses études, c'est surtout après dessèchement ou préservation de l'inondation par les eaux salines, que l'acidité augmente considérablement dans les sols de mangrove. Les mangroves anciennes ou en voie de régression donnent fréquemment naissance à des sols sulfatés acides (22).

Par ailleurs, il ne semble pas que la distinction faite par H. Perrier de la Bathie entre « mangroves d'estuaires et de fonds de baie », peuplées surtout de Rhizophoracées, et « mangroves littorales », où dominent presque exclusivement les *Sonneratia* et *Avicennia*, puisse être généralisée (23). Cette distinction a été reprise en partie par R. Derijard dans son étude du peuplement des atterrissements intertidaux de la région de Tuléar (24). Outre le fait que les mangroves sont peu étendues dans le delta du Fiherenana, cette plaine alluviale a des caractères bien particuliers. On y observe une large prédominance de la sédimentation sableuse sur les dépôts fins, la présence d'une nappe phréatique d'eau douce liée aux variations du niveau d'un banc de grès quaternaires qui longe le littoral dans ce secteur, mais dont les apports ne peuvent être comparés aux importants apports d'eau douce des grands estuaires avec les fortes variations de salinité qui s'y produisent. Le bas cours du Fiherenana n'a qu'un sous-écoulement

(21) H.D. JORDAN (1963), p. 796.

(22) Au Sierra Leone, P.R. Hesse et J.W.O. Jeffery (1963), ont montré que, lors de l'établissement de polders, pour empêcher l'accès de l'eau de mer, les sols de mangrove à *Rhizophora* tendent à devenir trop acides pour la culture du riz, alors que dans les conditions naturelles les valeurs du pH varient entre 6,2 et 6,6.

(23) H. PERRIER DE LA BATHIE (1912).

(24) R. DERIJARD (1963), p. 217-219.

sous les sables en saison sèche. Malgré la faible étendue des mangroves d'estuaires étudiées dans ce delta par R. Derijard, cet auteur note la grande complexité des peuplements et la présence de grands *Avicennia* et de *Lumnitzera* sur la lisière terrestre de la mangrove littorale.

Sonneratia alba est parfois fréquent dans les zones internes, en particulier au voisinage des bras morts à forte salinité sur de longues distances. Nous avons observé ce fait au bas-Mangoky et dans le bas Sambirano où cette espèce sur le front deltaïque est cependant particulièrement abondante.

Les trois espèces : *Rhizophora mucronata*, *Avicennia officinalis* et *Sonneratia alba*, sont également fréquentes dans les franges externes de palétuviers en avant des cordons sableux littoraux ou des abrupts rocheux de hautes mers, franges fréquemment observées soit dans les deltas en progression, soit dans les baies profondes. Nous en reparlerons à propos de l'origine des vasières (25).

En conclusion, nous dirons que dans les mangroves littorales ou d'estuaires, suffisamment étendues et stabilisées, le mélange des peuplements et des espèces précitées est la règle. Il faut noter cependant une exception, et de taille, sur la côte occidentale malgache : l'estuaire de la Betsiboka. On observe dans cet estuaire, malgré son étendue — plus de 73 000 hectares — une très forte prédominance de peuplements purs à *Avicennia officinalis*. De rares peuplements de Rhizophoracées peu étendus ont été observés dans la partie orientale de l'estuaire. Or, malgré le débit notable en saison sèche de la Betsiboka, les variations de la salinité y sont analogues à celles observées dans les autres estuaires à peuplements plus complexes. Peut-être la progression extraordinairement rapide de l'alluvionnement dans cet estuaire n'a-t-elle pas permis l'implantation massive des autres espèces de palétuviers à croissance plus lente, mais ceci n'est qu'une hypothèse. Cette hypothèse peut cependant s'appliquer à l'ensemble de la mangrove occidentale

(25) L. BERTHOIS et A. GUILCHER (1956), A. GUILCHER (1956) les ont signalées également dans le delta de la Mahavavy du Nord, à Nosy-Be et dans la rade de Diégo-Suarez. A. Guilcher (1954) souligne que les palétuviers peuvent vivre soit dans de l'eau sursalée, soit dans de l'eau douce — il faudrait plutôt dire saumâtre — à condition qu'il y ait alternance d'immersion et d'émersion par le jeu des marées, l'émersion facilitant la germination. Dès 1921 H. Perrier de la Bathie écrivait : « Les espèces de mangrove ne se développent bien que sur les boues des estuaires où les marées se font sentir avec de grandes amplitudes ».

malgache si l'on admet que les modalités de la sédimentation — intensité des apports, turbulence des courants, remaniements par érosion des dépôts récents — interviennent davantage dans la répartition des espèces et leur développement végétatif que les variations de la salinité.

Cependant, compte tenu de la concurrence vitale inter-espèces et des modes de reproduction de chacune d'elles, il existe incontestablement des sites préférentiels qui, pour les différentes espèces précitées, peuvent se résumer ainsi :

Espèces	Sites
<i>Avicennia officinalis</i> (Afiaty)	— Lisières terrestres, zones intermédiaires, à assèchement partiel en saison sèche. — Atterrissements vaseux des rives convexes des bras et chenaux principaux.
<i>Rhizophora mucronata</i> (Tangandahy)	— Bancs vaseux d'estuaires en progression rapide. — Atterrissements vaseux abrités (en arrière des cordons littoraux). — Mangroves centrales régulièrement inondées toute l'année.
<i>Ceriops boiviniana</i> (Tangambavy)	— Mangroves centrales (peuplements purs ou en association avec les autres Rhizophoracées).
<i>Bruguiera gymnorhiza</i> (Tangampoly)	— Mangroves centrales en association avec les autres Rhizophoracées. — Franges internes (secteurs intermédiaires) à assèchement partiel en saison sèche.
<i>Sonneratia alba</i> (Songery)	— Front d'alluvionnement (eaux à fortes salinités) des estuaires ou des deltas.
<i>Carapa obovata</i>	— Rives des bras fluviatiles et chenaux de marée.
<i>Lumnitzera racemosa</i>	— Lisières terrestres des mangroves et zones littorales salées.
<i>Heritiera littoralis</i> (Lonony)	— Rives des bras fluviatiles.
<i>Hibiscus tiliaceus</i> (Varo)	

Signalons enfin qu'une liane est très fréquente sur les palétuviers qui bordent les bras fluviatiles et les chenaux de marée : il s'agit d'une Papilionacée, *Derris euliginosa* (Fanaha).

2° LA VÉGÉTATION DES ZONES SALÉES INTERMÉDIAIRES

En Europe occidentale, la mer flamandaise a profondément pénétré à l'intérieur du continent en suivant les vallées des rivières. Selon J. Bourcart « les mêmes dépôts semblent s'être faits dans tous les estuaires au cours de cette période ». Ce

remplissage se présente sous la forme de « terrasses ». La terrasse supérieure n'existe que dans les grands estuaires ou les golfes envasés. La terrasse moyenne à chenaux de marée (« creeks ») et végétation halophile, est recouverte partiellement par les marées de vives eaux. A cette terrasse moyenne, depuis les travaux du botaniste belge J. Massart, on a donné le nom flamand de « schorre ». Le schorre est souvent, mais pas toujours, limité vers le large par une microfalaise et se poursuit à marée basse par un glacis de vase nue : la « slikke » (vasières molles).

Si la mangrove stabilisée peut être assimilée dans une certaine mesure, à une « haute slikke » avec une végétation très particulière, comme le fait remarquer A. Guilcher (26) : « ... les vasières tropicales intertidales sont loin de porter partout des palétuviers. Le schorre herbacé familier aux observateurs des pays tempérés existe aussi dans les pays tropicaux ». A notre avis, dans l'Ouest malgache, ce « schorre » caractérise en partie ces zones intermédiaires dont nous avons déjà parlé. Il est lié à la fois à la dégradation de la mangrove et aux changements dans le régime de sédimentation.

Ces deux phénomènes ont comme cause commune la progression vers l'aval de l'alluvionnement, laquelle s'accompagne d'un enfoncement relatif du réseau hydrographique fluvio-marin. Il existe également des microfalaises, qui s'observent en général entre schorres herbacés et zones nues. Elles sont dues le plus souvent aux marées de vives eaux, et sont fréquemment entaillées dans des sédiments plus riches en limons et en sables que les vases de la mangrove. Ces sédiments correspondent à des recouvrements fluviatiles de surfaces d'épandage. Bien que l'extension du milieu fluvio-marin, dans certaines plaines alluviales de l'Ouest malgache, puisse être rapportée à une transgression marine récente, dans la plupart des cas on peut difficilement parler de « terrasses ».

Ce schorre tropical de l'Ouest n'est pas seulement herbacé, mais souvent arboré ou à nombreux arbustes. Il a une répartition assez hétérogène mais on l'observe le plus souvent, soit sur les levées embryonnaires qui bordent les bras fluviatiles, soit sur les surfaces d'épandage en arrière des zones nues (sans végétation), autour des cuvettes salines ou dans les axes de drainage mal individualisés. Dans le premier cas son extension

(26) A. GUILCHER (1959), p. 19.

est d'abord limitée au bourrelet de berge peu marqué et étroit, puis à mesure que l'on remonte vers l'amont, ce schorre s'élargit et s'étend sur les fronts d'épandage d'alluvions fluviales récentes, tandis que la spécificité des espèces végétales adaptées aux sels décroît. Cela se traduit par un aspect digité sur les cartes et photos aériennes. Dans le second cas, la salinité est généralement plus grande et les sédiments beaucoup plus argileux que sur les bourrelets de berge : aussi, le couvert végétal est beaucoup plus clairsemé, voire nul.

Comme nous l'avons déjà dit, lorsque la mangrove se dégrade par assèchement prolongé et sursalure des horizons de surface, c'est l'*Avicennia* qui résiste le plus longtemps. Mais peu à peu, cette espèce elle-même dépérit et il est fréquent d'observer, sur la frange interne de nombreuses plaines deltaïques, des troncs de palétuviers morts. Lorsqu'on fait des sondages dans les zones nues et les cuvettes salines, il n'est pas rare de trouver des troncs ou racines de palétuviers à faible profondeur.

Dans les surfaces argileuses, où le sol est fortement crevassé en saison sèche, la première colonisation des zones salées se fait par les Salicornes. Celles-ci s'établissent de préférence soit sur les minces recouvrements sablo-limoneux, qui indiquent des apports fluviaux, soit sur les petites accumulations éoliennes (« nebkas ») de limons salés qui se forment en saison sèche par déflation des surfaces poudreuses sans végétation. Deux espèces sont couramment observées : *Salicornia Perrieri* Chenopodiacées et *Arthrocnemum pachystachium* (Dremotsy) Chenopodiacées, associées parfois à *Salsola littoralis* (Salsolacées). Une petite Convolvulacée : *Cressa cretica* (Sirasira) vient bien également sur les sols argileux salés.

Sur les levées de berge et en bordure des chenaux de mangrove dégradée, la première herbacée caractéristique qui forme le plus souvent le tapis végétal est *Sporobolus virginicus* (Jemotra). Cette graminée supporte les inondations des eaux saumâtres lors des marées de vives eaux.

Lorsque la texture du sol devient moins argileuse et que la salure décroît, on observe des groupements végétaux plus complexes, avec arbres et arbustes. Dans l'Ouest proprement dit *Salvadora angustifolia* (Sasavo) Salvadoracées résiste particulièrement bien à de fortes teneurs en sels. Un peuplement pur de cette espèce de la forêt sèche climacique indique dans les plaines intérieures des zones salées au moins en profondeur. Un arbuste : *Cryptostegia madagascariensis* (Lombiro)

Asclépiadacées, que l'on trouve également dans la forêt sèche, résiste également bien aux fortes salures, et forme souvent dans les zones intermédiaires un peuplement pur clairsemé.

Les arbustes et arbrisseaux suivants caractérisent également les zones de transition avec les mangroves dégradées, particulièrement en bordure des axes hydrographiques :

- *Heritiera littoralis* (Lonony), Sterculiacées,
- *Barringtonia racemosa*, Lecythidacées,
- *Hibiscus tiliaceus* (Varo), Malvacées,
- *Thespesia populnea* (Valorao), Malvacées,
- *Stereospermum euphoroides* (Mangarahara), Bignoniacées,
- *Pluchea grevei* (Famonty), Composées,
- *Pluchea bojeri*, Composées,
- *Ficus cacoulifolia* (Adabo), Moracées,
- *Secamonopsis madagascariensis* (Vahamainty), Asclepiadacées,
- *Abutilon greveanum* (Lahirika), Malvacées,
- *Azima tetraacantha*, Salvadoracées.

Parmi les herbacées supportant des teneurs notables en sels, citons : *Cynodon dactylon* (Mandavohita), Graminées ; *Cyperus rotundus* (Tsingetsets) ; *Scirpus maritimes* (Kiheraherana), Cyperacées ; *Sporobolus rhyzomatosus* (Matsia), Graminées.

Dans les bras et chenaux principaux, particulièrement sur les rives convexes, existe une « basse slikke » qui découvre régulièrement à marée basse ou plus exactement aux basses eaux étant donné le retard entre le littoral et les zones internes. Par suite des apports d'eau douce et des variations importantes de salinité en milieu liquide dans les zones intermédiaires, ces dépôts de vase molle ou sables vaseux, sont fréquemment colonisés par *Typha angustifolia* (Vondro) Typhacées au *Scirpus pterolepis* (Boboka) Cypéracées.

Enfin, dans les zones marécageuses proches du littoral et fortement salées, — ces zones sont relativement rares — signalons en particulier dans le delta du Fiherenana, un groupement à *Juncus maritimus* Juncacées et *Acrostichum aureum* Polypodiacées, tandis que les cuvettes sableuses à croûte saline sont parfois occupées par un groupement à *Sclerodactylon macrostachyum* Graminées (27).

(27) Cf. BOSSER et J. HERVIEU (1958), p. 12-13.

3° LA VÉGÉTATION DES CORDONS LITTORAUX ET DES DUNES BORDIÈRES

En bordure de mer les premières plantes qui s'installent sur les sédiments littoraux sableux sont : *Scraevola Plumieri* (Goo-déniacées) et *Ipomea pes-caprae* (Convolvulacées). Dans le Sud-Ouest, les dunes jeunes fixées portent un groupement à *Euphorbia stenoclada* (Famaty) Euphorbiacées. Sur les dunes et les cordons littoraux anciens on observe un bush xérophile à *Didierea madagascariensis* (Didieréacées), espèce qui disparaît dans l'Ouest et le Nord-Ouest bien que subsiste un bush ou scrub à xérophytes. Ce dernier fait fréquemment place à la forêt sèche à grands arbustes et petits arbres (28).

III. — Les sédiments caractéristiques

1° LES DÉPÔTS DES MANGROVES

Par suite de l'alternance de la marée, ces dépôts sont soumis à une émerision périodique lors du jusant. Comme nous l'avons déjà fait remarquer ces dépôts fixés par une végétation hautement spécialisée, peuvent être assimilés à une « haute slikke » dont certaines parties ne sont recouvertes qu'aux marées de vives eaux. De même, les dépôts de vase molle ou de sables vaseux non colonisés par la végétation (ou partiellement dans les bras fluviatiles par *Typha* ou *Scirpus* correspondent à une « basse slikke ». Cependant, il n'existe pas de limite tranchée entre haute slikke et « schorre » herbacé.

A Madagascar, comme en Europe, on peut conclure avec Cl. Francis-Bœuf que ces dépôts d'estuaires et de deltas sont, par ce caractère d'émerision et d'inondation alternées, « plus marins que fluviaux », sans que cela ne présume en rien de leur origine.

A. — Caractères granulométriques

Les courbes cumulatives semi-logarithmiques des dépôts de mangroves stabilisées présentent souvent un faciès très proche

(28) Bois des collines arénacées d'H. PERRIER DE LA BATHIE (1921), p. 214 et suiv.

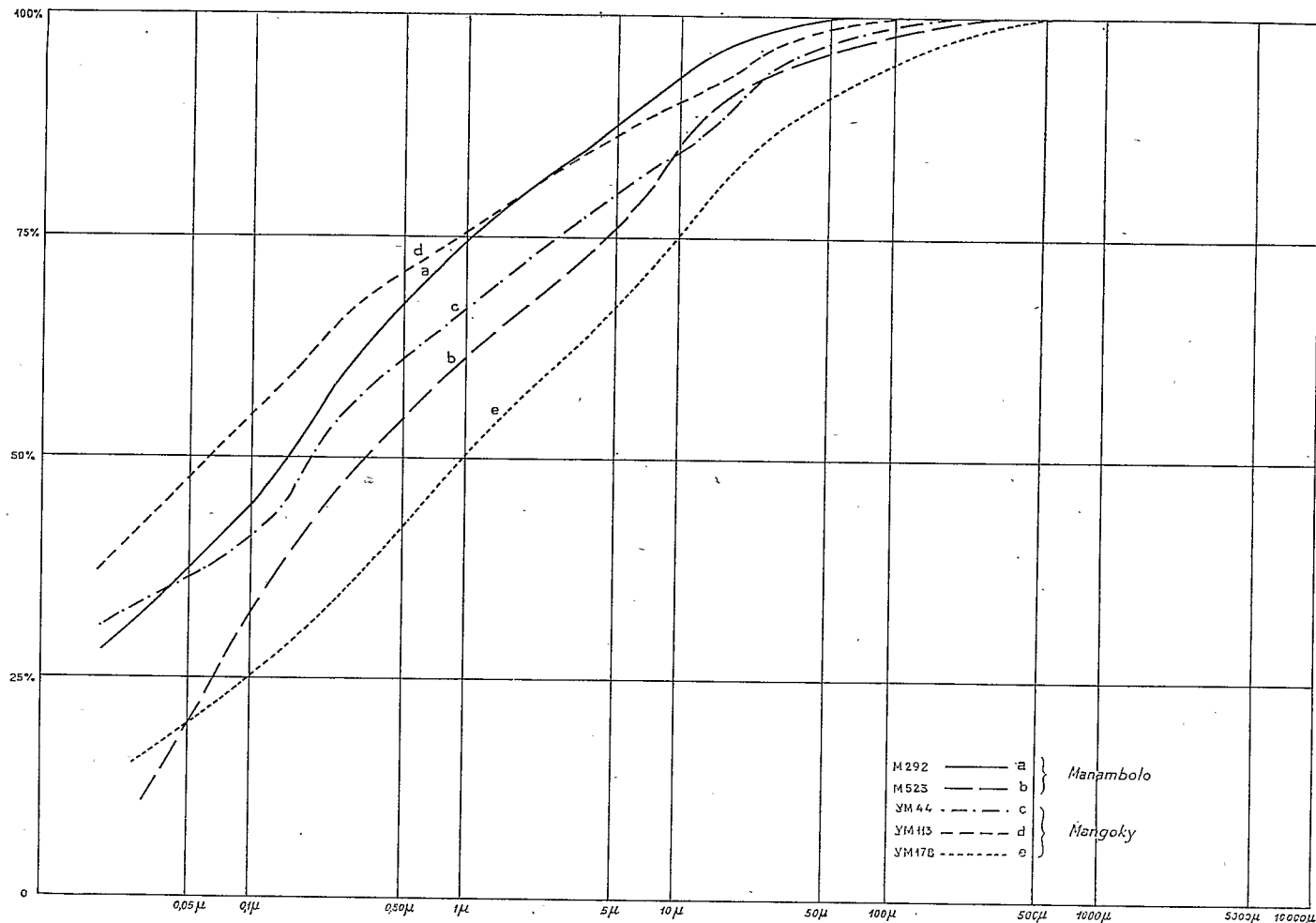


Fig. 5 — Courbes granulométriques de sédiments fluvio-marins *Mangroves*
 { abscisses dimensions des particules (échelle logarithmique)
 { ordonnées pourcentages cumulatifs (échelle arithmétique)

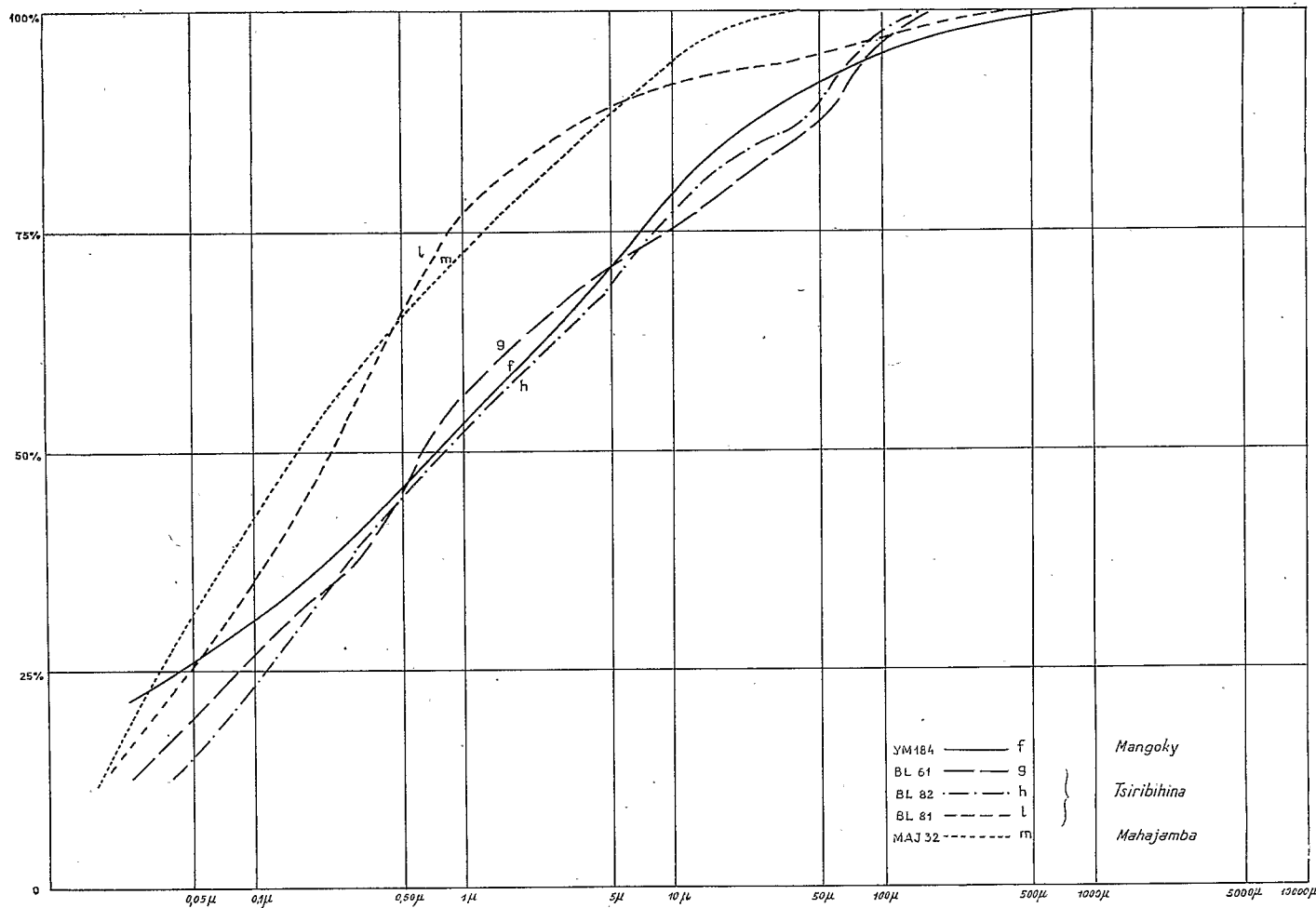


Fig 6 - Courbes granulométriques de sédiments fluvio-marins : Mangroves

{ abscisses dimensions des particules (échelle logarithmique)
 { ordonnées pourcentages cumulatifs (échelle arithmétique)

du faciès « logarithmique » typique défini par A. Rivière (29). Ce sont des dépôts bien triés, déposés par excès de charge et assez évolués (cf. figures 5 et 6). Cependant, les tendances au faciès « hyperbolique » de décantation ne sont pas rares, mais l'évolution de ces sédiments n'est généralement pas aussi poussée que celle des sédiments de cuvettes et dépressions des basses plaines alluviales. Les valeurs de leur indice d'évolution (n) ne descendent guère au-dessous de $-1,3$. Ce fait est sans doute à attribuer à la reprise partielle des sédiments déjà déposés par les turbulences dues aux courants de marées et aux fortes concentrations qui favorisent le dépôt des particules dans la zone de variation maximale du gradient de salinité.

En ce qui concerne les caractères granulométriques, nous n'avons pas observé de différence fondamentale entre les couches supérieures oxydées et les horizons profonds gleyifiés (cf. Sols).

Les courbes des échantillons prélevés sur les atterrissements vaseux non colonisés par la végétation (basse slikke) présentent également un faciès sédimentologique qui souvent s'écarte peu du faciès logarithmique ; mais dans ce cas il n'est pas rare d'observer une tendance au faciès « parabolique ». Cer-

(29) Les résultats des analyses ont été rapportés à la granulométrie totale du sédiment. Les courbes représentatives ont été tracées en portant en ordonnées les pourcentages pondéraux cumulés et en abscisses le logarithme de la dimension des particules.

A Rivière (1952) (1960) a montré que la granulométrie des sédiments meubles et fins, en excluant le cas de mélanges brusques de stocks d'origine et d'évolution différentes, est souvent représentable par une ou plusieurs fonctions de la forme $y = a \times N + b$, et que la valeur $n = N - 1$ pouvait être prise comme « indice d'évolution ». Etendant cette notion, le même auteur a montré que cette valeur n est précisément la pente de la courbe de fréquence normale construite en coordonnées bilogarithmiques, courbe construite à partir des résultats de l'analyse ou par construction graphique à partir de la courbe cumulative semi-logarithmique.

D'après la forme des courbes cumulatives et les différentes valeurs de l'indice d'évolution n , lequel représente un critère de l'intensité des actions de ségrégation s'étant exercée sur le matériel sédimentaire, A Rivière distingue les faciès granulométriques suivants :

— Sédiments éluviaux mal triés (granulométrie linéaire en coordonnées arithmétiques) avec n voisin de 0 : faciès dit « linéaire ».

— Sédiments en cours d'évolution par transport dans un courant et déposé par excès de charge (courbes cumulatives semi-logarithmiques concaves vers le haut), avec n compris entre 0 et -1 : faciès dit « parabolique ».

— Sédiments très évolués par transport dans un courant et déposés par excès de charge (courbes cumulatives semi-logarithmiques se rapprochant d'une droite) avec $n = -1$: faciès dit « logarithmique ».

— Sédiments très évolués, déposés par décantation (courbes cumulatives semi-logarithmiques bombées vers le haut) avec n inférieur à -1 : faciès dit « hyperbolique ».

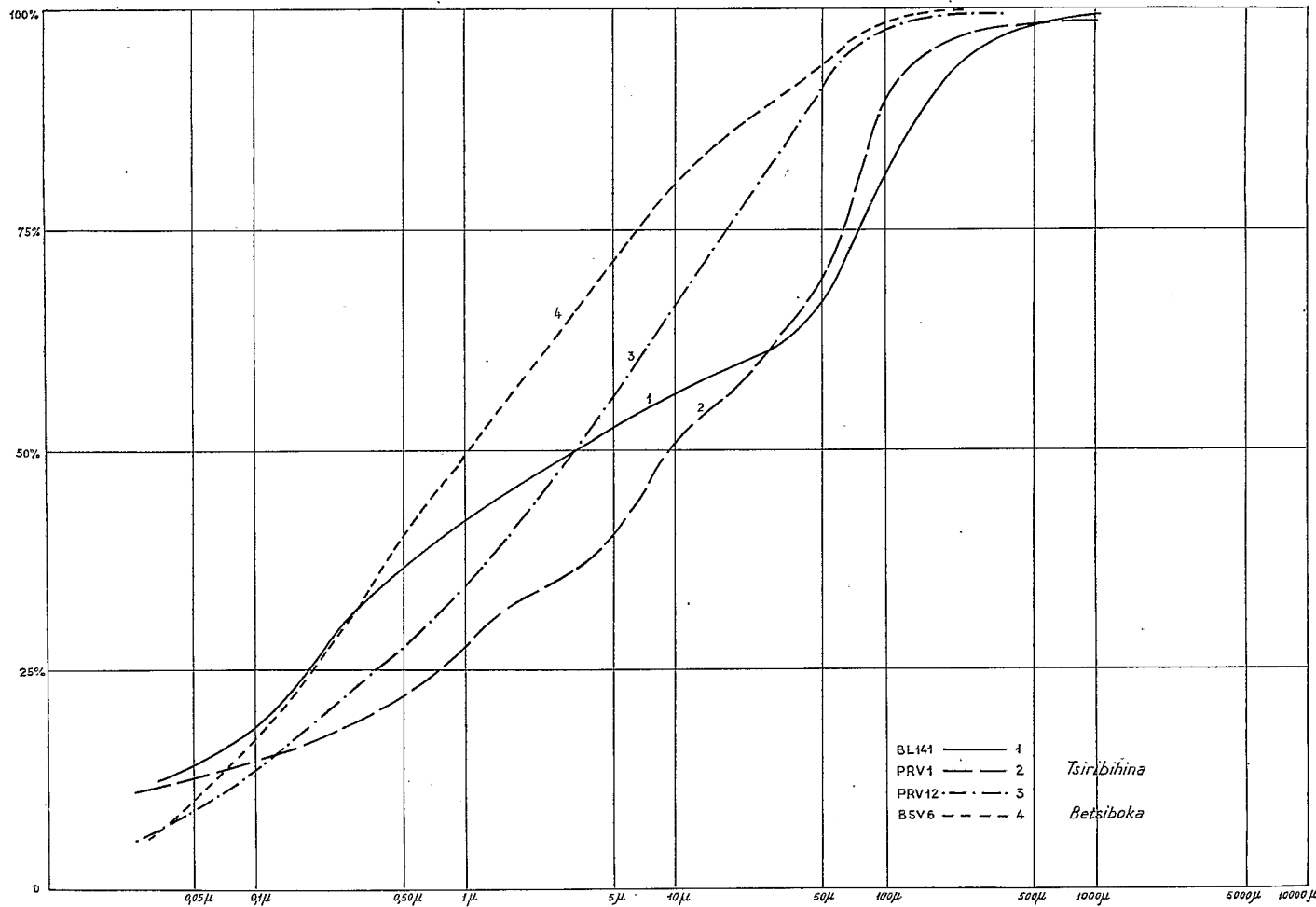


Fig 7 - Courbes granulométriques de sédiments fluvio-marins : Atterrissements vaseux

{ abscisses dimensions des particules (échelle logarithmique)
 ordonnées pourcentages cumulatifs (échelle arithmétique)

tains échantillons (cf. courbes 1 et 2 de la figure 7) présentent même des éléments de courbes séparés par une zone à forte inflexion (mélanges) la fraction grossière de dimensions supérieures à 50 micros constituant un stock granulométrique distinct.

En moyenne les caractères généraux de ces sédiments fluvio-marins sont les suivants :

— la fraction granulométrique de diamètre supérieur à 100 microns est généralement très peu importante. Les vasières du delta de la Mahavavy du Nord et de celui du Sambirano font cependant exception : leurs sédiments contiennent une fraction sableuse importante. Sela s'explique par le fait que ces zones d'accumulation deltaïques sont très proches de reliefs vigoureux à pentes très fortes qui constituent les bassins versants de ces cours d'eau ;

— la fraction comprise entre 0,1 et 10 microns constitue en moyenne 50 % des échantillons ;

— la grossièreté, figurée par les valeurs de la médiane, varie le plus souvent autour de 1 micron, mais elle peut s'abaisser à quelques dixièmes de micron dans les sédiments les plus évolués. Par contre elle augmente jusqu'aux environs de 10 microns dans les atterrissements riches en sable fin ;

— l'indice d'hétérométrie est élevé, compris le plus souvent entre 3 et 4.

Cl. Francis-Bœuf, opérant par tamisages, a distingué en Europe occidentale et en Afrique du Nord, trois séries de vases d'après leur pourcentage en poudres et colloïdes (éléments inférieurs à 0,05 mm) (30).

1^{re} série : plus de 90 % de poudres et colloïdes (Loire, certains échantillons de la Gironde et du Bou-Regreg).

2^e série : entre 50 et 90 % (estuaires bretons et marocains).

3^e série : moins de 50 % (ensuite on passe aux sables vaseux).

Toutes les vases de l'Ouest malgache appartiennent à la première série, exception faite pour quelques échantillons d'atterrissements de basse slikke et la majorité des vases de la Mahavavy du Nord et du Sambirano qui appartiennent aux deux autres séries.

(30) Cl. FRANCIS-BŒUF (1947), p. 262 et suiv. Cet auteur cite dans la deuxième série, deux échantillons de poto-poto africain.

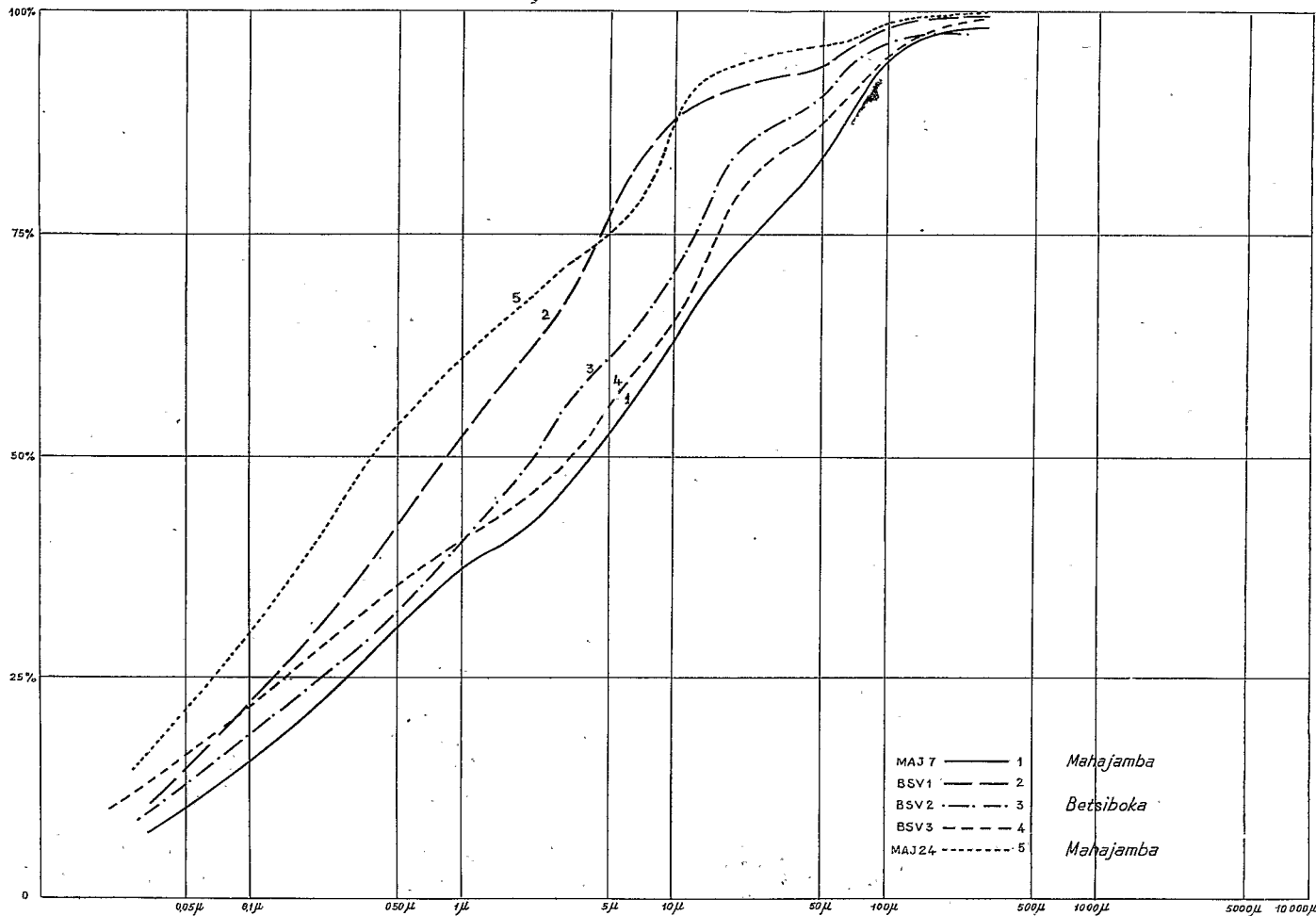


Fig 8 - Courbes granulométriques de sédiments fluvio-marins: *Atterrissements vaseux*

{ abscisses dimensions des particules (échelle logarithmique)
 { ordonnées pourcentages cumulatifs (échelle arithmétique)

B. — *Couleur, teneur en eau, matière organique, Fer*

La couleur des vases de l'Ouest malgache est dans presque tous les cas pour les horizons supérieurs, brun-jaune à brun-rouge, aussi bien sur la haute slikke que sur les atterrissements vaseux des lits et des chenaux de marée. Cette couleur est parfois très vive, comme dans l'estuaire de la Betsiboka, du fait de l'importance de l'érosion des sols rouges dans le bassin versant cristallin de ce fleuve. Des « vases rouges » sont également caractéristiques dans l'estuaire de la Sambao du fait de l'érosion de sols basaltiques de couleurs très vives dans le bassin versant.

Dans les dépôts de surface les composés du fer sont donc à l'état oxydé, et ces couleurs se maintiennent sur 50 à 60 cm d'épaisseur en moyenne dans les mangroves stabilisées. Sur les atterrissements vaseux (basse slikke), en particulier ceux situés dans les bras deltaïques, l'épaisseur des horizons colorés en brun-jaune ou brun-rouge peut se réduire à quelques centimètres. Dans le cas d'un alluvionnement particulièrement rapide, elle peut atteindre au contraire 1 m à 1,5 m.

Au niveau de l'engorgement permanent par la nappe saumâtre ou salée, les composés du fer passent à l'état réduit (gley) et on observe des couleurs gris-bleu à gris-verdâtre caractéristiques.

Ce n'est que dans les petits estuaires et dans les baies non alimentées par des rivières importantes, que l'on observe des sédiments de mangrove de couleur grisâtre, dès la surface des dépôts. Le plus souvent ces sédiments sont originaires de bassins situés en totalité dans la zone sédimentaire et constitués en partie par des terrains calcaires.

Les teneurs en eau sont variables d'un point à un autre, mais se situent le plus souvent entre 70 et 100 %. Dans quelques cas nous avons observé des teneurs atteignant 120 % et même 140 %.

Les teneurs en matière organique sont peu élevées et ne dépassent guère en moyenne 1,5 % avec un rapport C/N variable mais généralement moyen à faible, compris entre 8 et 13. Les valeurs de ce rapport supérieures à 20 sont exceptionnelles. Les teneurs en matière organique supérieures à 3 % sont très rares et pour des teneurs supérieures à 2 % le rapport C/N tend à augmenter (12 à 16).

Si les teneurs en eau des vases de l'Ouest malgache sont comparables à celles des vases européennes, par contre ces

dernières sont en moyenne nettement plus riches en matière organique. Les résultats donnés par Cl. Francis-Bœuf varient le plus souvent entre 2,5 et 7,9 % et le rapport C/N de ces vases est fréquemment élevé, supérieur à 20 (31).

Les teneurs des vases malgaches en fer total sont assez élevées, en particulier dans la fraction argileuse (inférieure à 2 microns) où elles sont fréquemment supérieures ou égales à 10 %. Les teneurs en fer libre varient dans d'assez larges limites d'un échantillon à l'autre et au sein d'une même plaine alluviale : entre 1 et 10 % en moyenne, les teneurs dans les horizons gleyifiés étant souvent plus faibles, inférieures à 5 %.

L'examen de ces caractères physico-chimiques pose un problème de classification déjà évoqué par Cl. Francis-Bœuf. Pour cet auteur, la vase est essentiellement un sédiment polydispersé et polyphasé, constitué généralement par une phase sableuse fine, une phase pulvérulente, des colloïdes (fer et matière organique) ; elle est de couleur noirâtre, et a été déposée sous l'eau en milieu réducteur (32). D'après ce que nous venons de voir, il apparaît donc que les vases de l'Ouest malgache se rapprochent des vases d'Europe par leurs caractères granulométriques et leur teneur en eau, mais en diffèrent sensiblement par l'ensemble de leurs autres caractères.

En ce qui concerne la terminologie, pour Cl. Francis-Bœuf les « argiles » sont des sédiments dont les éléments (argiles minéralogiques) sont des précolloïdes et colloïdes (dimensions inférieures à 1 micron) tandis que les « boues » sont des sédiments marins de la classe des poudres (0,02 à 0,001 mm) avec souvent une grande concentration de squelettes d'organismes du placton. Ces deux termes ne conviennent donc pas aux sédiments fluvio-marins étudiés ici.

La plupart des auteurs utilisent les termes de « vases » et de « vasières tropicales » pour les sédiments d'estuaires ou de mangroves des littoraux tropicaux. Il faut cependant souligner que si les vases tropicales ont des caractères physiques et minéralogiques qui les rapprochent des vases tempérées, les minéraux argileux y tiennent une place plus importante et le « milieu actif » — liant constitué par la matière organique et les composés sulfurés du fer — y joue un rôle moindre.

(31) Cl. FRANCIS-BŒUF (1947), p. 268-269.

(32) A Madagascar, nous n'avons observé de vases noirâtres qu'en milieu marin, en particulier dans de petites baies assez fermées.

Nous l'avons dit, les vases de l'Ouest malgache sont généralement peu humifières. On y observe d'ailleurs assez rarement, au moins dans les mangroves typiques, la formation de sulfure de fer, alors que celle-ci est fréquente dans les sols marécageux des plaines de niveau de base formés sur sédiments fluvio-marins subactuels ou quaternaires. Les mangroves à sols sulfatés acides sont le plus souvent dégradées ou stabilisées depuis longtemps. La décomposition des racines mortes de palétuviers peut alors favoriser la formation de sulfures si le milieu reste hydromorphe à faible profondeur. La formation de sols à sulfures est également fréquente dans le cas de sols marécageux enterrés par des recouvrements fluviatiles récents dans les basses plaines littorales.

C. — *Origine et mode de dépôt*

Pour l'ensemble des sédiments des deltas et estuaires de l'Ouest malgache, on doit, semble-t-il, se rallier à la conclusion faite par A. Guilcher dans une mise au point bibliographique sur l'origine de la vase marine peu profonde (33) ; « une origine fluviatile, ou une provenance des berges de l'estuaire, doivent être le cas général, sinon même universel ».

Dans le cas malgache, ce point de vue est en partie confirmé par l'étude de la fraction argileuse dans les sédiments fluvio-marins récents et de ses origines. Nous avons fait procéder à l'examen aux rayons X des argiles de nombreux échantillons de mangroves et de zones intermédiaires : les résultats obtenus montrent une association Montmorillonite-Kaolinite-minéral du type Illite ou Mica, la Montmorillonite étant le plus souvent dominante. Or la même association se retrouve dans les alluvions fluviatiles récentes des basses vallées et des basses plaines de l'Ouest, au moins pour les grands bassins versants (34).

L'accroissement du remblaiement dans l'Ouest malgache par les apports fluviatiles est observable à l'échelle humaine, en particulier dans les deltas internes au Nord-Ouest (Côte à « rias »). Ces apports sont d'ailleurs saisonniers. En saison sèche, alors que les eaux fluviales sont claires et peu chargées, on peut dans les principaux estuaires ou bras deltaïques, observer un « bouchon vaseux » tel que l'a décrit L. Glangeaud pour la Gironde (35). Ce bouchon vaseux correspond à peu près à

(33) A. GUILCHER (1959), p. 18.

(34) J. HERVIEU (1965).

(35) L. GANGEAUD (1941).

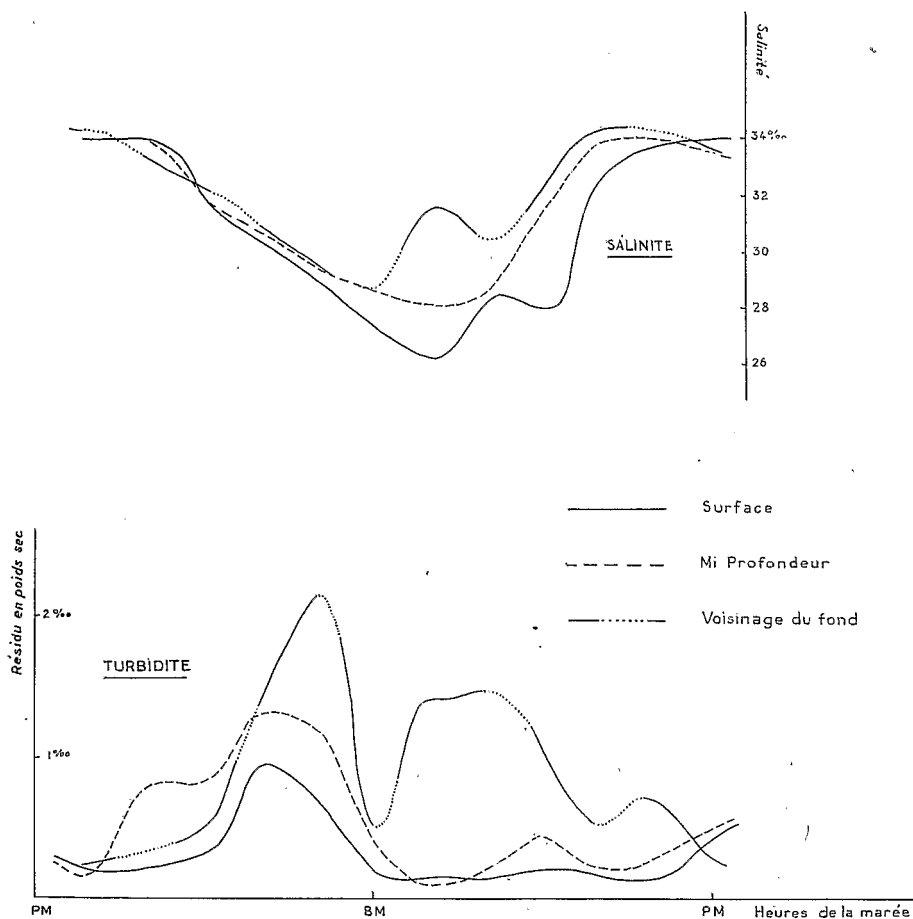


Fig 9_ Evolution comparée de la salinité et de la turbidité des eaux de la Betsiboka devant Boanamary au cours de la marée du 2 Novembre 1955 (marée de vive eau)

D'après L.R. LAFOND

la zone de variation maximale de salinité, c'est-à-dire comme nous l'avons vu précédemment, à des teneurs en sels dans les eaux estuariennes comprises entre 4 et 20 g pour 1 000 environ. Cette augmentation importante des éléments en suspension provient de l'érosion et du remaniement des dépôts de berges de mangroves et d'atterrissements vaseux par les courants de marée. Elle atteint son maximum aux premières marées de vives eaux. Toujours en saison sèche, cette concentration des éléments en suspension diminue brutalement sur le front del-taique dans les eaux marines de très forte salinité, avec une turbidité cependant encore notable au jusant. Ce phénomène est bien visible dans les estuaires du Nord-Ouest : ainsi dans la baie de Majunga (basse Betsiboka) les eaux sont relativement claires en période de mortes eaux. Cependant si le vent engendre une boule notable, en particulier l'alizé (Varatraza), toutes les eaux de la baie deviennent brun-rouge par suite de la remise en suspension d'une partie des dépôts de hauts fonds et de basses slikkes.

Comme le fait remarquer L.R. Lafond dans le cas de l'estuaire de la Betsiboka (36), la turbidité des eaux estuariennes est extrêmement variable d'un point à un autre et varie en fonction du coefficient de la marée. Elle présente deux minimums correspondant en gros aux étales de hautes mers et de basses mers (cf. figure 9). Elle atteint son maximum au voisinage du fond où, dans le cas de la Betsiboka, elle peut dépasser 20 pour 1 000.

En saison des pluies, ce sont les eaux de crues très chargées qui apportent les matières en suspension : celles-ci ne se limitent pas aux zones de mangroves, mais sont emportées au large à plusieurs dizaines de kilomètres de distance, parfois jusqu'au voisinage du talus continental. Ce phénomène est bien visible lorsqu'on survole en avion le littoral. Ainsi les eaux rouges de la Sambao sont emportées vers le Nord par la dérive littorale jusqu'au voisinage du Cap Saint-André (dont le plateau continental est d'ailleurs essentiellement vaseux et dont les eaux peu profondes sont toujours colorées par forte houle, même en saison sèche) soit à plus de 50 km de l'estuaire. Cette coloration des eaux marines a lieu avec une ampleur variable en saison des pluies devant toutes les embouchures des principaux cours d'eau de l'Ouest.

(36) L. R. LAFOND (1957).

Il semble que dans les mangroves stabilisées (hautes slikkes) l'alluvionnement soit relativement faible. Certaines mangroves internes ne sont recouvertes qu'aux marées de vives eaux. Une partie des zones intermédiaires (schorres ou surfaces nues) n'est recouverte qu'aux plus hautes mers. Le maximum des dépôts se fait sur les basses slikkes, dans les bras et chenaux de marée d'une part, en arrière des cordons littoraux et des crêtes sableuses pré-littorales d'autre part.

Dans les méandres des bras fluviaux, les dépôts se font naturellement sur les rives convexes. A l'approche des embouchures ces bras s'élargissent jusqu'à atteindre parfois plusieurs kilomètres : il se produit alors sur les hauts fonds sableux une sédimentation vaseuse. De très beaux exemples de ce type de dépôt, encore non colonisés par la végétation, peuvent être observés en particulier dans le delta de la Tsiribihina (bras de Namangoa) et dans les estuaires (deltas internes de la Betsiboka et de la Mahajamba).

Surtout sur la côte Ouest proprement dite, à l'embouchure des bras deltaïques, on observe fréquemment des accumulations sableuses en flèches, orientées le plus souvent du Sud vers le Nord ou SW-NE par suite des vents dominants. A l'abri de celles-ci se développent des zones de sédimentation vaseuse rapidement colonisées par les palétuviers. C'est là le processus le plus courant de progression du littoral quand les apports l'emportent sur l'érosion marine. De crêtes pré-littorales immergées ou des crêtes d'avant-côte émergées (« offshore-bars ») jouent un rôle analogue sur le front des deltas en progression.

Bien que nous ne disposions pas de mesures précises sur la vitesse de sédimentation, les observations sur le terrain permettant de dire que, dans l'Ouest malgache, le dépôt de la vase se fait en deux sites préférentiels. Dans les deltas internes de vallées immergées — type Betsiboka, Mahajamba — la sédimentation vaseuse se fait essentiellement sur les hauts fonds sableux situés sur les côtés des estuaires et entre chaque embouchure principale. Dans les deltas embryonnaires ou typiques, le dépôt de la vase a lieu également dans les mêmes conditions, mais aussi et surtout dans les zones protégées de la houle par les accumulations sableuses littorales (crêtes et cordons littoraux).

Divers phénomènes peuvent expliquer le mécanisme de la sédimentation vaseuse dans les eaux estuariennes : gravité, floculation par les électrolytes de l'eau de mer, colmatage par

adhérence (comparaison avec l'eau savonneuse sur les parois de la baignoire, Cl. Francis-Bœuf, 1947). Bien que selon les auteurs la prépondérance ait été donnée selon les cas ou les régions à l'un ou l'autre de ces phénomènes, il semble que dans l'Ouest malgache on doive les faire intervenir simultanément, avec cependant des intensités respectives différentes selon le lieu et la saison. Il faut noter également que le plus souvent les zones de sédimentation vaseuses des estuaires découvrent aux basses mers, alors que les sables ou les sables vaseux occupent le plus souvent les zones constamment immergées. Cette remarque n'est évidemment pas valable pour le plateau continental et même pour les plus grands estuaires du Nord-Ouest où les apports sont très variables sous des profondeurs d'eau parfois élevées (jusqu'à 90 m dans la baie de la Mahajamba).

On peut penser qu'en saison des pluies c'est surtout par excès de charge des éléments en suspension que se fait le maximum des dépôts. En saison sèche par contre, doivent intervenir surtout la floculation et les phénomènes d'adhérence en particulier pendant les étales (37). D'après L.R. Lafond il suffit d'une concentration en sel marin relativement faible — moins de 1 pour 1 000 — pour que les particules fines s'agglomèrent et floculent (38). Enfin, comme le souligne A. Guilcher une très grande partie des vases déposées est remise en suspension soit au cours d'une même marée, soit après des semaines ou des mois de dépôt (39).

Les crues violentes, le déplacement des lits, les variations dans le tracé des chenaux, entraînent des phénomènes d'érosion de berges. L'évolution du littoral, les déplacements des accumulations sableuses, la formation de dunes, causent des modifications profondes dans les atterrissements vaseux (transports de sédiments ou arrêts dans la sédimentation).

Une forêt de palétuviers, même bien développée, ne résiste pas à l'action directe de la houle : nous avons pu observer dans les deltas de l'Ouest des mangroves mortes le long du littoral, chaque tronc mort de palétuvier étant littéralement sectionné au niveau des hautes mers, celui-ci étant plus bas lorsque la mangrove occupait une situation post-littorale.

(37) D'après les travaux de L. Berthois (1954)(1956) dans l'estuaire de la Loire le dépôt de la vase se fait surtout pendant les étales et sur les flancs latéraux des chenaux.

(38) L. R. LAFOND (1957), p. 430.

(39) A. GUILCHER (1959), p. 21.

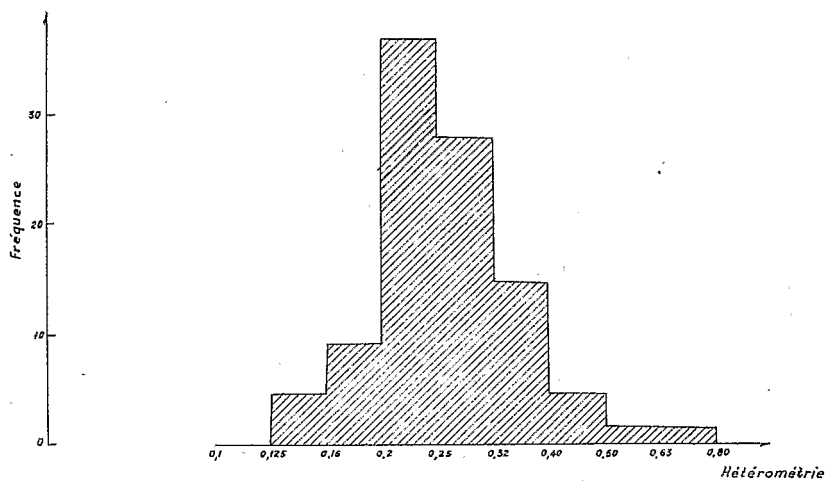
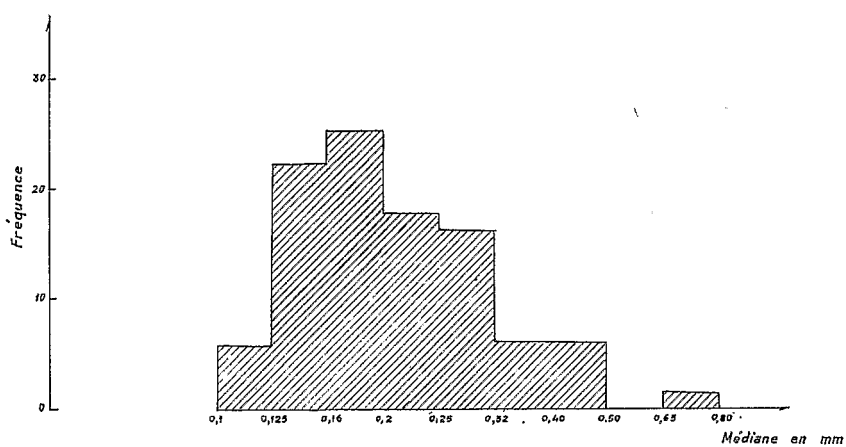


Fig 10 - Grossièreté et triage des sables littoraux et estuariens sur la côte occidentale malgache (Abscisses : échelle logarithmique)

D'ailleurs, si l'alluvionnement actuel apparaît particulièrement rapide dans les deltas internes du Nord-Ouest, c'est que précisément il n'est pas contrarié par les actions directes de l'érosion marine, mis à part celle des marées. Les langues vaseuses régulières de la baie de Bombetoka (basse Betsiboka) orientées dans le sens de l'écoulement fluvial, en sont le témoignage.

2° LES SÉDIMENTS SABLEUX

D'une manière générale, on peut dire que presque tous les sables littoraux ou estuariens de la côte occidentale malgache se caractérisent par leur finesse et leur homométrie poussée. Ceci tient au fait que le triage fluvial dans les basses vallées tend à donner pour les sables de lit des distributions à un seul mode de plus en plus marqué au voisinage de 0,3 mm. Cependant, on peut observer aussi dans la zone littorale soit des sédiments sableux à distribution bimodale (le premier mode toujours vers 0,3 mm, le second se situant autour de 0,16 mm) soit des sédiments à un seul mode souvent très accusé mais dans ce cas voisin de 0,16 mm. Il semble que ce dernier type de distribution soit surtout la conséquence des actions éoliennes actuelles ou récentes, en particulier sur la côte Ouest où les dunes bordières littorales sont plus fréquentes et peuvent atteindre localement plusieurs dizaines de mètres de hauteur.

Les histogrammes des médianes et des indices d'hétérométrie, établis à partir des résultats relatifs à une centaine d'échantillons de l'Ouest et du Nord-Ouest (cf. figure 10), montrent des maximums nets. On voit que les valeurs de la médiane sont comprises entre 0,125 et 0,32 mm pour plus de 80 % des échantillons. Les valeurs des indices d'hétérométrie varient autour de 0,25, près de 80 % de ces valeurs étant comprises entre 0,20 et 0,32.

IV. — Quelques profils-types de sols d'apport fluvio-marins

Ces sols sont à la fois hydromorphes et salins. En effet, sauf dans le cas d'apports très récents et déposés rapidement, la présence d'un gley en profondeur est quasi-générale. Les teneurs en sels solubles sont très élevées, ces sels provenant

essentiellement de la nappe littorale. Dans certaines plaines alluviales, des sols acides à sulfates ont été observés, en particulier dans les « zones intermédiaires », plus rarement dans les mangroves actuelles.

1° LES SOLS DE MANGROVES

- PROFIL N° I : Sol salin à gley.
- Unité alluviale* : Delta du Mangoky.
- Situation* : X = 98,5 Y = 530 Z = 1,5 m.
Estuaire d'Ankilifaly.
- Végétation* : *Avicennia officinalis* (Afiaty) en peuplement dense.
- Morphologie* :
- 0 — 80 cm : Horizon brun-jaune à brun-marron (Munsell humide : 10 YR — 3/2), très humide ; argilo-limoneux à argilo-sableux fin, très plastique. Riche en débris végétaux et racines de palétuviers. (Nappe salée à 40 cm de profondeur à marée basse).
- 0,8 — 1,8 m : Horizon gris-plomb (Munsell humide : 2,5 Y — 3/2), argilo-limono-sableux fin, très micacé, plastique. Localement strates plus sableuses.
- + 1,8 m : Sable fin bien trié, gris-clair, sans cohésion.

Caractères physiques et chimiques :

La réaction du sol est neutre à légèrement alcaline : pH 7,5 à 7,8. Les teneurs en sels solubles sont élevées (extrait salin au 1/10 : 3 à 5 mmhos) avec forte prédominance de chlorures.

La nappe est également très fortement minéralisée : 16 mmhos. La teneur en eau du sol en place varie entre 58 et 67 %.

La teneur en argile ne dépasse guère 40 % mais le rapport limon/argile est élevé : 0,8 à 0,9. Il y a peu de sables grossiers.

La matière organique se maintient aux environs de 1,5 à 2 % dans l'ensemble du profil avec un rapport C/N de 11 en surface, de 18 en profondeur.

Le complexe absorbant a une capacité d'échange assez élevée (25 m.e. pour 100 g) et est sursaturé, riche en sodium avec

un rapport Mg/Ca élevé. Les réserves minérales sont moyennes en chaux et en acide phosphorique, élevées en potasse.

La fraction argileuse est constituée par environ 50 à 60 % de montmorillonite, 20 à 30 % de kaolinite, et 20 % d'un minéral à 10 Å de la famille des micas.

PROFIL N° II : Sol salin à gley.

Unité alluviale : Plaine de Besalampy.

Situation : X = 187,7 Y = 1 053,2 Z = 2m.
Estuaire de la Sambao.

Végétation : *Rhizophora mucronata* (Tangandahy), *Cecropia boiviniana* (Tangandahy) en peuplement dense.

Morphologie :

- 0 — 60 cm : Horizon brun-rouge (Munsell humide : 10 YR — 4/2), argileux, plastique, très riche en racines.
- 0,6 — 2,25 m : Horizon gris-clair (Munsell humide : 2,5 YR — 4/0), argileux, riche en débris végétaux, plastique et adhérent.
- + 2,25 m : Sable fin gris-clair, fluant.

Caractères physiques et chimiques :

La réaction du sol en place est neutre, séché à l'air moyennement acide en surface (pH 5,7) neutre en profondeur. Les teneurs en sels solubles sont élevées (extrait salin : 3 mmhos) avec forte prédominance du chlorure de sodium.

La teneur en eau du sol en place varie entre 75 et 80 %. Le taux d'argile peut atteindre 75 % et le rapport limon/argile varie entre 0,2 et 0,3. Il y a très peu de sables grossiers.

Le taux de matière organique dépasse 3 % en surface avec un rapport C/N de 15, 1 % en profondeur avec un rapport C/N de 10. Le complexe absorbant à capacité d'échange moyenne, est sursaturé, riche en sodium avec un rapport Mg/Ca supérieur à 1. Les réserves sont moyennes à fortes.

La fraction argileuse comprend 70 à 80 % de montmorillonite associée à de la Kaolinite.

PROFIL N° III : Sol sulfaté acide.

Unité alluviale : Delta de la Tsiribihina.

Situation : X = 187,7 Y = 700,2 Z = 2 m.
Près du village Tsimanandrafozana.

Végétation : Peuplement dense d'*Avicennia officinalis* (Afiaty).

Morphologie :

- 0 — 60 cm : Horizon brun-jaune (Munsell humide : 7,5 YR — 4/4) massif, très humide, argileux, plastique et adhérent, riche en racines et pneumatophores.
- 0,6 — 1,1 m : Passage progressif à un horizon gris-bleuté (Munsell humide : 2,5 YR — 5/0) à taches en cavités jaune-souffre ou rouille orangé de sulfates de fer, légèrement durcies. Argilo-limono-sableux fin, plastique.
- + 1,1 m : Sable gris-clair (Munsell humide : 10 YR — 5/1) très micacé, assez bien trié riche en minéraux noirs.

Caractères physiques et chimiques :

La réaction du sol est neutre en surface, fortement acide en profondeur à cause de l'oxydation des surfaces : pH 7,2 à 5,4. Les teneurs en sels solubles sont élevées dans les horizons argileux (extrait salin : 3 mmhos) plus faibles dans le sable profond (0,8 mmho) et les chlorures prédominent largement.

Le taux d'argile varie entre 35 et 40 % avec un rapport argile/limon de 0,7 à 0,8. L'horizon profond contient plus de 70 % de sable fin et 26 % de sable grossier.

La teneur en matière organique n'excède pas 2 % et est peu humifiée. La capacité d'échange du complexe est élevée et le rapport Na/T est supérieur à 30 %, le rapport Mg/Ca supérieur à 1.

La fraction argileuse des horizons supérieurs comprend environ 20 à 30 % de montmorillonite, 40 à 50 % de Kaolinite et 20 à 30 % d'un édifice à 10 A du type mica.

2° LES SOLS DES ZONES INTERMÉDIAIRES

- PROFIL N° IV : Sol salin peu évolué.
- Unité alluviale* : Delta interne de la Mahajamba.
- Situation* : $X = 476,8$ $Y = 1\ 176,2$ $Z = 3$ m.
Près du lieu-dit Ambodimany.
- Végétation* : Mangrove dégradée à *Avicennia officinalis* clairsemé.
- Morphologie* : Surface du sol crevassée en petits polygones irréguliers, sur quelques centimètres de profondeur.
- 0 — 20 cm : Horizon brun (Munsell à sec : 7,5 YR — 5/4, humide : 5 YR — 4/2). Argileux, massif, à tendance polyédrique faible, cohésion moyenne. Pneumatophores et racines abondants.
- 20 — 80 cm : Horizon brun-gris (Munsell à sec : 7, 5 YR — 5/6, humide : 5 YR — 5/6), plus humide, argileux, massif et plastique. Taches jaunâtre peu nombreuses et diffuses.
- + 80 cm : Horizon brun-gris, saturé d'eau (nappe vers 1,3 m.), argilo-limoneux, micacé, plastique et adhérent.

Caractères physiques et chimiques :

La réaction du sol séché à l'air est neutre à faiblement alcaline. Les teneurs en sels solubles sont très élevées dans tout le profil et augmentent en profondeur (extrait salin : 2,8 à 6,3 mmhos) avec une forte prédominance des chlorures.

La teneur en eau du sol en place varie entre 50 % en surface et 90 % en profondeur. Le taux d'argile varie autour de 60 % et le rapport limon/argile autour de 0,35. Il y a très peu de sable grossier.

Le taux de matière organique atteint 2,2 % en surface et se maintient aux environs de 1,3 % dans le reste du profil. Le rapport C/N varie entre 9 et 11.

Le complexe absorbant, à capacité d'échange assez élevé, est sursaturé, riche en sodium et le rapport Mg/Ca est supérieur à 1.

Les réserves minérales sont moyennes à élevées.

- PROFIL N° V : Sol salin à gley.
- Unité alluviale* : Delta interne de la Betsiboka.
- Situation* : X = 391,7 Y = 118,6 Z = 3 m.
Estuaire de Mahabo.
- Végétation* : Mangrove dégradée à *Avicennia officinalis* clairsemé, *Heritiera littoralis* (Lonony), *Thespesia populnea* (Valorao). Tapis herbacé clairsemé à *Cynodon dactylon* et *Cyperus rotundus*.
- Morphologie* :
- 0 — 5 cm : Horizon brun-jaune (Munsell à sec : 7,5 YR — 4/4, humide : 7,5 YR — 4/2), crevassé, un peu humide. Argilo-sableux fin, structure diffuse.
- 5 — 25 cm : Horizon brun-jaune à taches grises diffuses (Munsell humide : 7,5 YR — 4/4), humide et plastique, argilo-limoneux à argileux. Enracinement nul.
- 0,25 — 1 m : Horizon gris-clair (Munsell humide : 7,5 YR — 5/2) avec localement taches jaune-ocre de sulfates de fer. Très humide, argileux, plastique. Riche en racines de palétuviers. Nappe à 70 cm de profondeur.

Caractères physiques et chimiques :

La réaction du sol en place est neutre, faiblement acide en profondeur pour le sol séché à l'air. Le taux d'argile dépasse 50 % dans l'ensemble du profil et le rapport limon/argile varie entre 0,2 et 0,55. Il y a très peu de sable grossier.

La teneur en eau du sol en place varie entre 60 et 100 %. La nappe est très fortement minéralisée (30 mmhos). Les teneurs en sels solubles sont très élevées dans tout le profil, avec un maximum en surface (extrait salin : 4,1 mmhos) et une très forte prédominance du chlorure de sodium.

Le taux de matière organique est faible (moins de 1,5 %) avec un rapport C/N variant entre 8 et 11. Le complexe absor-

bant a une capacité d'échange élevée, est sursaturé et riche en sodium, avec un rapport Mg/Ca supérieur à 1.

Les réserves minérales sont moyennes à élevées.

PROFIL N° VI : Sols salins à gley profond et recouvrements (profils complexes).

Unité alluviale : Delta du Mangoky.

Situation : X = 100,5 Y = 522,6 Z = 1,5 m.
Lieu-dit Amboromara.

Végétation : Mangrove dégradée à *Avicennia officinalis* (Afiaty) et *Bruguiera gymnorrhiza* (Tangampoly). Nombreux arbres morts.

Morphologie : Sol nu, crevassé en surface avec prismes à surface bombée, et structure poudreuse.

0 — 2 cm : Horizon jaune-beige (Munsell à sec : 10 YR — 5/2, humide : 10 YR — 3/2), limoneux, pulvérulent, très riche en cristaux de sels.

2 — 12 cm : Horizon brun-jaune (Munsell à sec : 10 YR 5/2, humide : 10 YR — 3/2), argileux. Structure prismatique, secondairement nuciforme à polyédrique grossière. Un peu humide, enracinement faible.

12 — 95 cm : Horizon brun-jaune-foncé (Munsell à sec : 10 YR 6/2, humide : 10 YR — 4/1), argileux à argilo-limoneux, massif, de plus en plus humide en profondeur, plastique (nappe vers 1 m).

0,95 — 1,8 m : Horizon gris-clair à gris-plomb (Munsell humide : 10 YR-4/1) saturé d'eau, argileux, très plastique, riche en racines et débris végétaux de palétuviers.

1, 8 — 2,2 m : Horizon gris-clair, limono-sableux fin.

+ 2,2 m : Sable fin micacé, gris-clair, fluant.

Caractères physiques et chimiques :

La réaction du sol est modérément alcaline (pH 8,3) à neutre en profondeur. Les teneur en sels solubles sont extrêmement élevées dans la couche poudreuse superficielle (extrait salin : 17 mmhos) et importantes dans l'ensemble du profil (2 à 5 mmhos). Le

chlorure de sodium prédomine mais les sulfates sont assez abondants, en particulier en surface. La nappe est fortement minéralisée (18 mmhos) et très riche en chlorure de sodium.

Le taux d'argile varie entre 50 et 40 % et le rapport limon/argile autour de 0,6. Il y a seulement 2 à 3 % de sable grossier.

La teneur en matière organique, assez élevée dans la couche poudreuse — 3,4 % rapport C/N = 22, fins débris végétaux — se maintient au voisinage de 1 % dans le reste du profil avec un rapport C/N voisin de 11.

Le complexe absorbant a une capacité d'échange élevée, est sursaturé, riche en sodium et magnésium, avec un rapport Mg/Ca supérieur à 1.

Les réserves minérales sont moyennes en chaux et en acide phosphorique, élevées en potasse.

La fraction argileuse comprend environ 60 % de montmorillonite, 20 % de kaolinite et 20 % d'un minéral à 10 Å de la famille des micas.

PROFIL N° VII :

Unité alluviale : Delta du Mangoky.

Situation : X = 119,4 Y = 523,0 Z = 2,5 m.
Près du village Nosibe.

Végétation : Tapis herbacé clairsemé à *Cressa cretica* (Sirasira) et localement *Salicornia perrieri* et *Arthrocnemum pachystachium*. Vastes surfaces dénudées.

Morphologie :

- 0 — 5 cm : Horizon brun-jaune (Munsell à sec : 10 YR — 5/4, humide : 10 YR — 3/4), pulvérulent, limoneux, à structure poudreuse, très riche en petits cristaux de sels.
- 5 — 15 cm : Horizon brun (Munsell à sec : 10 YR — 4/4, humide : 7,5 YR — 4/2), argilo-limoneux sableux fin. Structure massive, secondairement polyédrique grossière, un peu durci.
- 15 — 40 cm : Horizon brun-jaune-clair (Munsell à sec : 10 YR — 8/4, humide : 10 YR — 5/3), argilo-limoneux, à structure feuilletée, un peu humide.

- 40 — 70 cm : Horizon brun-foncé (Munsell à sec : 5 Y — 4/2, humide : 10 YR — 4/3) argileux, massif, plastique.
- 0,7 — 1,3 m : Horizon brun-gris à taches gris-clair et ocre, argilo-limoneux, massif, plastique.
- 1,3 m : Passage progressif à un horizon gris-clair à gris-bleuté, saturé d'eau (nappe vers 1,8 m), argileux, très plastique et adhérent.
- Vers 2,1 m sable gris-clair fluant, légèrement argileux.

Caractères physiques et chimiques :

La réaction du sol est neutre dans tout le profil : pH 6,5 à 7,7. Les teneurs en sels solubles sont très élevées dans l'horizon poudreux de surface (extrait salin : 9,7 mmhos) et restent importantes dans le sol (2 à 5 mmhos). Le chlorure de sodium est très largement prédominant. La nappe est également riche en Cl/Na et très fortement minéralisée (23 mmhos).

L'horizon de surface contient seulement 18 % d'argile contre 60 % de sable fin. Celui-ci diminue en profondeur jusqu'à 20 % tandis que le taux d'argile atteint 50 % dans le sol de mangrove enterré. Il y a très peu de sable grossier.

Le taux de matière organique ne dépasse guère 1 %, même dans le sol enterré, avec un rapport C/N voisin de 16.

Le complexe absorbant a une capacité d'échange assez élevée et est sursaturé, avec un excès de sodium et un rapport Mg/Ca phosphorique, bonnes en potasse.

Conclusion

Cette vue d'ensemble sur le milieu fluvio-marin dans l'Ouest malgache n'a pas la prétention d'être complète, mais nous espérons qu'elle pourra servir de base à des études locales plus détaillées, en particulier sur l'évolution des vasières et la progression de l'alluvionnement d'origine continentale. Ces études exigent d'ailleurs des moyens importants, un travail en équipe et des observations régulières que ne facilitent pas les difficultés d'accès de ces régions, particulièrement en saison des pluies.

Dès maintenant nous pouvons cependant dégager un certain

nombre de caractères originaux, propres à ces régions peu étudiées jusqu'ici, ou confirmer des faits déjà reconnus par ailleurs dans des environnements biogéographiques et sédimentologiques analogues. Nous retiendrons plus particulièrement les faits suivants :

Terminologie :

— Sur la côte occidentale malgache il n'existe pas de limite tranchée entre estuaires et deltas. L'estuaire est souvent associé à une zone deltaïque (plus interne) ou bien fait partie intégrante de celle-ci.

Hydrologie :

— La limite de pénétration de la marée dynamique en saison sèche et en vives eaux peut varier entre 10 et 80 km, la distance atteinte étant fonction de la pente du profil en long et les débits d'étiage. Cette limite ne peut être assimilée à la limite interne du milieu fluvio-marin.

— Les eaux salines ont une action marquée sur l'environnement en saison sèche. La limite de pénétration de la marée de salinité est également fonction de la pente du profil en long et des débits d'étiage, compte-tenu du coefficient des marées. L'oscillation du front de salinité ne dépasse guère dans la plupart des cas quelques kilomètres mais sa distance de pénétration à l'intérieur des terres peut varier entre 5 et 30 km selon les cours d'eau.

— Le gradient de salinité est fonction des apports d'eau douce en saison sèche et de la longueur de l'estuaire. Aux hautes eaux, la salinité peut passer de 0,2 à plus de 30 g par litre sur des distances comprises entre 3 et 20 km.

— La plupart des grands chenaux de mangrove, à quelques exceptions près, sont liés à l'existence d'anciens bras fluviaux, subactuels ou récents.

Biogéographie et écologie :

— Le milieu fluvio-marin de l'Ouest correspond à un environnement mixte où l'on peut distinguer les zones de mangroves et les zones intermédiaires. Les premières correspondent à une « haute slikke », les secondes à un « schorre » nu, her-

bacé ou arboré. Certains atterrissements vaseux peuvent être assimilés à une « basse slikke ». Ce milieu se caractérise par la présence de sels d'origine marine et d'une nappe salée permanente à faible profondeur. C'est un domaine à la fois biogéographique et sédimentologique.

— La limite la plus interne atteinte par la mangrove dense et vivante coïncide assez bien avec sa limite de pénétration dans les axes hydrographiques des eaux de salinité notable (0,25 g de chlorures par litre) au moins en saison sèche.

— La forêt de palétuviers est d'autant plus dense et plus étendue que les bras et chenaux sont plus diversifiés, moins fonctionnels et reçoivent moins d'apports d'eau douce en saison sèche.

— Il n'existe pas de zonation caractéristique et universelle dans la répartition des espèces de palétuviers pour les mangroves malgaches, mais seulement des sites préférentiels. Les facteurs hydrodynamique locaux semblent être le facteur essentiel de cette répartition, compte-tenu du mode de reproduction et de la rapidité de développement de chaque espèce. A de rares exceptions près, dans chaque unité alluviale le mélange des peuplements ou des espèces est la règle.

— Le développement des zones intermédiaires n'est pas obligatoirement lié à celui des mangroves. Il dépend essentiellement de la rapidité et du stade de remblaiement de l'alluvionnement fluvial. Sur ces surfaces, le changement dans la sédimentation ne suffit pas pour expliquer la disparition des palétuviers : c'est la progression du remblaiement et de la mangrove vers l'aval, liée à l'aridité saisonnière du climat, qui cause l'émersion de plus en plus prolongée de ces zones.

Sédimentologie :

— En règle générale, dans l'Ouest malgache, les dépôts fluviomarins typiques ont souvent un faciès proche du faciès « logarithmique » défini par A. Rivière. Ce sont des sédiments bien triés, déposés par excès de charge et assez évolués. Ils contiennent le plus souvent plus de 90 % de poudres et colloïdes.

— Les vases brun-jaune ou brun-rouge sont les plus fréquentes. Au niveau de l'engorgement permanent, on observe des couleurs gris-bleu ou gris-verdâtre caractéristiques.

— Les teneurs en eau des sédiments en place varie le plus souvent dans les zones régulièrement inondées, entre 70 et 100 %. Ces vases sont pauvres en matière organique et riches en hydroxydes de fer. Le « milieu actif » y joue un rôle moindre que dans les pays tempérés.

— Pour ces sédiments fluvio-marins, une origine fluviatile (ou une provenance des berges des estuaires) est le cas général.

— Les apports sont saisonniers et le dépôt de la vase se fait en deux sites préférentiels : d'une part sur les hauts fonds sableux situés sur les côtes des estuaires et entre chaque embouchure fonctionnelle, d'autre part dans les zones protégées de la houle par les accumulations sableuses littorales.

— L'essentiel de la sédimentation vaseuse se fait surtout en période de crues, par excès de charge et floculation des éléments en suspension. Les phénomènes d'adhérence jouent surtout en saison sèche pendant les étales.

— Presque tous les sables littoraux et estuariens de la côte occidentale malgache se caractérisent par leur finesse et leur grande homométrie : pour plus de 80 % des échantillons les valeurs de la médiane des tailles sont comprises entre 0,125 et 0,32 mm et l'indice d'hétérométrie varie autour de 0,25.

Pédologie :

— Les sols d'apports fluvio-marins sont le plus souvent à la fois hydromorphes et salins. La présence d'un horizon de gley en profondeur est quasi-générale.

— Les teneurs en sels solubles sont très élevées, aussi bien dans le sol que dans la nappe.

— La réaction du sol en place est fréquemment voisine de la neutralité.

— Sauf dans le cas de sols complexes à recouvrements typiquement fluviatiles la texture est généralement argileuse à argilo-limoneuse. Il y a peu ou pas de sable grossier.

— Le complexe absorbant est sursaturé, avec un excès de sodium et un rapport Mg/Ca fréquemment élevé.

— La fraction argileuse est constituée par une association montmorillonite, kaolinite, illite ou mica, où la montmorillonite domine le plus souvent.

BIBLIOGRAPHIE

- ARENES (J.) (1954). — *Flore de Madagascar et des Comores*, 150^e Famille : Rhizophoracées.
- BATTISTINI (R.) (1960). — « Description géomorphologique de Nosy-Be, du Delta du Sambirano et de la Baie d'Ampasindava », *Mémoires I.R.S.M.*, Série F, t. III, Tananarive, p. 125-343.
- BERTHOIS (L.) (1954). — « Sur les déplacements transversaux des eaux très turbides dans l'estuaire de la Loire en période d'étiage », *C.R. Ac. Sc.*, 4 oct., p. 820.
- BERTHOIS (L.) (1956). — « Déplacements des aires d'envasement dans l'estuaire de la Loire », *C.R. Ac. Sc.*, 29 oct., p. 1 343.
- BERTHOIS (L.) et GUILCHER (A.) (1956). — « La plaine d'Ambilobe (Madagascar). Etude morphologique et sédimentologique », *Rev. Géomorp. dynam.*; mars-avril, p. 3-52.
- BIROT (P.) (1959). — « Géographie physique générale de la zone inter-tropicale », *C.D.U.*, Paris, 243 p.
- BOSSER (J.) et HERVIEU (J.) (1958). — « Notice sur la carte d'utilisation des sols de la plaine de Tuléar », public. ronéo. *I.R.S.M.*, Tananarive, 44 p.
- BOURCART (J.) (1952). — « Les frontières de l'Océan », *Sciences d'aujourd'hui*, Albin Michel Ed., Paris, 317 p.
- BOURCART (J.) (1958). — « Problèmes de géologie sous-marine », *Evolution des Sciences*, Masson et Cie Ed. Paris, 123 p.
- BOYÉ (M.) (1962). — « Les palétuviers du littoral de la Guyane Française », *Les Cahiers d'Outre-Mer*, Bordeaux, t. XV, p. 271-290.
- CAPURON (R.) (1961). — « Contributions à l'étude de la flore forestière de Madagascar. Observations sur les Rhizophoracées », *Mémoires I.R.S.M.*, Série B, t. X, fasc. 2, p. 145-158.
- DERIJARD (R.) (1963). — « Note préliminaire sur la localisation et le peuplement de certains atterrissements sablo-vaseux et vaseux intertidaux de la région de Tuléar », *Annales malg.*, fasc. Sciences et des Techniques, Univ. Madag., n° 1, p. 201-219.
- FRANCIS-BŒUF (Cl) (1947). — « Recherches sur le milieu fluvio-marin et les dépôts d'estuaire », *Ann. Institut Océanographique*, t. 23, fasc. 3, p. 149-344.
- GACHET (C.) (1958). — « Les forêts du Sambirano et de Nossi-Be », *Bull. de Madagascar*, n° 150, p. 945-963.
- GACHET (C.) (1959). — « Les palétuviers de Madagascar », *Bull. de Madagascar*, n° 153, p. 133-144.
- GLANGEAUD (L.) (1941). — « Evolution morphologique et dynamique des estuaires », *Bull. Ass. Geogr. Fr.*, p. 95-103.
- GUILCHER (A.) (1954). — « Les récifs coralliens du Nord-Ouest de Madagascar, Note préliminaire », *Bull. Ass. Geogr. Fr.*, nov.-déc., p. 147-156.
- GUILCHER (A.) (1956). — « Etude géomorphologique des récifs coralliens du Nord-Ouest de Madagascar », *Ann. Institut Océanographique*, XXXIII, 2, 136 p.
- GUILCHER (A.) (1959). — « Mise au point : Origine et dépôt de la vase marine peu profonde, Choix bibliographique », *L'Information géographique*, 23^e année, n° 1, p. 17-22.
- GUILLAUMIN (A.) (1928). — « La mangrove malgache et ses produits », *Bull. d'Etudes malgaches*, p. 127-132.
- HERVIEU (J.) (1965). — « Au sujet de certaines caractéristiques texturales et minéralogiques des alluvions du Mangoky (Importance de l'héritage

- dans la sédimentation continentale actuelle) », *Semaine géologique de Tananarive*, à paraître Ann. Géol. de Madagascar.
- HESSE (P. R.) et JEFFERY (J.W.O.) (1963). — « Some properties of Sierra Leona mangrove soils », *L'Agronomie tropicale*, n° 8, p. 803-805.
- JORDON (H. D.) (1963). — « The vegetation of mangrove swamps in West Africa », *L'Agronomie tropicale*, n° 8, p. 796-797.
- LAFOND (L.-R.) (1957). — « Aperçu sur la sédimentologie de l'estuaire de la Betsiboka », *Revue de l'I.F.P.*, vol. XII, n° 4, p. 425-431.
- PERRIER DE LA BATHIE (H.) (1912). — « La mangrove et les plantes maritimes », *Bull. Econom. de Madagascar*, XVIII, p. 137-139.
- PERRIER DE LA BATHIE (H.) (1921). — « La végétation malgache », *Annales du Musée colonial de Marseille*, 3^e Série, vol. 9, 268 p.
- PERRIER DE LA BATHIE (H.) (1954). — *Flore de Madagascar et des Comores*. 148^e Famille : Sonneratiacées et 151^e Famille : Combretacées.
- RIVIÈRE (A.) (1952). — « Expression analytique générale de la granulométrie des sédiments meublés », *Bull. Soc. Géol. Fr.*, t. II, 6^e Série, p. 155-167.
- RIVIÈRE (A.) (1952). — « La granulométrie des sédiments argilo-vaseux. Notion de faciès granulométrique », *Comptes-rendus Acad. Sc.*, t. 234, p. 2628-2630.
- RIVIÈRE (A.) (1960). — « Généralisation de la méthode des faciès granulométriques par extension de la notion d'indice d'évolution », *Comptes-Rendus Acad. Sc.*, t. 250, p. 2917-2919.

A CONTRIBUTION TO THE STUDY OF THE FLUVIO-MARITIME « MILIEU » ON THE WESTERN COAST OF MADAGASCAR

The fluvio-maritime « milieu » is particularly developed in the West of Madagascar, especially on the outer fringe of the numerous deltas (Mangoky, Tsiribihina, Manambolo, Besalampy plain, Betsiboka, Mahajamba, Sofia, Sambirano and Ambilobe plain). There is no marked limit between the estuaries and deltas, the estuaries often being associated with a more internal deltaic zone.

The dynamic tide, in the dry season, with its spring flow reaches 10 to 30 km, and the salt tide 5 to 30 km according to circumstances.

The mangrove forest, as befits a « high slikke » enjoys a fine expansion. There appears no characteristic zoning in the distribution of the mangrove species, but only preferential sites. A barren zone frequently exists behind mangroves, linked with the seasonal aridity of the climate.

As a rule, in West Madagascar, the typical fluvio-maritime deposits often present a facies close to logarithmic one defined by A. Rivière. They are well-picked and evolved sediments, deposited through a surfeit of charge. They contain, as often as not, more than 90 % of dust and colloids.

Yellow or red-brown slimes are most frequent; they are poor in organic matter and rich in iron hydroxydes, the active « milieu » playing a lesser part than in temperate countries. Most of its mud sedimentation is carried out in flood periods, through, a surfeit of charge and a flocculation of the elements in suspense. Adherence also acts, especially in the dry season during slack tides.

Almost all the littoral and estuary sands of the West coast are characterized by the fineness and great homometry; in over 80 % of the samples, the average values are comprized between 0,125 and 0,32 mm and no heterometry index oscillates round 0,25.

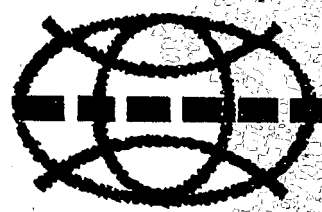
The alluvial deposits are generally both hydromorphous and salted. The presence of a Gley horizon in the depths is a customary feature. The clay fraction is formed by a montmorillinite, kaolinitic, illite or mica conglomerate, in which the first element predominates.

HERVIEU (J.). Contribution à l'étude
du milieu fluviomaritime sur la
côte occidentale de Madagascar.

Ant. W.

N° 8

Janvier-Juillet 1966



MADAGASCAR

REVUE de GÉOGRAPHIE

**FACULTÉ
DES LETTRES
LABORATOIRE
DE GÉOGRAPHIE**

UNIVERSITÉ DE MADAGASCAR

B 13470