

# LES FORMATIONS VÉGÉTALES ASSOCIÉES AU DELTA DE LA DUMBÉA

(Nouvelle Calédonie)

et leurs indications écologiques, géomorphologiques et sédimentologiques,  
mises en évidence par la cartographie.

FRÉDÉRIC BALTZER

Section de Géologie du Centre ORSTOM de Nouméa

## RÉSUMÉ

Sous le climat tropical de la Nouvelle Calédonie, la flore des marais côtiers favorise la sédimentation détritique aux embouchures des fleuves en piégeant les particules minérales. De plus elle protège les sédiments contre l'érosion.

Une carte du delta de la Dumbéa a été levée pour servir de base à notre étude sédimentologique qui s'intègre dans le programme de recherche sur le bilan géochimique de l'altération des roches ultrabasiques de Nouvelle Calédonie. Elle met en évidence plusieurs types de mangroves, côtières ou fluvio-marines ainsi que des marais d'eau saumâtre et d'eau douce.

Les espèces végétales les plus représentatives sont : *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera eryopetala*, *Avicennia officinalis*, *Salicornia australis*, *Lumnitzera racemosa*, *Sporobolus virginicus* et *Acrostichum aureum*. Chacune de ces espèces occupe une ou plusieurs positions bien particulières dans les différents types de mangroves.

Des courbes de fréquence montrent que chaque espèce a une préférence marquée pour un niveau de sol déterminé (deux niveaux lorsqu'elle est en concurrence avec une autre espèce). Ces niveaux sont liés aux hauteurs caractéristiques de la marée.

A la partie supérieure des mangroves on observe *Avicennia* et *Salicornia*. La première espèce présente un maximum de fréquence au niveau précis des hautes mers de vive-eau et la seconde au niveau des hautes mers de grande vive-eau. A la partie inférieure, *Rhizophora* et *Bruguiera* sont en compétition et présentent des maximums de fréquence voisins de part et d'autre des hautes mers de morte-eau. *Rhizophora mucronata* est l'espèce qui atteint le niveau le plus bas avec un maximum de fréquence secondaire vers 0,60 m, soit à 1,10 m au-dessous des hautes mers de grande vive-eau.

Le niveau de l'eau peut agir directement sur la physiologie des palétuviers adultes ou de leurs plantules. Mais il peut agir aussi en favorisant la concentration du sel dans les sols par l'évaporation en période de morte-eau.

En Nouvelle Calédonie, *Bruguiera eryopetala* semble incapable de supporter une eau interstitielle beaucoup plus salée que l'eau de mer, mais il se contente d'eau très faiblement saumâtre. *Rhizophora mucronata* tolère aussi bien une eau interstitielle nettement plus salée que l'eau de mer qu'une eau faiblement saumâtre. *Avicennia officinalis* est lié aux concentrations les plus fortes et de plus semble ne pas apparaître si la salinité n'atteint pas un seuil qui est assez élevé. Il en est de même, à un degré d'halophilie encore supérieur pour *Salicornia australis* et pour les voiles algaires à *Cyanophycées*.

L'érosion et les atterrissements jouent également un rôle dans la zonation des mangroves, non seulement par leur action sur le niveau du sol, mais aussi en favorisant ou non le dépôt de plantules ou en éliminant sélectivement les espèces les moins résistantes à l'érosion.

Le port différent des plantes permet aux plus grandes d'éliminer les autres en les privant de lumière ce qui explique certaines particularités de la zonation.

On voit ainsi qu'en plus des renseignements sur l'écologie des palétuviers, la carte des formations végétales permet d'obtenir rapidement des indications sur le nivellement, sur la salinité de l'eau interstitielle des sols, sur l'importance de l'érosion ou de la sédimentation en chaque endroit. Elle apparaît alors comme un moyen important d'investigation géomorphologique et sédimentologique sur la frange littorale.

#### ENGLISH ABSTRACT

In the tropical climate of New Caledonia, the flora of the coastal swamps in the rivers' mouths favours detrital sedimentation, by stopping mineral particles, and protects sediments against erosion.

A survey of the plant distribution has been carried out on the Dumbea River delta, as the basis for our sedimentological research connected with a study of the weathering of New Caledonian ultramafic rocks performed by J.J. TRESCASES and J.H. GUILLON.

Our map shows several kinds of mangrove swamps according to their position, either on the coastline or at a river mouth. On both sides of the distributary, deltaic mangroves are associated with river levees, mud or sand banks, tidal channels and marginal depressions. Further landwards we find first salt marshes and then brackish and fresh water swamps.

The most noticeable plants species are : *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera eryopetala*, *Avicennia officinalis*, *Lumnitzera racemosa*, *Sporobolus virginicus* and *Acrostichum aureum*. Each species fills a small number of well defined positions in the environment.

Sea level and tides seem to play a great part in mangrove trees distribution. Evidence is given by frequency curves showing that each species has a definite preference for one or two soil levels. These levels are connected with tide heights. In the upper part of the mangrove swamp, *Avicennia* and *Salicornia* appear : the former is closely related to the high spring tide level, the latter to the high equinoctial spring tide level. In the lower part, *Rhizophora* and *Bruguiera* compete around the level of high neap tides. The lowest level is reached by *Rhizophora*, 1,10 m below the high equinoctial spring tide level.

Water level and tides may act directly on the physiology of the adult mangrove trees, or on their seedlings. They may also act on them through concentration of salt in underground water, resulting from evaporation during neap tides periods. In New Caledonia, *Bruguiera eryopetala* does not seem to tolerate underground water much more salted than sea water but it is content with brackish or even almost fresh water. *Rhizophora mucronata* tolerates water with a higher salt content than sea water but it is found also in poorly saline environment. Among the mangroves, *Avicennia officinalis* is related to high salt concentrations, and it seems to require a reasonably high salinity to live. *Salicornia australis* is the most halophilous plant and finds no competitor (except algae) on the driest mud flats.

Erosion and accretion play a part in mangrove distribution, first by changing soil level, then by encouraging or not seedlings deposition, and finally by eliminating the weakest species in a selective way. Competition for light seems to occur between *Rhizophora* and *Bruguiera*, and also between *Salicornia* and *Avicennia*. It could explain some details in their relative distribution.

A map of the distribution of flora in a deltaic area gives data not only dealing with ecology, but also with ground level, underground water salt content, erosion and accretion. So it is a precious way of investigation in geomorphology and sedimentology.

## РЕЗЮМЕ

Растительные ассоциации дельты реки Думбеи (Новая Каледония) и их экологические указания по геоморфологии и седиментологии, выявленные картографическим способом. — В тропическом климате Новой Каледонии, флора прибрежных болот способствует осаджению обломочных материалов на устьях рек, задерживая минеральные частицы. Кроме того, она предохраняет осадки от эрозии.

Была составлена карта дельты реки Думбеи с целью служить основой для нашего изучения осадков, входящего в общую программу исследований по геохимическому балансу выветривания ультраосновных пород Новой Каледонии. По ней выявляются различные типы мангров, прибрежных или речных-морских, а также солончатые и пресноводные болота.

Наиболее представительные виды растений следующие: *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera eryopetala*, *Avicennia officinalis*, *Salicornia australis*, *Lumnitzera racemosa*, *Sporobolus virginicus* et *Acrostichum aureum*. Каждый из этих видов имеет одно или несколько свойственных положений в различных типах мангровых почв.

Кривые встречаемости показывают что каждый вид имеет предпочтение к определенному уровню почвы (таковых может быть два, если данный вид находится в конкуренции с другим видом). Эти уровни связаны с характерными уровнями прилива.

В верхней части мангровых почв наблюдаются *Avicennia* и *Salicornia*. Первый вид чаще всего встречается на точном уровне полных вод, в период больших приливов, вторая — на уровне полных вод наибольших приливов. В нижней части, *Rhizophora* и *Bruguiera* находятся в конкуренции и встречаются по близости друг от друга чаще всего по обе стороны уровня полных вод в период квадратуры прилива. *Rhizophora mucronata* — вид достигающий самого низкого уровня, с максимумом вторичной встречаемости равным примерно 0,60-ти, то-есть 0,10 м ниже уровня полных вод при наибольших приливах.

Уровень воды может непосредственно влиять на физиологию взрослых мангровых или их проростков. Но он также может влиять способствуя концентрации соли в почвах путем испарения, в период квадратуры.

В Новой Каледонии, *Bruguiera eryopetala* повидимому неспособна выдерживать пластовую воду содержащую больше соли чем морская вода, но ограничивается слабо солончатой водой. *Rhizophora mucronata* равно выдерживает как пластовую воду со степенью засоления заметно превышающей таковую в морской воде, так и слабо засоленную воду. *Avicennia officinalis* приурочена к самым повышенным концентрациям соли и при этом не растет в местах где засоление не достигло известного, довольно высокого, порога. То же самое наблюдается, но с еще большей степенью галофилии, у *Salicornia australis* и у Синезеленых водорослей составляющих водорослевые покровы.

Эрозия и наносы также играют роль в зональном распределении мангровых, не только влияя на уровень почвы, но и способствуя, или не способствуя, прорастанию, или селективно вытесняя наименее резистентные к эрозии виды.

Различие формы роста растений дает возможность самым крупным вытеснять остальных, лишая их света, чем и объясняются некоторые особенности зонального распределения.

По всему этому видно, что кроме сведений касающихся экологии мангровых, можно легко получить, по карте растительных образований, указания о нивелировании, о степени засоления пластовой воды почв и о значении эрозии или осадков в каждом участке. Таким образом, она представляет собой ценный способ для геоморфологического исследования и изучения осадков береговой линии.

## AVANT PROPOS

Le présent travail s'inscrit dans le programme d'étude du « bilan géochimique de l'altération des péridotites de Nouvelle-Calédonie » dont la direction scientifique est assumée par le Professeur ROUTHIER.

Cette opération s'applique actuellement à étudier l'altération et la sédimentation dans le bassin de la Dumbéa, rivière proche de Nouméa, choisie comme premier sujet d'étude en raison de ses nombreux

avantages : importante proportion de terrain occupée par des péridotites, dimensions assez vastes du bassin et de la plaine alluviale, et enfin, proximité de Nouméa permettant des observations continues.

N'étant pas botaniste, c'est grâce au généreux concours des botanistes du Centre ORSTOM de Nouméa que j'ai pu réaliser ce travail. Je tiens à remercier en particulier Monsieur M. SCHMID qui m'a accompagné sur le terrain ainsi que MM. HOOCK, JAFFRE et VEILLON.

M. BOURRET et M. HUGUENIN, chercheurs de l'ORSTOM m'ont fait bénéficier de leur compétence en photographie.

M. V.J. CHAPMAN à Auckland et Melle M.H. SACHET à Washington ont bien voulu m'accorder des entretiens et me documenter. J'exprime ma reconnaissance à toutes ces personnalités qui ne doivent pas être tenues pour responsables des erreurs et imperfections qui pourraient entacher ce travail.

## INTRODUCTION

L'étude de la sédimentation du matériel détritique arraché au bassin de la Dumbéa nécessite la définition des zones sédimentologiquement les plus actives au nombre desquelles l'embouchure tient une place essentielle. Cette dernière présente les caractères dynamiques et morphologiques d'un delta de pays tropical. La végétation y joue un rôle important favorisant la sédimentation en certains endroits et freinant l'érosion en d'autres. Chaque type de végétation, que ce soit les garminées d'une levée naturelle ou les palétuviers d'une mangrove est associé à des conditions hydrodynamiques, chimiques et biologiques qui le conduisent à favoriser un type de sédimentation bien particulier.

C'est pourquoi il nous a paru que l'étude de la sédimentation dans le delta de la Dumbéa devait commencer par le levé d'une carte des formations végétales. Or, de même qu'une carte géologique en cours de levé aide à interpréter les structures qu'elle est seulement censée représenter, de même la carte des formations végétales permet d'émettre certaines hypothèses sur les causes de la répartition des végétaux, et par conséquent, sur les conditions locales influant sur la sédimentation détritique et chimique.

Après quelques indications sur le milieu naturel, nous donnerons une description des mangroves, constituant en quelque sorte la notice explicative de la carte, puis nous étudierons les divers comportements des principales espèces végétales du delta, enfin, nous analyserons les faits pour voir quelles influences physiques et chimiques pourraient être cause de ces comportements variés.

## LE MILIEU NATUREL

### *Le terrain*

#### *Localisation géographique*

La Dumbéa est un des nombreux petits fleuves qui s'écoulent sur la côte ouest de la Nouvelle Calédonie, perpendiculairement aux axes de plissement et à l'allongement général de l'île. Son embouchure se situe à 15 km environ au nord de Nouméa. Son bassin versant est essentiellement constitué par des roches ultrabasiqes qui occupent 80 % des 220 km<sup>2</sup> de la superficie totale. Les 20 % restant, en aval, sont constitués par un ensemble plissé de roches sédimentaires (pélites calcaires et grès), volcaniques acides (rhyolites et tufs rhyolitiques) et volcaniques basiques (basalte).

La Dumbéa proprement dite se compose de deux branches au cours torrentiel qui se réunissent dans la plaine alluviale, au sortir du massif ultrabasique.

La plaine alluviale de la Dumbéa occupe une vallée ancienne étranglée en trois endroits par les barres rhyolitiques du système plissé.

La partie aval où se développent les mangroves, est caractérisée par une large ria ennoyée et comblée, confinée entre deux barres rhyolitiques.

Les sédiments du delta occupent aujourd'hui la quasi-totalité de la place disponible, la baie Hoff formant un des derniers témoins de la nappe d'eau libre.

#### *Description sommaire du delta*

La répartition des peuplements végétaux est en interdépendance étroite avec la géomorphologie du delta, c'est pourquoi nous en esquisserons les traits principaux. Au sortir du défilé amont, le fleuve suit un cours nord-sud sur 1 000 m environ, puis après un coude à angle droit, adopte une direction est-ouest, sur 2 500 m ; au-delà, apparaît la division en trois bras qui confirme la structure deltaïque, peu apparente car elle se situe dans le rétrécissement du défilé aval.

La Dumbéa est bordée de levées sédimentaires naturelles émergées qui la séparent de dépressions marginales marécageuses. Les levées résultent de la coalescence de rides déposées lors des crues. Les sillons entre rides sont parfois occupés par un bras d'eau dont la profondeur est entretenue par les crues. Vers l'aval les rides des levées se séparent en digitations qui sont prolongées par des chapelets d'îlots allongés. Sur la rive droite comme sur la rive gauche, les dépressions marginales situées au-delà des levées émergées donnent naissance à des marais plus profonds vers l'aval et la périphérie, près de l'encadrement de collines anciennes. Sur la rive droite, tout à fait en aval, la dépression marginale est occupée par une nappe d'eau de mer libre, la baie Hoff. La zone de battement des marées et *grosso modo* le domaine des palétuviers. Sur la rive gauche, en amont, la végétation de mangrove est remplacée par des marais d'eau douce, en même temps que la levée, en s'élargissant, prend l'ampleur d'une petite plaine : la plaine Adam. L'eau douce ruisselant depuis les reliefs avoisinants, réduit la salinité sur le côté terrestre des dépressions marécageuses marginales.

#### *Le climat*

Les enregistrements de la station météorologique de Nouméa (GIOVANNELLI, 1953), peu éloignée des marais de la Dumbéa (moins de 15 km) et de situation à peu près équivalente par rapport à la mer, nous fournissent les données climatologiques.

TEMPÉRATURE DE L'AIR À NOUMÉA

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Température moyenne	25,8	26,1	25,3	23,6	22,4	21,4	20,4	20,2	22,8	22,6	23,9	24,9
Température maximale absolue	34,2	33,6	33,1	30,0	32,1	29,8	28,0	27,8	28,4	31,0	31,8	33,5
Température minimale absolue	20,2	20,8	18,9	16,7	16,6	14,2	14,4	14,2	15,2	15,4	17,8	19,6

#### *Les températures moyennes*

présentent un maximum en février et un minimum en août. Le maximum absolu enregistré est de 34,2° en janvier et le minimum absolu 14,2° en juin et en août.

*La moyenne mensuelle d'humidité de l'air*

oscille entre 70 et 79 %. Pour tous les mois, les maximums absolus enregistrés sont très voisins de 100 % et les minimums absolus varient de 30 à 40 %. La variabilité est donc considérable d'une année à l'autre, et même d'une journée à la suivante, mais la moyenne générale est stable tout au long de l'année.

## HUMIDITÉ DE L'AIR À NOUMÉA

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne générale	75 %	77 %	79 %	76 %	75 %	76 %	74 %	73 %	70 %	70 %	70 %	75 %
Moyenne des maximums	88 %	90 %	91 %	88 %	89 %	89 %	87 %	86 %	84 %	85 %	83 %	89 %
Moyenne des minimums	62 %	64 %	68 %	63 %	61 %	64 %	61 %	60 %	56 %	56 %	56 %	61 %

*Pour la pluviométrie.*

cet écart des maximums par rapport à la moyenne est particulièrement grand. L'année moyenne présente théoriquement deux saisons où les pluies sont plus abondantes (de décembre à mars et de juin à juillet) séparées par deux saisons relativement plus sèches. Cependant, les écarts sont considérables, en particulier en mars, il tombe en moyenne 112 mm de pluie, mais on a pu totaliser jusqu'à 576 mm, ou, au contraire, seulement 18 mm par une année de sécheresse.

Ces écarts entre les années traduisent soit de longues sécheresses, soit des pluies diluviennes qui influent sur la répartition des végétaux. Les sols des marais peuvent être soumis à une sécheresse et à une salinité tout à fait exceptionnelles certaines années et être longuement inondés à d'autres périodes.

Les pluies diluviennes accompagnent les dépressions cycloniques. On a enregistré 263 mm à Nouméa, le 19 mars 1950. De telles pluies s'accompagnent de crues extrêmement rapides (la Dumbéa peut monter de 1 mm par minute).

L'orographie joue un rôle important sur la répartition des pluies. Les sommets de la Nouvelle Calédonie formant la chaîne centrale de l'île reçoivent la plupart des précipitations. Bien souvent au cours d'une même journée, les mangroves sont épargnées par la pluie, alors que la partie amont de la plaine côtière reçoit quelques averses et que la chaîne centrale est perpétuellement arrosée.

## PLUIES À NOUMÉA (en mm)

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne en 40 ans	104	121	160	112	86	96	98	68	48	48	45	78
Total max. observé	288	385	576	430	232	402	258	239	164	148	392	260
Total min. observé	4	14	18	6	12	16	19	11	0	0	0	0

*Les vents à Nouméa.*

Les vents dominants appartiennent au régime des alizés, ce qui se traduit par la fréquence supérieure des vents d'est et de sud-est. Les variations saisonnières entraînent une augmentation de la fréquence de NE de mai à juillet.

Les vents sont généralement modérés ou assez forts. Leur vitesse moyenne est comprise entre 3 et 8 m par seconde. Les vents violents n'existent que pendant la période des cyclones (0,2 % des enregistrements).

DIRECTION ET VITESSE DES VENTS À NOUMÉA

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Directions les plus fréquentes	E SE	E SE	E SE	E SE	E SE NE	E SE NE	E SE NE	E SE S+SW	E SE	E SE S	E SE S	E SE
Vitesse moy. m/s	4,2	6,1	5,7	4,2	3,6	5,0	4,2	4,8	4,9	4,3	4,8	5,7
km/h	15	22	21	15	13	18	15	17	18	15	17	21

*Les facteurs hydrodynamiques.**Les vagues et la houle.*

La Dumbéa se jetant dans une baie du lagon, son delta est à l'abri de la houle océanique de grande amplitude qui est arrêtée par le récif barrière.

Le fetch de la baie est réduit et ne permet aux vents normaux de lever qu'un simple clapot. Par contre, les vents de cyclone peuvent lever une mer assez grosse, surtout s'ils viennent d'ouest.

*Les marées à Nouméa.*

Les marées ont une amplitude maximale de 1,70 m environ. Elles présentent une inégalité diurne dont rend compte le tableau des hauteurs caractéristiques. A peu près chaque jour, on peut observer deux marées hautes et deux marées basses dont les hauteurs respectives varient de 20 cm environ. Dans le cas des hautes mers, nous considérerons seulement les hauteurs caractéristiques supérieures, qui seules peuvent influencer sur la zonation, car l'effet d'une émergence dont la durée a l'ordre de grandeur de la semaine ou du mois l'emporte de beaucoup sur une émergence de quelques heures. Inversement, dans le cas des basses mers, nous tiendrons compte des basses mers inférieures.

MARÉES À NOUMÉA

Niveau moyen 0,96 m	Hauteurs dans les marées moyennes				
	Vive-eau			Morte-eau	
Haute mer grande vive-eau	PM	BM		Supérieur	PM
1,72 m	1,6 m	0,5	Inférieur	1,3 m	0,8
	1,4 m	0,3		1,2 m	0,6

(COEC, 1967)

Si une dépression cyclonique survient lors d'une marée de vive-eau, l'effet de la dépression élève le niveau marin de 20 à 30 cm, et le vent peut pousser la mer vers la terre. Ainsi, un niveau de 2,02 m a été atteint le 19 janvier 1968, lors du cyclone « Brenda ». Cette montée du niveau de la mer renforce les effets de la crue de la rivière qui peut inonder pratiquement la totalité de son delta lors d'une « marée de tempête ».

## LES MANGROVES DE LA DUMBÉA

### *Levé d'une carte des formations végétales.*

La base cartographique utilisée a été le plan au 1/10 000 fourni par le Service Topographique de Nouvelle Calédonie. A l'intérieur des mangroves il n'existait aucun repère.

Les populations végétales ont été recensées au cours de traversées perpendiculaires à leur allongement. Ces traversées étaient dirigées de préférence par un alignement pris sur les collines voisines. Mais, bien souvent, en l'absence de toute visibilité, nous avons eu recours à la boussole. Les traversées étaient exécutées à vitesse aussi égale que possible et le temps mis pour parcourir chaque formation était chronométré. Nous avons admis que ce temps est proportionnel à la distance parcourue et tracé les limites des formations en fonction de ces résultats.

Pour plus de précision, le schéma général ainsi obtenu a été « calé » grâce à 6 traversées qui après avoir été débroussées, ont fait l'objet d'un levé topographique en même temps que d'un nivellement de précision.

### *Les grands types de végétation observés.*

L'embouchure de la Dumbéa permet de distinguer des mangroves côtières et des mangroves fluvio-marines. Parmi ces dernières, les unes sont associées aux bancs et levées sédimentaires ou aux sillons d'érosion, les autres, plus étendues, occupent les dépressions marginales du delta.

#### *Mangroves côtières.*

*Les mangroves côtières sur rivage exposés au vent dominant*, forment un liséré sur la côte nord-ouest de la baie Hoff, et sur la côte nord-est de la baie Taa. Elles sont réduites à une bande de 10 à 30 m de large, environ, colonisée par *Bruguiera eryopetala* et, sur le côté mer, par un rideau souvent interrompu de *Rhizophora mucronata*.

Il existe également *des mangroves côtières sur rivages abrités* comme celle qui a colonisé la côte sud de la baie de Taa. Les accumulations sédimentaires y sont plus abondantes, la surface colonisée est plus grande et la zonation végétale est un peu plus complète. Le rideau à *Rhizophora mucronata* est continu, la mangrove à *Bruguiera* s'élargit et forme, par endroits un groupement mixte avec *Rhizophora*. Enfin, *Avicennia officinalis* peut apparaître à la limite terrestre.

#### *Mangroves fluvio-marines.*

*Mangroves associées aux chenaux de marée*, bras morts et zones d'érosion en communication avec le fleuve. Le bief nord-sud entre le pont de la route territoriale n° 1 et le coude de la rivière, communique avec des chenaux de marée fermés qui représentent selon les cas, les plus profonds des sillons entre les rides sédimentaires anciennes, ou bien des bras morts, ou des recoupements de méandres par le fleuve en crue. Ils peuvent être inondés en permanence ou de façon temporaire par de l'eau saumâtre. Les chenaux les plus larges sont colonisés sur leurs rives par *Rhizophora*, les plus étroits et les moins profonds sont colonisés sur toute leur surface, par une association à *Rhizophora m.* et *Bruguiera e.* ou par une seule



de ces espèces. Les régions les plus rarement soumises à la marée présentent une flore plus variée, où apparaissent *Excoecaria*, *Acanthus*, *Acrostichum aureum*.

*Mangroves associées aux berges du fleuve.* La levée sédimentaire qui constitue la rive droite est frangée, tout le long du bief est-ouest de la rivière, par une étroite bande de mangrove à *Bruguiera* dont le sol est soumis à une érosion intense lors des crues, puis reconstruit. Cette bande est réduite, le plus souvent à une simple rangée de palétuviers espacés.

En amont, à l'extrémité orientale du même bief, la mangrove de rive droite s'épanouit derrière une série importante de crochons sédimentaires déposés à l'abri d'un éperon rocheux. La succession présente un rideau de *Rhizophora* séparant de la rivière *Bruguiera*. Les sillons entre les crochons sédimentaires et les prolongements des crochons eux-mêmes dans les marais montrent des fougères de l'espèce *Acrostichum aureum* sous couvert de *Bruguiera*.

De même, la levée sédimentaire de rive droite se termine vers l'aval par des digitations qui séparent des sillons marécageux dont le plus proche du fleuve est occupé par une mangrove à *Rhizophora* et *Bruguiera*. L'extrémité aveugle de ce sillon est couverte par un dense peuplement d'*Acrostichum aureum* et de *Bruguiera*. Les autres sillons, plus éloignés de l'eau, appartiennent au système des mangroves de la dépression latérale.

A la limite du domaine marin, les bancs sablo-vaseux qui divisent le fleuve en trois bras sont colonisés par une mangrove à zonation très peu marquée. Les platiers sablo-vaseux récents ont une végétation mixte à *Rhizophora* et *Avicennia*. Les bancs plus anciens sont essentiellement couverts par *Bruguiera* vers l'amont et *Rhizophora* vers l'aval. Quelques zones sont colonisées par *Avicennia* seul.

*Les mangroves de la dépression latérale de rive droite et les autres formations végétales associées.*

Entre le coude de la rivière et la patte d'oie deltaïque de l'embouchure, le bief est-ouest, canalisé par les levées naturelles, s'écoule entre deux vastes zones marécageuses colonisées par la mangrove et les types de végétation associées.

L'observation de la carte montre de façon frappante que toute la végétation de la dépression latérale de rive droite s'organise en arcs de cercle successifs moulés autour de la baie Hoff.

Une coupe radiale dirigée vers l'Est-Sud-Est, à partir de la baie Hoff, permet d'observer une succession assez complète de formations végétales.

*Mangroves externes.* Un rideau à *Rhizophora* de belle venue borde toute la baie Hoff, sur une largeur de 10 à 20 m, atteignant 40 m par endroits (photo 2).

*Mangrove moyenne.* Succédant vers le Nord à la mangrove externe, une étroite zone de mangrove à *Bruguiera* seul constitue une région plus ou moins dégagée, où la marche est relativement aisée. On observe ensuite une large bande où *Bruguiera* et *Rhizophora* sont associés, les uns et les autres restant de taille en général modeste.

*Mangrove interne.* Au-delà, un nouveau groupement pur à *Rhizophora mucronata* couvre une importante surface. Ces palétuviers, pourtant de l'espèce qui borde la baie Hoff, sont grêles, peu élevés et très enchevêtrés. Au sein même de ce peuplement, quelques petites surfaces entièrement dépourvues de végétation peuvent être observées. L'une d'elles est assez étendue pour figurer sur la carte.

Plus loin, *Avicennia officinalis* couvre une bande particulièrement régulière qui sépare ces *Rhizophora* grêles des marais découverts, colonisés par les plantes halophyt, de l'espèce *Salicornia australis*.

*Marais découvert sursalé.* *Salicornia* forme deux auréoles qui sont presque intégralement entourées par *Avicennia* et dont la partie centrale, un peu décalée vers l'Est, est occupée par un voile algaire de *Cyanophycées* ou par une zone nue.

*Arrière Mangrove.* Plus près du fleuve, au-delà des *Salicornia*, on retrouve la continuation de l'auréole à *Avicennia* en un peuplement discontinu laissant par endroits la place à *Lumnitzera racemosa*. Ce

palétuvier est séparé de la savane à *Imperata* par un liseré de quelques mètres de large de *Sporobolus virginicus*, graminée halophyte.

*Marais saumâtre intermédiaire.* Les fougères *Acrostichum* et les Cypéracées se développent au sommet de petites buttes de 20 à 30 cm de hauteur et de 1 à 3 m de diamètre qui surplombent des chenaux au fond nu, larges de 40 cm à 1 m, anastomosés en un réseau très vaste.

La plaine à *Acrostichum* et *Cypéracées*, dans sa frange sud occidentale, présente une étroite bande occupée par *Sueda*, puis *Sporobolus* à la limite de la levée naturelle, colonisée par des graminées du genre *Imperata*.

Vers le Nord, cette même plaine se termine par une sorte de chenal sans végétation, très peu profond, bordé sur chaque rive par des *Sporobolus* qui font transition au sud avec les *Acrostichum* et au nord avec une végétation de terre ferme.

#### *Comparaison avec les marais de la dépression latérale de rive gauche.*

La levée sédimentaire de rive gauche s'est développée assez près des collines et ne laisse de place que pour une dépression latérale étroite. Les grands types de groupements végétaux se succèdent suivant l'axe de la dépression. Les mangroves, externe et moyenne enveloppent non plus une baie mais un chenal de marée. Les peuplements à *Bruguiera* seul sont assez étendus. Dès la fin du chenal, *Rhizophora* apparaît en peuplement mixte avec *Bruguiera* par grandes taches.

Vers son extrémité amont, le chenal est prolongé par un sillon ramifié porteur d'un peuplement à *Rhizophora* en galerie qui serpente dans les mangroves moyenne et interne et rejoint l'arrière mangrove. La mangrove interne est annoncée par l'apparition d'*Avicennia* de plus en plus nombreux. Elle est marquée par une association à *Rhizophora* et *Avicennia*, puis par un peuplement à *Avicennia* seul. Les marais découverts sursalés sont peu étendus. Contrairement à ce qui se passe sur la rive droite ils ne séparent pas la mangrove interne de l'arrière mangrove. Ils sont confinés au nord de la mangrove interne entre celle-ci et la prairie de la levée sédimentaire. Ils présentent une bande colonisée par *Salicornia*, puis une bande couverte de voile algair et enfin une bande à *Sporobolus* le long de la levée sédimentaire. L'arrière mangrove se distingue de la mangrove interne par l'apparition progressive de *Cyperacées* et de *Lumnitzera* parmi les *Avicennia*.

Les marais saumâtres intermédiaires sont bien représentés par de très nombreuses *Cyperacées* et des fougères *Acrostichum* se développant sur des buttes isolées par un entrelac de très petits chenaux d'érosion, occupés par de très rares palétuviers pouvant être : *Bruguiera*, *Lumnitzera* et même *Rhizophora*.

Assez brusquement, plus en amont, on passe à une roselière à *Typha* puis à une forêt où *Melaleuca leucadendron* domine et se développe sur un marais d'eau pratiquement douce avec une nappe d'eau atteignant plusieurs dizaines de centimètres en saison pluvieuse.

#### *Végétation des levées sédimentaires.*

Vers l'aval, les digitations de la levée sédimentaire de rive droite, se divisent en chapelets d'îlots caractérisés par une végétation dite de « bord de mer » comprenant des graminées halophytes du genre *Sporobolus*, des *Casuarina*, et une Verbénacée grêle et buissonnante du genre *Clerodendron*.

Vers leur extrémité, les rides sédimentaires à végétation de « bord de mer », se prolongent par des îlots de formation actuelle qui peuvent rester nus ou bien être couverts d'une pelouse de graminées halophytes du genre *Sporobolus*.

En amont, la levée est plus haute et présente une prairie à *Imperata* associée à une végétation à *Melaleuca* et à *Casuarina*.

Aux endroits où la levée est très large, la végétation comporte des taillis denses, sauf sur la plaine Adam qui a été aménagée pour l'élevage et comporte une vaste prairie.

*Conclusion.*

A chaque type sédimentologique et géomorphologique de formation est associé un ou plusieurs types de végétation bien particuliers. Les côtes où les atterrissements sont suffisants, présentent des mangroves dont l'importance varie selon l'exposition aux vents et aux courants, mais qui gardent une continuité d'aspect.

Les mangroves associées aux rives du fleuve se rapprochent beaucoup des mangroves côtières. Les mangroves des platiers sablo-vaseux de l'aval montrent quelles sont les espèces les plus aptes à coloniser des atterrissements nouveaux.

Les dépressions latérales du delta présentent les mangroves les plus étendues et les plus riches d'enseignement. Elles permettent de dégager l'existence de mangroves externes, moyennes et internes caractérisées par des répartitions bien constantes entre les 3 principales espèces de palétuviers. Plus en amont, la flore des marais découverts sursalés, de l'arrière mangrove, des marais saumâtres intermédiaires et des marais d'eau douce est plus variée mais sa zonation n'est pas moins nette.

La végétation émergée des levées sédimentaires a également des caractères distinctifs. Comme toutes les associations végétales en présence, elle influe aussi fortement sur l'équilibre sédimentologique du delta qu'elle est régie par lui.

## LA ZONATION DES PALÉTUVIERS DANS LES MANGROVES DE LA DUMBÉA

Nous venons de voir qu'il existe sur les deux rives de la Dumbéa, des marais dont l'aspect sur la carte est au premier abord assez différent mais qui pourtant présentent des groupements végétaux tout à fait identiques. En particulier chaque espèce de palétuvier considérée en soi est ubiquiste, mais elle ne se retrouve en nombre que dans des conditions assez constantes pour définir des types de groupement.

Notre propos sera maintenant de distinguer, pour chaque espèce quels sont ces habitats, ces types de groupement auxquels elle est le plus fréquemment associée.

*Rhizophora mucronata**Groupement de mangrove pionnière.*

*Rhizophora mucronata* est considéré classiquement comme l'espèce pionnière des atterrissements nouvellement formés. Il s'installe sur des bancs inondés plusieurs fois par jour par les marées normales et, en permanence par les marées de morte-eau. *Rhizophora* est susceptible de s'accommoder de bancs de vase indifféremment très molle, presque liquide ou plus compacte, voire caillouteuse. Il tolère également une pente très accusée comme il en existe sur les bords des chenaux de marée, à l'aval du delta, aux endroits où des courants de marée rapides entretiennent une profondeur importante au ras des banquettes de vase. Les pionniers sont en général jeunes, de taille inférieure à 3 ou 5 m.

*Les bancs sablo-vaseux étendus* qui encombrant le cours inférieur de la Dumbéa sont couverts d'une végétation pionnière où *Rhizophora* est très abondant, en particulier tout en aval, sur les atterrissements les plus récents. Sur certains bancs assez élevés, cette espèce forme des groupements mixtes avec *Avicennia officinalis*.

*Les groupements en rideau en bordure des nappes d'eau libre*, caractéristiques des mangroves externes, peuvent également être considérés comme pionniers, même si un changement de régime hydrodynamique entraîne leur régression ultérieure. Dans les zones où les atterrissements sont très actifs, on distingue très bien les bourrelets de peuplements successifs. Sur d'autres rivières que la Dumbéa ces bourrelets sont particulièrement nets sur les rives convexes des méandres (photo 2).

*Groupements stables.*

*Groupements de mangrove externe stable.* Un bon exemple de groupement stable est fourni par la partie convexe de la rive sud-est de la baie Hoff. Les palétuviers n'y forment pas un simple rideau mais une bande large de près de 100 m. Les arbres atteignent 8 à 10 m de haut et sont très vigoureux. La vase est extrêmement molle et se dépose actuellement, grâce à ce couvert végétal.

*Groupement en galerie* (photo 1). Lorsque les chenaux de marée ne sont pas trop profonds, ou bien sont réduits à un simple sillon, ils peuvent être intégralement couverts par *Rhizophora* et former ainsi des galeries étroites qui traversent les mangroves moyennes et internes et atteignent l'arrière mangrove. Les transports de plantules très actifs et le brassage des eaux peuvent expliquer ce comportement.

*Groupements mixtes avec Bruguiera eryopetala dans les mangroves moyennes.* Ils seront étudiés avec *Bruguiera*.

*Groupement de mangroves internes, de vitalité médiocre* (photo 3). La plus importante surface d'un seul tenant qui soit colonisée exclusivement par *Rhizophora* se trouve dans la dépression latérale de rive droite entre le peuplement mixte à *Bruguiera* et *Rhizophora* de mangrove moyenne et le peuplement à *Avicennia* de la mangrove interne. La végétation y est chétive, les arbres ne dépassant pas 3 à 4 m de haut, avec des rameaux dont le diamètre se limite à 1,5 à 2 cm. Bon nombre de rameaux sont secs et certaines régions de ces mangroves ont perdu toute végétation sur quelques mètres carrés.

*Groupements à proximité de la terre ferme.*

*Mangrove interne.* Comme le montre la carte, il n'est pas rare que des peuplements à *Rhizophora* s'adosent à la terre ferme. Il s'agit de *Rhizophora* de mangrove interne adossé à la côte, dont ils peuvent être séparés aux endroits les plus larges par des *Avicennia* et même par une petite zone nue.

*Arrière mangrove.* Il existe aussi des cas de *Rhizophora* isolés ou en très petits groupes, au débouché des thalwegs les plus infimes dans les marais, en des points séparés de la mer par une végétation de mode beaucoup plus sec (*Sporobolus*) ou même en l'absence de toute végétation (zone nue).

*Bruguiera Eryopetala*

*Bruguiera eryopetala* est très abondamment représenté. On rencontre cette espèce dans les mangroves externes et moyennes et dans les arrière-mangroves.

*Groupements en bandes étroites, mangrove externe* (photo 13).

Les mangroves, sur les côtes exposées au vent dominant ou à l'action érosive de la rivière, se réduisent à une étroite bande essentiellement colonisée par *Bruguiera*, qui prend alors une position externe. Un rideau de *Rhizophora* mince et très discontinu peut séparer *Bruguiera* de l'eau libre. Dans les zones les plus érodées non seulement ce rideau, mais encore les *Bruguiera* eux-mêmes peuvent disparaître.

*Groupements étalés des mangroves moyennes* (photos 4 et 5).

*Les groupements à Bruguiera seul s'observent sur les banquettes sédimentaires et les plateaux vaseux stabilisés.* Ils sont séparés des nappes d'eau libre voisines par un rideau de *Rhizophora*. Les *Bruguiera* bien développés ont un port arborescent avec un tronc qui s'élève d'un seul jet à 4 ou 5 m et supporte une ramure en boule.

*Groupements mixtes avec Rhizophora dans les mangroves moyennes.* Le passage entre une mangrove externe à *Rhizophora* et une mangrove à *Bruguiera* peut être tranché ou bien se faire par l'intermédiaire d'un groupement mixte. Les mangroves moyennes de grande extension présentent en général de telles bandes, parfois assez étendues, où des *Rhizophora* et des *Bruguiera* de taille petite ou médiocre sont en compétition. Ces zones sont presque toujours en contact avec les groupements chétifs à *Rhizophora* seul des mangroves internes.

*Groupements de marais saumâtre intermédiaire.*

Les groupements de *Bruguiera* en arrière mangrove s'observent assez loin en amont, dans les dépressions marginales. *Bruguiera* associé à *Acrostichum aureum* et à des *Cypéracées*, y est le dernier représentant des palétuviers avant les marais d'eau franchement douce.

*Groupements des chenaux d'érosion fluvio-marins.*

Vers l'amont, les berges des chenaux en contact avec le fleuve sont bordées de *Bruguiera*. Lorsqu'ils sont suffisamment peu profonds les chenaux tout entiers peuvent être colonisés.

*Avicennia officinalis.**Groupements pionniers mixtes.*

Nous avons vu que les îlots de mangrove au nord-ouest de la patte d'oie deltaïque portent une végétation mixte avec *Rhizophora* et *Avicennia*. Cela se produit sur la partie des atterrissements qui est immergée par pleine mer de vive-eau.

*Groupements de mangrove externe.*

Il n'est pas rare d'observer des *Avicennia* isolés, en avant même des rideaux à *Rhizophora*. Ceci peut se produire lorsque des atterrissements importants ont accumulé des bancs de vase très plats et assez élevés pour ne pas être recouverts par les marées hautes de morte-eau. Ces individus isolés sont souvent d'une vigueur exceptionnelle et atteignant de grandes tailles, mais ils sont souvent couchés peut-être à cause du peu de résistance du substratum de dépôt très récent.

Au sein des Mangroves moyennes à *Bruguiera*, les extrémités des levées qui sont encore assez basses pour être immergées lors des hautes mers de vive-eau sont parfois colonisées par des *Avicennia*.

*Groupements de mangrove interne (photo 7).*

Le type le plus caractéristique et le plus étendu de peuplement à *Avicennia* s'observe dans la partie interne des mangroves, loin de la mer libre, du côté terrestre des peuplements à *Rhizophora* denses et grêles. On peut en observer quelques rares individus à la limite entre les mangroves moyenne et interne, en avant même des *Rhizophora* de mangrove interne. En bordure des *Rhizophora*, les *Avicennia* de mangrove interne peuvent avoir un port arborescent avec un tronc fort, haut de 5 à 6 m. L'autre face du peuplement, en bordure des marais sursalés à *Salicornia*, présente des individus de très petite taille, au port arbustif, sans tronc, et de hauteur totale inférieure à 2 m (photos 8 et 9).

Selon les époques, on peut observer la progression des *Avicennia* arbustifs aux dépens des marais à *Salicornia*, ou bien au contraire leur régression suivie de remplacement par ces marais. La première modalité a lieu lorsqu'une longue période d'humidité fait monter la nappe phréatique dans les marais et permet aux marées hautes de vive-eau de venir l'inonder, apportant ainsi les plantules sphériques d'*Avicennia* qui sont retenues entre les salicornes lorsque la marée baisse et prennent racine sur le sol détrempe. Inversement, ces régions de limite entre *Avicennia* et *Salicornia* deviennent très sèches pendant des années et la salinité de l'eau interstitielle du schorre à *Salicornia* devient excessive. Les jeunes *Avicennia* périssent.

*Groupement d'arrière mangrove.*

Les *Avicennia* associés aux *Cypéracées* ou aux *Sporobolus* indiquent l'arrière mangrove, même si aucune zone à *Salicornia* ne les sépare de la mer.

*Salicornia Australis et voile algair (photos 8 et 9).*

*Salicornia australis* est une plante très halophile qui colonise des schorres sursalés, à la limite des mangroves internes à *Avicennia*. Nous avons vu comment les variations de l'humidité peuvent modifier

les domaines respectifs de ces deux groupes de plantes. De même, lorsque la sécheresse devient très sévère, la salinité atteint des valeurs très élevées ne permettant plus la survie des *Salicornia* qui sont remplacées par un voile algaire, vraisemblablement formé de *Cyanophycées*.

La surface occupée respectivement par *Salicornia* et par le voile algaire peut varier selon les dominantes climatiques des saisons passées.

*Lumnitzera racemosa* (photo 10).

*Lumnitzera racemosa* est une espèce qui s'observe dans les arrière-mangroves aux confins des marais à *Salicornia* et des zones à *Cypéracées* et *Acrostichum*. Cette plante croît un peu au-dessus des hautes mers d'équinoxe, mais dans des endroits où elle peut être soumise à d'importants apports d'eau douce lors des grandes crues. Lorsque les crues sont trop violentes, le couloir emprunté par elles se marque à travers le peuplement de *Lumnitzera* par la mort des individus qui sont remplacés par des *Salicornia* ou des *Sporobolus*.

*Cypéracées et Acrostichum aureum*.

Près de terre et des apports d'eau douce, les marais saumâtres sont caractérisés à la Dumbéa par un peuplement à *Cypéracées* et *Acrostichum aureum*.

Nous avons signalé que les plantes croissent sur des buttes de terre surmontant des chenaux anastomosés dont le fond ne comporte aucune végétation supérieure. Du haut des buttes les plantes étalent leurs feuilles et leurs frondes, masquant les chenaux. Ces derniers peuvent livrer passage à un certain courant lors des marées hautes de vive-eau, lorsque la nappe phréatique est assez haute, et lors des crues.

Ce type de marais semble lié à la limite supérieure des zones marécageuses que la mer peut atteindre exceptionnellement, mais il est suffisamment soumis aux apports d'eau douce par le ruissellement et même aux apports d'eau faiblement saumâtre par la rivière pour que la salinité de l'eau interstitielle y demeure toujours très inférieure à celle de l'eau de mer.

Les régions où les apports d'eau faiblement saumâtre sont les plus abondants présentent essentiellement des *Cypéracées*, alors que les *Acrostichum* occupent une position un peu plus élevée et un peu plus éloignée de ces apports, lorsqu'un peuplement pur peut être distingué. Quelques rares *Bruguiera* très jeunes peuvent se rencontrer dans ces arrière-mangroves découvertes. Peut-être y sont-ils installés à la faveur des chenaux les plus profonds.

*Marais d'eau douce*.

Les marais des dépressions marginales les plus éloignées de la mer présentent une végétation peu halophile qui se développe sur un sol de mangrove ancien, dessalé, en continuité topographique avec les mangroves actuellement vivantes. On y observe les mêmes *Cypéracées* que dans les marais saumâtres à *Acrostichum*, leur peuplement se continuant d'un domaine à l'autre. *Malaleuca leucadendron*, localement appelé « niaouli » forme une forêt. Certaines zones d'eaux profondes sont occupées par des *Typha angustifolia*.

## LES FACTEURS RÉGISSANT LA ZONATION.

*Influence du niveau de la mer et des marées*.

Le niveau de l'eau, même en l'absence de toute marée, est un facteur qui semble suffisant pour déterminer une certaine zonation.

DAVIS (1940) signale l'existence en Floride de mangroves zonées dans des marais non soumis à la marée. Pourtant bien des auteurs estiment que l'installation de la mangrove requiert l'alternance de

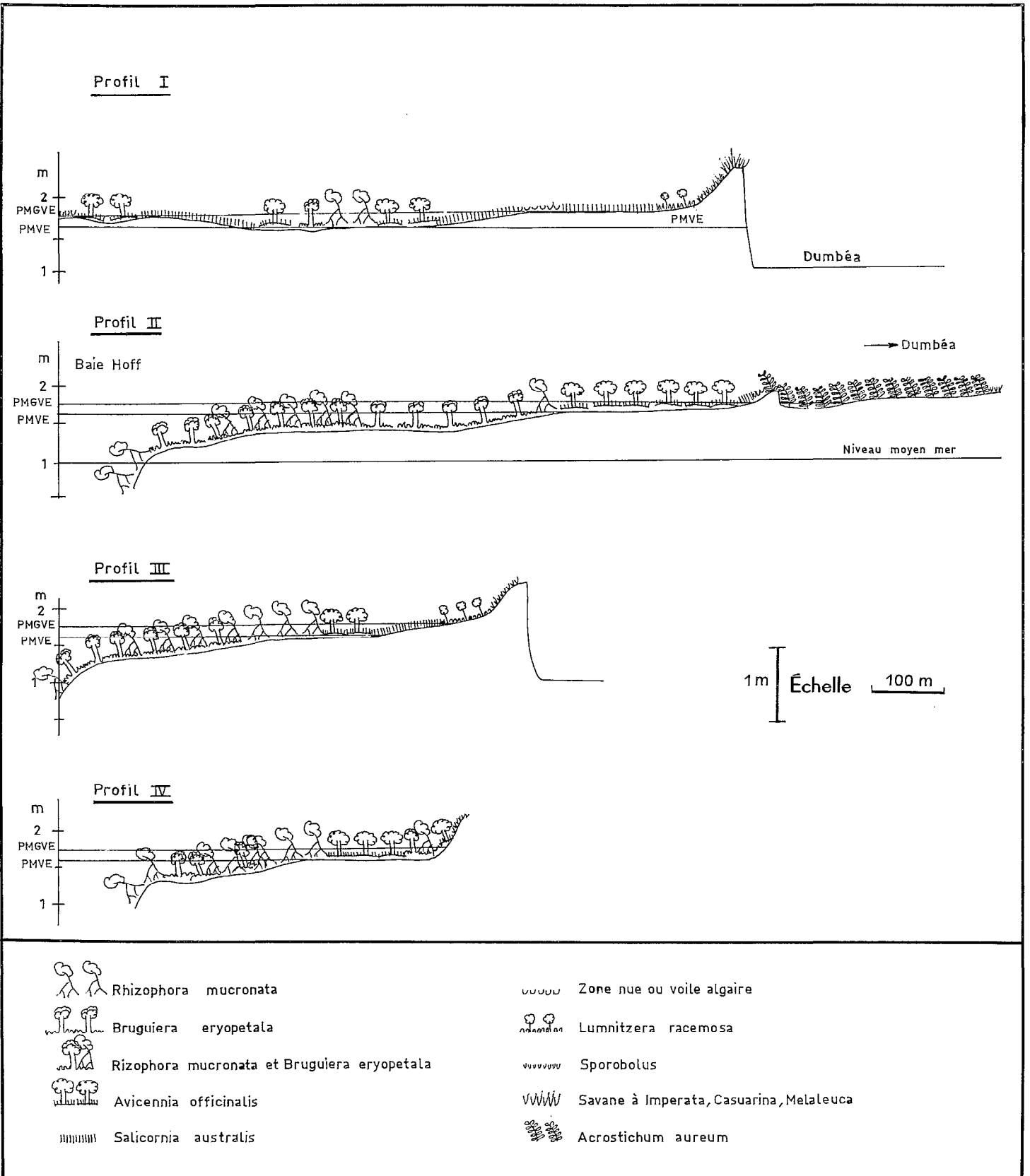


FIG. 1. — Profils cotés entre la baie Hoff et la Dumbéa (voir localisation des profils sur figure 4).

périodes d'immersion et d'émersion et mettent la zonation en relation avec la fréquence des inondations (CHAPMAN 1944 ; WATSON 1928 ; GUILCHER 1954 ; GLEDHILL 1963, DÉRIJARD 1965).

*Mode d'action du niveau de l'eau sur la zonation.*

*Influence sur l'installation des plantules.* L'installation des plantules dépend du niveau de l'eau. Lorsque l'immersion dans l'eau de mer est trop longue, les plantules d'*Avicennia* auraient un métabolisme trop réduit pour se développer (CHAPMAN 1964). Par contre, les plantules de *Rhizophora mangle* seraient capables de respirer même dans l'eau de mer. D'autre part, les plantules d'*Avicennia* sont de petites sphères qui doivent reposer sur le sol pour prendre racine, ce qui implique une lame d'eau extrêmement mince ; au contraire, il est classique de signaler la forme en cigare des plantules des Rhizophoracées, forme qui leur permettrait de prendre racine même en présence d'une lame d'eau de l'ordre de 20 cm, pour une plantule de 46 cm de long (LA RUE et MUZIK 1934). Les premières feuilles ne peuvent supporter une longue immersion sous peine de ne plus assurer une photosynthèse suffisante, par suite du manque d'oxygène et du trop faible éclaircissement aussi bien sous l'eau qu'après l'émersion, en raison des dépôts de vase qui salissent les feuilles et arrêtent la lumière.

Tout ceci converge pour indiquer que la morphologie et la physiologie des plantules d'*Avicennia* les prédispose à s'installer en des points où l'eau est très peu profonde et s'il y a des marées, au point le plus haut atteint par elles, alors que les plantules de *Rhizophora* peuvent s'accommoder d'une certaine profondeur.

*Influence du niveau de l'eau sur la physiologie des plantes adultes.* Le niveau de l'eau a une action directe sur la physiologie des palétuviers. Le sol des mangroves est à la fois très riche en matière organique et constamment ou presque, saturé d'eau. La teneur en oxygène y est nulle et l'aération des racines implique une adaptation particulière de la part des arbres, adaptation qui est réalisée de deux façons : par des pneumatophores chez *Avicennia*, *Lumnitzera* et *Bruguiera* et par des ostioles aérifères dans les racines même chez *Rhizophora*. Ainsi, *Rhizophora*, par ses hautes racines dotées d'ostioles aérifères supporte une immersion à bonne hauteur. De même, les *Avicennia*, grâce à leurs pneumatophores peuvent supporter une immersion permanente dans une eau stagnante où la matière en décomposition entretient des conditions réductrices, mais il faut que la profondeur soit assez faible pour ne pas immerger complètement les pneumatophores.

On voit ici apparaître l'interaction possible entre l'aération du sol, le drainage et le niveau de l'eau lui-même, interaction déjà soulignée par DAVIS (1940). Nous admettons que le niveau de l'eau est la cause première des deux autres phénomènes.

*Relations observées entre les mangroves et le niveau de la mer, en l'absence de marées.*

Nous avons vu qu'il existe en l'absence de marées, en Floride, une relation entre les espèces végétales de la mangrove et la profondeur de l'eau, bien que les marées soient pratiquement nulles. Selon DAVIS (1940), les *Rhizophora mangle* pionniers seraient dans l'ensemble caractérisés par une profondeur d'eau de 0,40 m, les *Rhizophora* mûrs par une profondeur de 0,25 m, les *Avicennia nitida* bien développés par 0,15 m et les *Avicennia* de sol sursalé, arbustifs, par l'absence d'eau superficielle, la nappe phréatique se trouvant à 7,5 cm sous la surface.

*Relations entre les mangroves et le niveau de la mer, en présence de marées.*

*Recherche des niveaux occupés préférentiellement par les espèces végétales dans le delta de la Dumbéa.* A partir des données d'un nivellement plus précis que le centimètre\*, nous avons étudié statistiquement la répartition de chacune des espèces végétales les plus répandues en fonction du niveau

\* Je tiens à remercier M.M. FANUEL et DURAND ingénieurs au BCEOM, pour leur aide très précieuse.



du sol. Chacune de ces espèces a fait l'objet d'une courbe donnant le pourcentage cumulatif du terrain occupé par elle en fonction de la hauteur, depuis la cote la plus basse jusqu'à la plus élevée. Les effets des irrégularités du sol ont été corrigés grâce à un abaque constitué par une courbe cumulative des niveaux des profils. Ainsi corrigées, les courbes cumulatives ont été dérivées graphiquement pour établir des courbes de fréquence d'occupation en fonction des hauteurs.

Les courbes de fréquence, par leurs modes, mettent en évidence des hauteurs optimales caractéristiques pour chaque espèce. Le mode est à 1,72 m au-dessus du zéro des cartes marines (plus basses mers théoriques) pour *Salicornia*. Il est à 1,60 m pour *Avicennia*. Les courbes de fréquence de *Rhizophora* et *Bruguiera* ont des maximums dédoublés qui traduisent vraisemblablement un phénomène de compétition entre ces espèces. *Rhizophora* présente la bande de peuplement la plus étalée, avec un premier maximum à 0,70 m et un second à 1,34 m, séparés par ceux de *Bruguiera*. En l'absence de cette espèce, il semble que l'optimum occuperait une position intermédiaire, vers 1 mètre, ce qui est confirmé par la vigueur extrême des sujets croissant à ce niveau. *Bruguiera* présente également deux maximums de fréquence qui sont situés à 1,00 m et 1,28 m.

Le croquis de la figure 1 montre les relations entre la topographie et les positions occupées par les espèces végétales.

Les schémas (fig. n° 3 et 4) montrent que dans les marais que nous avons étudiés, il existe une liaison très nette entre les hauteurs caractéristiques des marées et les niveaux optimums de croissance des espèces. L'optimum de *Salicornia australis* se trouve très exactement au niveau des hautes mers supérieures de grande vive-eau, à 1,72 m. L'optimum des *Avicennia* coïncide exactement avec le niveau des hautes mers supérieures de vive-eau à 1,60 m et leur domaine atteint la limite des hautes mers supérieures de grande vive-eau.

Pour *Bruguiera* et *Rhizophora*, le dédoublement des optimums rend plus délicate l'interprétation. On peut noter que *Bruguiera* présente ses deux maximums entre les hautes mers de grande morte-eau et les hautes mers de morte-eau. C'est une espèce qui semble être favorisée par un battement de marée tous les jours. Elle craint la sécheresse des niveaux supérieurs mais peut cependant y prospérer, si un apport d'eau douce compense la rareté des marées. Le seuil inférieur de présence est très tranché et semble dû à une limite de résistance à l'immersion.

La limite inférieure de développement des *Rhizophora* semble assez délicate à mettre en relation avec une hauteur caractéristique des marées. A Tuléar, DERIJARD (1965) la situe à 20 cm au-dessus du niveau des hautes mers de grande morte-eau ; au Brésil, GERLACH (1953) la situe au niveau des hautes mers de grande morte-eau. A Nouméa, nous l'observons au niveau des basses mers inférieures de morte-eau. Il n'y a guère coïncidence entre ces observations. Par contre, si l'on considère que l'espèce colonisatrice des bords de l'eau libre est *Rhizophora mucronata* à Nouméa comme à Tuléar, il n'est pas indifférent de noter que dans les deux localités, la limite inférieure de développement se situe à 1,10 m au-dessous du niveau des pleines mers de grande vive-eau. La limite inférieure de développement de *Rhizophora mucronata* pourrait n'être due qu'à un caractère propre de l'espèce, sa limite de tolérance à l'immersion (à l'état adulte ou même de plantule).

L'optimum supérieur de *Rhizophora* se situe à 1,34 m, c'est-à-dire tout près de celui de *Bruguiera* (à 1,28 m), la limite entre les deux étant au niveau précis des pleines mers supérieures de morte-eau. *Rhizophora* supporte donc très bien les émergences prolongées, puisque son optimum supérieur indique qu'il peut rester longtemps émergé en morte-eau sans en souffrir.

Dans les mangroves internes, *Rhizophora* doit résister à des émergences plus prolongées encore puisqu'on en trouve des peuplements purs entre 1,45 m et 1,55 m, tout près de la limite supérieure des marées de vive-eau. Mais alors les individus souffrent quelque peu.

### Conclusion

Le niveau de l'eau de mer et particulièrement les marées ont une influence très grande sur la zonation des végétaux des mangroves.

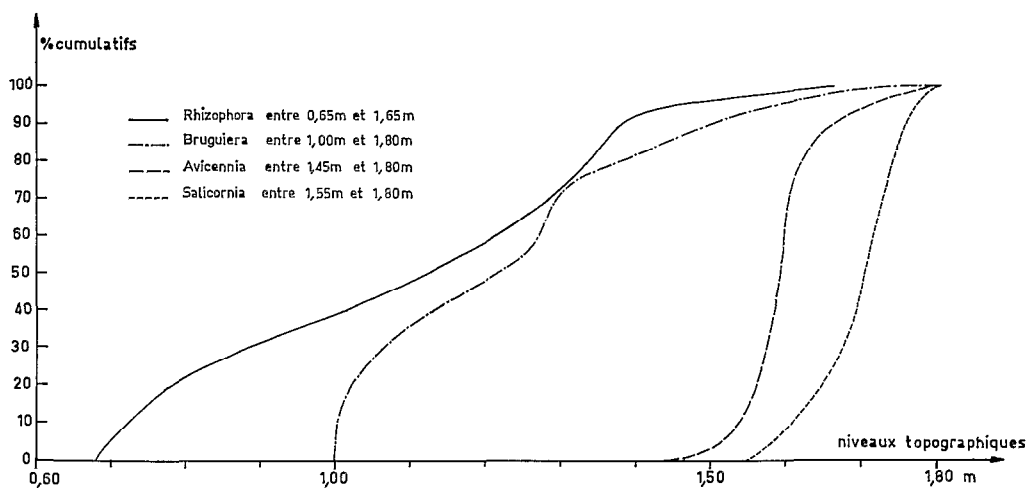


FIG. 2. — Courbes cumulatives donnant la proportion de terrain occupée par des palétuviers de chaque espèce à partir du niveau le plus bas où ils apparaissent, jusqu'au niveau le plus élevé.

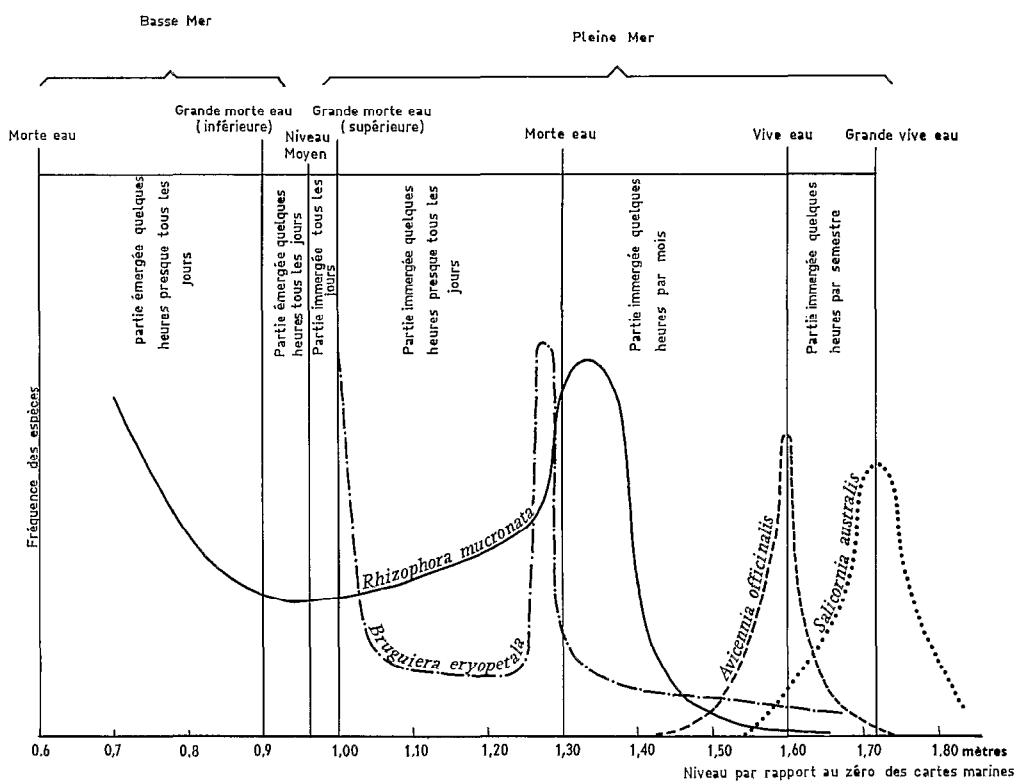


FIG. 3. — Courbes représentant la fréquence selon laquelle chaque espèce de palétuvier occupe un niveau topographique donné.

— Rapports entre ces courbes de fréquence et les hauteurs caractéristiques des marées (hauteur de la marée supérieure pour les hautes mers et de la marée inférieure pour les basses mers).

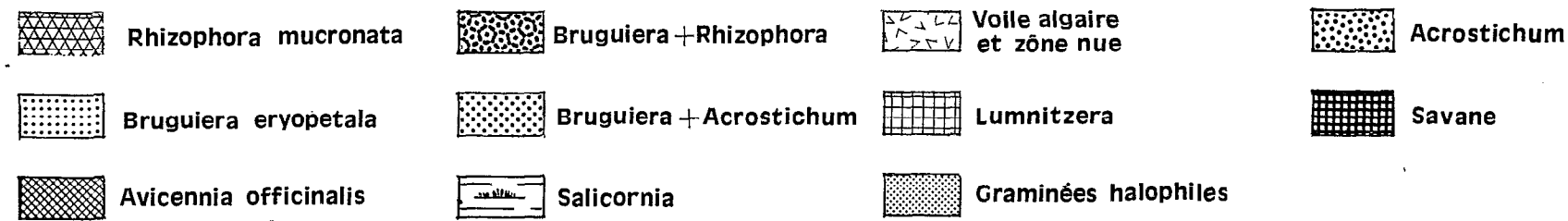
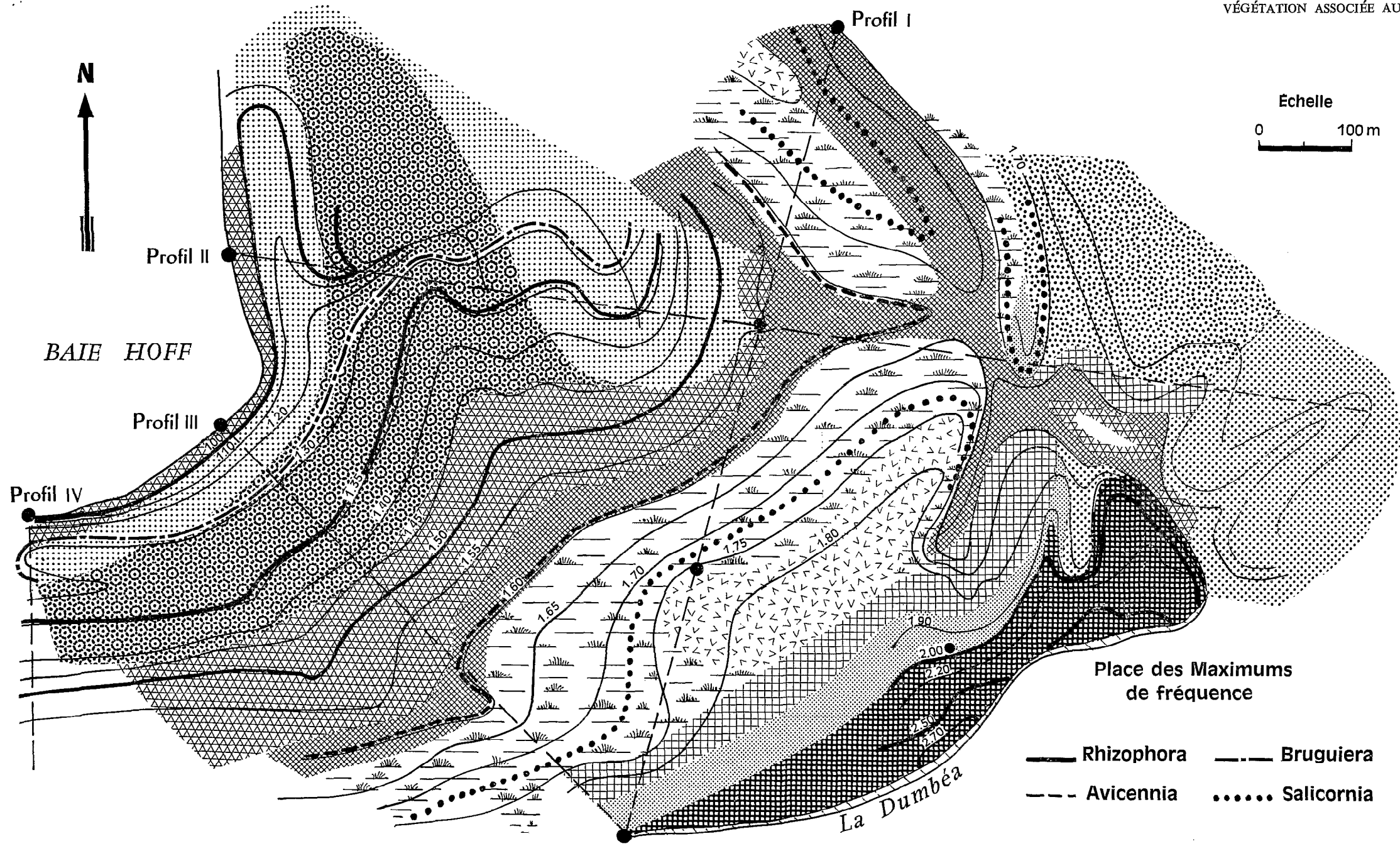


FIG. 4. — Détail de la carte 4 montrant les rapports entre les formations végétales et la microtopographie, avec indication des niveaux où apparaissent les maximums de fréquence.

Les coïncidences sont remarquables entre les niveaux où apparaissent les maximums de fréquence des diverses espèces et les hauteurs caractéristiques des marées.

Le niveau de l'eau lui-même peut être une explication suffisante dans bien des cas, étant donné son influence sélective sur l'installation des plantules et sur la physiologie des plantes adultes. Son rôle est particulièrement net dans le cas des seuils inférieurs d'apparition de *Bruguiera* et *Rhizophora*. *Rhizophora* semble ne pas pouvoir supporter une immersion supérieure à 1,10 m lors des hautes mers de grande vive-eau.

Cependant, bien des anomalies montrent que d'autres facteurs peuvent jouer un rôle sans qu'il soit facile de déceler si ce rôle est plus décisif que celui du niveau de la mer ou que celui des marées.

#### *Influence de la salinité sur la zonation*

Il est tout particulièrement difficile de séparer l'influence des marées de l'influence du sel, étant donné le parallélisme étroit qui existe entre les variations de ces données.

##### *Facteurs influant sur la salinité*

*Les marées.* La salinité résulte évidemment des conditions impliquées par le régime des marées.

Dans les régions quotidiennement soumises à la marée, les courants réalisent un brassage des eaux qui rend homogène les salinités, empêche la sursalure même dans les baies fermées et permet le maintien d'espèces peu tolérantes aux sels.

La sursalure ne peut avoir lieu qu'en des régions situées suffisamment au-dessus du niveau des hautes mers moyennes.

*L'évaporation.* Les marées par leurs hauteurs caractéristiques déterminent des régions qui sont d'autant plus fréquemment émergées qu'elles sont plus proches du niveau des hautes mers de grande vive-eau. Or nous avons vu que les peuplements végétaux étaient en grande partie tributaires de ces hauteurs. Ainsi dans les mangroves de baies, sous le climat relativement aride de la côte ouest de la Nouvelle Calédonie, un gradient de salinité croissant de la mer vers la terre et de bas en haut peut être constaté (BALTZER 1965). L'évaporation favorisée par les températures élevées, les vents assez forts et la faible pluviosité s'exerce sur des schorres émergés dont elle concentre la nappe phréatique d'eau de mer. La végétation de mangrove réagit à cette concentration. La lisière terrestre du marais est dessalée par les eaux de ruissellement et par la nappe phréatique d'eau douce.

*Les apports d'eau douce.* Dans les marais de delta, le schéma est plus complet en raison de l'abondance plus grande des apports phréatiques d'eau douce. L'eau interstitielle présente, comme dans les baies, un gradient de salinité croissante de la mer vers la terre. Mais après un maximum qui s'observe dans les schorres à *Salicornia* et à *Cyanophycées*, il s'y ajoute un gradient de salinité décroissante sous l'influence des nappes d'eau douce apportées par le fleuve. Ces régions au gradient de salinité décroissante constituent l'arrière mangrove de notre étude.

Lors des crues, les eaux superficielles passent brutalement à des salinités très réduites, mais les eaux interstitielles sont très lentement influencées et leur salinité acquiert une valeur moyenne qui seule influence la zonation végétale.

#### *L'influence de la salinité sur la croissance des végétaux.*

Il existe encore très peu de faits expérimentaux concernant l'influence de la salinité sur la croissance palétuviers. Les expériences ont en général porté sur le développement de plantules en milieu dessalé, mais non sur la résistance des plantes adultes à des salinités de plus en plus grandes. Il est vraisemblable que la salinité peut influencer sur la respiration et la photosynthèse des palétuviers adultes. Nous avons déjà signalé que cette influence est certaine sur les plantules d'*Avicennia* qui voient leur métabolisme tomber gravement lors d'un séjour trop prolongé dans l'eau de mer (CHAPMAN 1964).

La carte des formations végétales permet de déterminer des types de peuplement et de constater que sans être confinés dans des intervalles étroits de salinité, ils sont cependant caractérisés par des valeurs médianes définies. L'examen de la carte montre que les espèces de palétuviers les plus fréquentes dans le delta de la Dumbéa s'accommodent toutes les trois des conditions de salinité qui existent à l'embouchure, c'est-à-dire de la salinité régnant dans des sols immergés sous l'eau de mer pure. En amont, sur les berges de la rivière et de ses chenaux, seuls demeurent *Rhizophora* et *Bruguiera*, même dans de l'eau sensiblement douce, à la limite des marais non salés. *Rhizophora* semble pouvoir utiliser la salinité supérieure du fond des chenaux et de la rivière pour coloniser les berges vers l'amont, mais il ne va pas aussi loin dans cette direction que *Bruguiera*.

Dans les dépressions latérales, on constate que *Bruguiera* souffre et disparaît dès que la salinité dépasse beaucoup celle de l'eau de mer alors que *Rhizophora*, en peuplements grêles, supporte des salinités nettement plus élevées. *Avicennia* est encore plus tolérant à la salinité et seules parmi les plantes supérieures les *Salicornia* supportent davantage de sel. Plus en amont, dès que les apports d'eau douce l'emportent sur l'évaporation, un nouveau type de végétation apparaît avec *Lumnitzera racemosa* et des plaines à *Acrostichum* et *Cypéracées*. Plus en amont encore, l'eau est suffisamment douce pour que s'installent *Melaleuca*, *Typha*, ou *Pycneus* selon la profondeur moyenne de l'eau inondant les marécages.

On peut tirer quelques conclusions au simple examen de la carte (h. texte) :

— il existe une espèce peu tolérante au sel, *Bruguiera* qui croît sur les platiers vaseux périodiquement inondés par de l'eau de mer, mais disparaît dès que la salinité devient nettement plus forte. Cette espèce est par contre peu exigeante en sel. C'est la seule que l'on puisse observer en amont, dans des marais très peu saumâtres, voire d'eau douce.

— il existe une espèce assez résistante à la salinité, mais susceptible de se contenter d'eau très peu salée : *Rhizophora mucronata*. On observe classiquement des peuplements à *Rhizophora* dans les mangroves internes, de plus en plus grêles et petits sous l'effet de la salinité croissante.

— il existe une espèce apparemment exigeante en sel, *Avicennia officinalis* qui ne s'observe en arrière-mangrove que dans les régions assez fortement salées et semble ne pas pouvoir se développer si la salinité est très inférieure à celle de l'eau de mer. Par contre, cette espèce parvient à subsister même en présence de salinités élevées, dans les mangroves internes, à la limite des bancs sursalés à *Salicornia*.

— l'espèce *Lumnitzera racemosa* semble peu exigeante en matière de salinité et semble tolérer à la fois une salinité supérieure et inférieure à celles qui conviennent à *Avicennia*.

— les plantes de l'espèce *Salicornia australis* s'accommodent des schorres les plus salés, dont elles ne peuvent traverser de racines que la partie tout à fait supérieure.

— les algues *Cyanophycées* sont très résistantes à la salinité et forment un voile algaire sur les sols abandonnés par tous les autres types de végétation.

Ces observations sont en accord avec les observations de DAVIS en Floride (1940) et nos propres observations sur d'autres marais côtiers de Nouvelle Calédonie (BALTZER 1965).

### *L'érosion et les atterrissements*

#### *Facteurs régissant l'érosion et les atterrissements*

Le clapot met en suspension les particules sédimentaires et si la configuration lui permet de former un courant de vagues ou s'il est accompagné d'un courant de marée, le transport et l'érosion peuvent être importants.

En temps d'étiage, les transports par la Dumbéa sont extrêmement faibles. Lors des crues, les transports sédimentaires deviennent plus abondants et l'eau qui déborde par dessus les levées apporte des dépôts fins dans les dépressions latérales. Les dépôts grossiers suivent le fond du fleuve et participent vers l'aval à la construction de nouvelles levées de bancs sablo-vaseux.

### *Influence de l'érosion sur la zonation*

*Érosion sur rives.* Les palétuviers sont inégalement sensibles aux effets de l'érosion par les courants, par les vagues ou par le clapot. Paradoxalement *Rhizophora* est assez sensible aux effets de l'érosion, alors que son rôle de pionnier des atterrissements ferait supposer l'inverse. Sur la côte nord-ouest de la baie Hoff et son prolongement sud, la mangrove externe à *Rhizophora* est interrompue en de nombreux points. Ces manques dans le rideau de *Rhizophora* correspondent à des avancées très légères de la côte, qui est ainsi soumise à une érosion plus active de la part du clapot (d'autant plus fort que cette côte est exposée au vent dominant). Aux endroits où l'érosion est encore plus active, par action conjointe du courant et du clapot sur des caps rocheux avancés (côte sud-est), l'érosion peut supprimer toute mangrove.

Le courant engendré par la marée dans un chenal étroit peut également être en mesure d'interrompre les peuplements en rideau de *Rhizophora*. Sur les portions de côte les plus exposées au courant des crues de la Dumbéa, le rideau peut être complètement supprimé et *Bruguiera* reste seul comme par exemple le long de la rive droite, sur la berge de la levée est-ouest. L'érosion peut être assez intense pour déchausser *Bruguiera*. On peut alors apprécier l'importance du système racinaire avec les hauts pneumatophores, dont la partie inférieure est normalement enfouie dans la vase et qui font office de contreforts. Dépassant normalement de 0,10 m environ le sol, ils peuvent être dégagés de 0,60 à 0,70 m alors que l'arbre demeure solidement en place. *Bruguiera* se révèle ainsi comme une espèce particulièrement résistante à l'érosion, capable de protéger efficacement les côtes sur lesquelles elle s'installe. Photos 13 et 15.

*Avicennia* est rarement exposé à la mer sur l'estuaire de la Dumbéa, ou bien alors il est strictement cantonné dans les régions d'atterrissements actifs ou de stabilité. En cas de changement de régime sédimentologique, l'érosion a tôt fait de dégager son système racinaire rayonnant et d'en exposer à l'air les pneumatophores dressés verticalement et les fines radicules. Dans les mangroves internes recoupées par des méandres de chenaux, la protection par *Avicennia* est pratiquement inefficace.

*Érosion sur banquettes de vase.* En période de crue de la rivière, les débordements produisent des courants d'une certaine violence qui peuvent s'attaquer à la mangrove par l'arrière. Les régions soumises à de tels courants sont érodées en nappe et un sillon de grande largeur peut apparaître ou la zonation sera modifiée par les nouvelles hauteurs. L'enlèvement de toute pellicule vaseuse superficielle sous l'action de l'érosion par les vagues semble pouvoir détruire la mangrove à *Rhizophora* et même à *Bruguiera* dans les parties exposées des banquettes, comme par exemple à l'extrémité des mangroves au point de jonction de la Dumbéa avec la baie Hoff.

*Chenal d'érosion.* Vers son premier quart, la levée naturelle est-ouest est interrompue. Cette trouée se prolonge par un petit étang assez profond (2 m environ), étroit (10 m de large) et allongé (100 m de long). L'étang est entouré d'une double ceinture de *Rhizophora* vers l'intérieur et *Avicennia* vers l'extérieur et séparé de la plaine à *Acrostichum* et *Cypéracées* par une bande de *Lumnitzera*. Près de là, la petite région à *Acrostichum* et *Cypéracées* au sud de l'étang, présente une série de mares peu profondes, orientées comme lui, dont le fond est occupé de façon caractéristique, par un ou deux petits *Rhizophora*. Cet étang et ces mares constituent la trace des courants qui prennent naissance lorsqu'une crue de quelque importance permet aux eaux de la rivière de dépasser les levées et de déborder dans les dépressions latérales.

Cet axe privilégié est souligné par la disposition générale des populations végétales, en particulier par la façon dont l'arc des Salicornes est séparé en deux par une ligne d'*Avicennia*, par le rebroussement dessiné par les *Rhizophora* à ce niveau, et enfin, surtout par le pointement très net des *Bruguiera*, vers l'est-sud-est, c'est-à-dire, dans la direction de l'étang.

### *Influence des atterrissements sur la zonation des palétuviers*

Les régions de mangrove où la sédimentation est très active et où les bancs sédimentaires sont encore bas, sont toujours peuplées par *Rhizophora* ce qui vaut à cette espèce d'être considérée comme pionnière des atterrissements nouveaux. Ceci lui est permis aussi bien par ses plantules flottantes qui se déposent aux mêmes endroits que les sédiments que par ses racines qui permettent aux premiers individus ins-

tallés de se propager par voie végétative. Elles vont rejoindre le sol depuis les branches supérieures, et assurent un enracinement toujours renouvelé et adapté au niveau de la mer et même au niveau de la vase, que la sédimentation est susceptible de faire monter assez rapidement. Des plantes à pneumatophores seraient beaucoup moins adaptées à un envasement rapide, la croissance de ces derniers étant limitée. La différence de sédimentation et d'érosion entre les rives concaves et convexes d'un même méandre entraîne une différence dans le peuplement végétal. Les rives convexes des méandres sont fréquemment colonisées par de véritables pépinières de palétuviers diminuant de taille par sauts brusques vers le chenal et mettant ainsi en évidence les générations successives.

Des cas ont été signalés (GLEDHILL 1963) de mangroves à *Avicennia* et *Rhizophora* cédant la place à des marais salés à *Sesuvium* en l'espace de quelques années, sous l'influence des dépôts éoliens élevant le sol de la mangrove. En général *Avicennia officinalis* est considéré comme capable de résister à l'ensablement et même à l'émersion définitive (DÉRIJARD 1965).

### *La température et la luminosité*

#### *Influence de la température*

En général, les mangroves sont considérées comme typiques des régions intertropicales. Cependant, il en existe dans des climats nettement moins chauds, comme en Nouvelle Zélande, dans l'isthme d'Auckland, par 35° de latitude sud. La seule espèce observable est *Avicennia marina* (CHAPMAN et RONALDSON 1958) qui subsiste par un climat tempéré doux comparable à celui d'Angers (PEGUY 1961).

Dans l'hémisphère nord, DAVIS (1940, p. 367) signale des mangroves dans le nord du golfe du Mexique, par 30° de latitude nord. En Floride, les palétuviers meurent lorsque la température de l'air descend au-dessous de -4 °C.

Des mangroves d'estuaire présentant la zonation que nous observons sur l'embouchure de la Dumbéa ont été signalées à Madagascar (DÉRIJARD 1965 ; DURAND 1964 ; LAFOND 1967).

La similitude des espèces rencontrées et des modes de peuplement entre ces régions situées à la même latitude, sur la côte ouest de deux grandes îles de l'hémisphère sud, donne à penser que les facteurs climatiques jouent un grand rôle dans la répartition mondiale des espèces. Mais les travaux de VAN STEENIS (1963), de VAN STEENIS et VAN BALGOOY (1966) et de FOSBERG (1947 et 1960) sur la répartition des mangroves dans le Pacifique montrent que le nombre des espèces de palétuviers décroît considérablement du nord-ouest vers le sud et le sud-est. D'autres facteurs que la température influent donc sur leur répartition à l'échelle mondiale.

#### *Influence de la lumière*

Lorsque des palétuviers s'installent sur un marais salé à *Salicornia*, on constate que ces plantes herbacées disparaissent rapidement sous les arbres et que se constitue le sol vaseux habituel de ce type de mangrove. FOSBERG et CHAPMAN (FOSBERG 1964, avec remarques de CHAPMAN) considèrent que l'influence de la lumière est déterminante dans cette zonation. La grande dimension des arbres de la mangrove, leur permettrait de supporter sans encombre les inondations, alors que les plantes herbacées verraient leur photosynthèse réduite à l'excès. De plus, les palétuviers sont susceptibles de faire ombre aux plantes herbacées des marais salés et de détruire ainsi ces plantes très héliophiles.

Dans les mangroves moyennes, nous avons observé des peuplements de *Bruguiera eryopetala* et des peuplements mixtes à *Bruguiera* et *Rhizophora mucronata*. Les deux espèces ont des domaines proches de résistance à la salinité de l'eau interstitielle et l'adaptation au niveau marin est voisine dans les régions que nous considérons, ce qui explique les peuplements mixtes.

Ces derniers présentent une association de *Rhizophora* normaux ou grands avec des *Bruguiera* de taille réduite, alors que les peuplements purs à *Bruguiera* sont composés d'individus de grande taille. Il semble bien qu'une légère sursalure empêche *Bruguiera* d'atteindre un développement suffisant pour

arrêter beaucoup la lumière aux approches de la mangrove interne à *Rhizophora*. En revanche, *Bruguiera* serait en mesure de prendre son développement arborescent plus près de l'eau libre et ainsi de faire suffisamment d'ombre aux *Rhizophora* pour en empêcher le développement, donnant ainsi un peuplement pur à *Bruguiera*.

## CONCLUSION

Il est classique de distinguer les mangroves littorales situées face à la mer des mangroves d'estuaire ou de fond de baie. Cette distinction semble valable en Nouvelle Calédonie, en particulier pour l'embouchure de la Dumbéa.

Certaines mangroves sont à l'écart de tout cours d'eau. Ce peuvent être des mangroves littorales, parfois réduites à une ou à quelques rangées d'arbres alignées le long de la côte, parfois un peu plus larges. Leur extension dépend essentiellement des conditions hydrodynamiques qui régissent les atterrissements. En général, ces mangroves ne sont pas sursalées car l'eau de mer les baigne régulièrement. Les espèces les plus caractéristiques sont *Rhizophora mucronata* et *Bruguiera eryopetala*, plus rarement *Avicennia*. Les mangroves de certaines baies sont à l'écart de tout cours d'eau permanent. Tout au plus, un ruisseau les atteint par temps de pluie. Les palétuviers s'y développent jusqu'à des niveaux assez élevés pour que la mangrove reste émergée pendant des périodes assez longues et les gradients d'humectation et de salinité y prennent toute leur importance, régissant une zonation très stricte, caractérisée par la succession de *Rhizophora*, *Avicennia*, *Salicornia* et des voiles à *Cyanophycées*.

Parmi les mangroves qui sont en relation avec un estuaire, ou un delta, il en est qui remontent plus ou moins en amont, ce qui peut résulter soit de la pente même du cours d'eau, soit de son débit, soit encore de leur action conjointe. La pente et le fort débit s'opposent à la remontée vers l'amont des solutions salines nécessaires aux palétuviers. Une pente et un débit faibles ou modérés permettront au contraire l'établissement d'un régime de ria, très propice aux palétuviers.

Dans ce milieu fluvio-marin, les mangroves externes et moyennes sont quotidiennement immergées par la marée. Il en résulte que la salinité de l'eau interstitielle, même si elle a pu s'élever au cours d'une partie de la journée sous l'influence de l'évaporation, ou bien être diluée par la pluie, revient toujours à une valeur stable qui convient à *Rhizophora* et *Bruguiera*.

Les mangroves internes peuvent être émergées pendant de longues périodes, pouvant se prolonger de deux semaines à plusieurs mois. La concentration oblique de l'eau interstitielle par évaporation y joue un rôle essentiel qui accentue la zonation de la même façon que dans les mangroves de fond de baie. On voit ainsi de nouveau se succéder, en direction de la terre, *Rhizophora* et *Avicennia*.

Les marais sursalés à *Salicornia* et à *Cyanophycées*, schorres typiques, sont exceptionnellement immergés, par exemple lors de marées de grande vive-eau accompagnées de forte dépression barométrique, ou de coups de vent de direction convenable.

L'arrière-mangrove est une région où la salinité à partir de ces valeurs extrêmes, diminue progressivement jusqu'à l'eau douce. La succession végétale comporte des palétuviers (*Avicennia*, *Lumnitzera*) puis des *Cypéracées* et des fougères halophiles (*Acrostichum aureum*) formant un marais herbacé avec quelques touffes de *Rhizophora* et des *Bruguiera* isolés.

Les marais d'eau douce présentent une flore à *Typha*, *Melaleuca* et *Cypéracées*.

Les réactions caractéristiques de tous ces types de végétation aux variations du milieu donnent un intérêt pratique à leur cartographie. Cette dernière peut se faire par coupes successives, selon le procédé que nous avons indiqué. Elle serait grandement facilitée et beaucoup plus rapide en s'aidant de photographies aériennes au 1/10 000 en couleurs. En l'absence de ces documents, il peut être nécessaire de vérifier le tracé par un levé topographique sur quelques transversales.



La carte des formations végétales ainsi réalisée permet de se faire une idée du niveau du sol et de la fréquence des marées susceptibles de l'inonder. Elle montre l'évolution sédimentologique des régions deltaïques. La nature de l'accompagnement végétal permet de prévoir si un levée est en cours d'accroissement ou d'érosion, ou encore si elle est stable. De la même façon les dépressions marginales proches de la mer portent une végétation qui peut nous renseigner sur leur devenir probable. Ces indications ne sauraient se substituer à une carte géomorphologique du type prôné par TRICART et ses élèves, mais en étend la portée à des régions où l'observation morphologique est rendue fort difficile par la flore elle-même.

La carte, par ses indications sur la salinité, pourrait être un document préliminaire précieux pour les études hydrogéologiques et agronomiques préjudant à l'établissement de polders, par exemple. En sédimentologie, elle permet de prévoir quelles conditions de salinité dominent dans une région donnée, avec toutes les conséquences géochimiques que cela comporte.

Dans un prochain travail, nous nous efforcerons de déterminer quels rapports existent entre les associations végétales, telles que nous les avons définies, et les propriétés physiques et chimiques des sédiments ou des sols qui leur sont associés.

Nouméa, Avril 1968

#### BIBLIOGRAPHIE

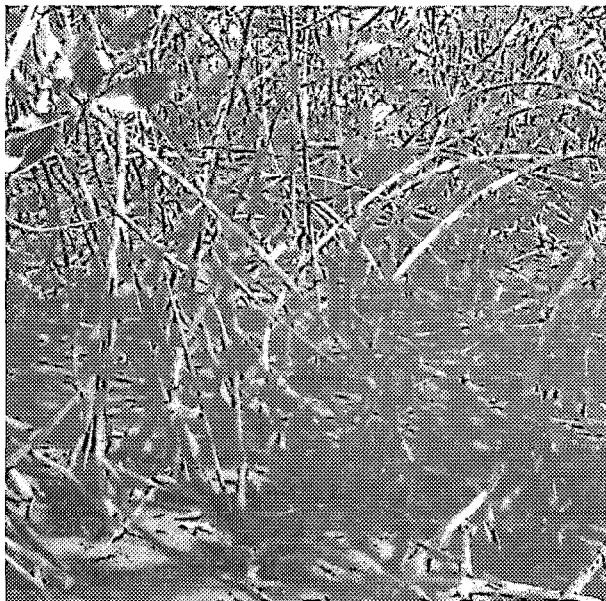
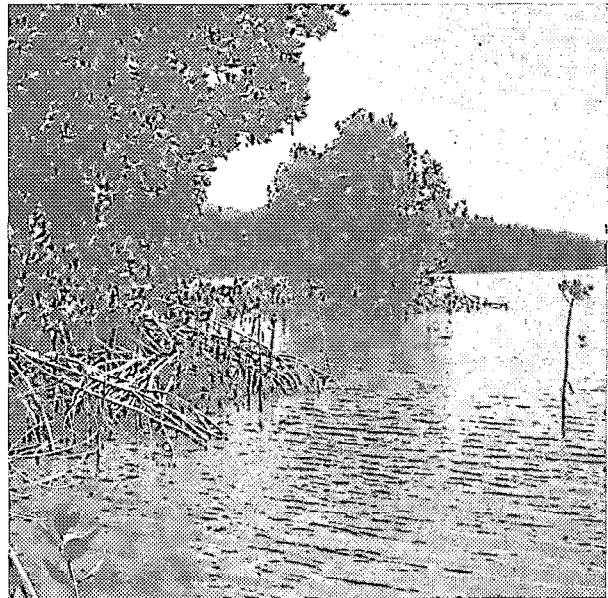
- ABEYWICKRAMA (B.A.), 1964. — The estuarine vegetation of Ceylon. *in* : Les problèmes scientifiques des deltas de la zone tropicale humide et leurs implications. Colloque de Dacca. UNESCO, Paris, pp. 207-209.
- BALTZER (F.), 1965. — Contribution à l'étude sédimentologique du Marais de Mara (Nouvelle Calédonie). Thèse Doct. 3<sup>e</sup> cycle. Spéc. Sédimentol. Paris 1965. S.l.n.d. In 4°, 209 p., fig. graph., tabl., 8 dpl. h. t., bibl. (79 réf.).
- CHAPMAN (V.J.), 1944. — Cambridge University expedition to Jamaica. *J. Linn. Soc. Bot. Lond.*, Vol. 52, pp. 407-533.
- CHAPMAN (V.J.), 1964. — Some factors involved in mangrove establishment. *in* : Les problèmes scientifiques des deltas de la zone tropicale humide et leurs implications. Colloque de Dacca. UNESCO, Paris, pp. 219-224.
- CHAPMAN (V.J.), RONALDSON (J.W.), 1958. — The mangrove and salt marsh flats of the Auckland isthmus. Bull. 125 New Zealand, Dep. Sci. Industr. Res.
- C.O.E.C., 1967. — Marée à Nouméa. *Cah. Océanogr.*, XIX<sup>e</sup> année, n° 1, pp. 60-62.
- DAVIS (J.H., Jr.), 1940. — The ecology and geologic role of mangrove in Florida. Carnegie Inst. Wash. Publ. 517, pp. 303-412.
- DERJIARD (R.), 1965. — Contribution à l'étude du peuplement des sédiments sablo-vaseux, et vaseux intertidaux, compactés ou fixés par la végétation, de la région de Tuléar (Madagascar). *Rec. Trav. Stat. mar. Endoume*. Marseille. Fasc. h. s. suppl. n° 43 in-8°, 94 p. 16 pl. h. t., 15 photos.
- DURAND (J.H.), 1964. — La mise en valeur des mangroves de la côte N.W. de Madagascar. Bull. AFES Versailles 1964, 5, pp. 200-206, bibl. (7 réf.).
- FOSBERG (F.R.), 1947. — Micronesian Mangroves, *Journ. New York bot. garden*, Vol. 48, pp. 128-138.
- FOSBERG (F.R.), 1960. — Vegetation of Micronesia, *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.*, Vol. 119, art. I.
- FOSBERG (F.R.), 1964. — Vegetation as a geological agent in tropical deltas. *in* : Les problèmes scientifiques des deltas de la zone tropicale humide et leurs implications. Colloque de Dacca. UNESCO, Paris, pp. 227-233.
- GERLACH (S.A.), 1958. — Die Mangroveregion tropischer Küsten als Lebensraum. *Z. Morph. u. Okol.* Bd 46, S.p. 636-730.
- GIGLIOLI (M.E.C.) THORNTON (I.), 1965. — The mangrove swamps of Keneba, lower Gambia river basin. I. Descriptive notes on the climate, the mangrove swamps and the physical composition of their soils. *J. appl. Ecol.* G.B., 2, n° 1, pp. 81-103, cartes, fig. graph., tabl., 1 pl. h. t., bibl. (48 réf.).

- GIOVANNELLI (J.), 1953. — Le climat de la Nouvelle Calédonie. Imprimeries Réunies. Nouméa, Nouvelle Calédonie. in-8°. 57 p. 4 dpl. h. t., fig., graph., tabl.
- GLEDHILL (D.), 1963. — The Ecology of the Aberdeen creek Mangrove swamp *J. Ecol.* G.B., 51, n° 3, pp. 693-703.
- GUILCHER (A.), 1954. — Morphologie littorale et sous-marine. « Orbis ». Introduction aux études de Géographie. PUF. Paris, 210 p.
- LAFOND (L.R.), 1967. — Etudes littorales et estuariennes en zone intertropicale humide. Thèse Sc. Orsay. 3 vol. 836 p. 270 fig., h. t., bibl. 41 p.
- LA RUE (D.C.), MUZIK (T.T.), 1934. — Growth, regeneration and precocious rooting in *Rhizophora mangle*. *Pap. Mich. Acad. Sci. Arts et Lett.*, vol. 39, pp. 9-29.
- LA RUE (D.C.), THOMAS (J.M.), 1951. — Does the mangrove really plants its seedlings. *Science*, 114, pp. 661-2.
- PEGUY (C.P.), 1961. — Précis de climatologie. Masson. Paris, 345 p.
- TRICART (J.), 1964. — La place de la géomorphologie dans l'étude de la mise en valeur des deltas tropicaux. *in* : Les problèmes scientifiques des deltas de la zone tropicale humide et leurs implications. Acte du Colloque de Dacca. UNESCO, Paris, pp. 15-22.
- VAN STEENIS (C.G.G.J.), 1963. — Pacific Plant areas. Vol. 1. Bureau of Printing Manille, in-4°. 297 p. (nombreuses cartes).
- VAN STEENIS (C.G.G.J.), VAN BALGOOY (M.M.J.), 1966. — *Blumea*, supplement n° 5, Pacific Plant areas 2.
- VAUGHAN (T.W.), 1909. — The geologic work of mangroves in Southern Florida. *Smithsonian Misc. Coll.* 52, pp. 461-466.
- VERSTAPPEN (H.T.), 1964. — The use of aerial photographs in delta studies. *in* : Les problèmes scientifiques des deltas de la zone tropicale humide et leurs implications. Colloque de Dacca. 1964, pp. 29-33.
- VU VAN CUONG (H.), 1964. — Flore et végétation de la mangrove de la région de Saigon-Cap Saint-Jacques, Sud Viet-Nam. Thèse Doct., 3<sup>e</sup> Cycle, spéc. Sci. Biol. Paris 1964, S. l. n. d. in-4°, 199 p., multigr., fig. tabl., 2 pl. h. t. bibl. (13 p)
- WATSON (J.G.), 1928. — Mangrove forest of the Malay Peninsula. *Malayan Forest Records*, n° 6, pp. 1-275.



1. — Chenal de marée bordé de *Rhizophora*, dans une mangrove moyenne.

2. — Mangrove externe à *Rhizophora* en bordure de la baie Hoff (côte sud).



3. — Mangrove interne à *Rhizophora*. Noter le sol relativement sec et les rameaux grêles dont beaucoup sont morts.

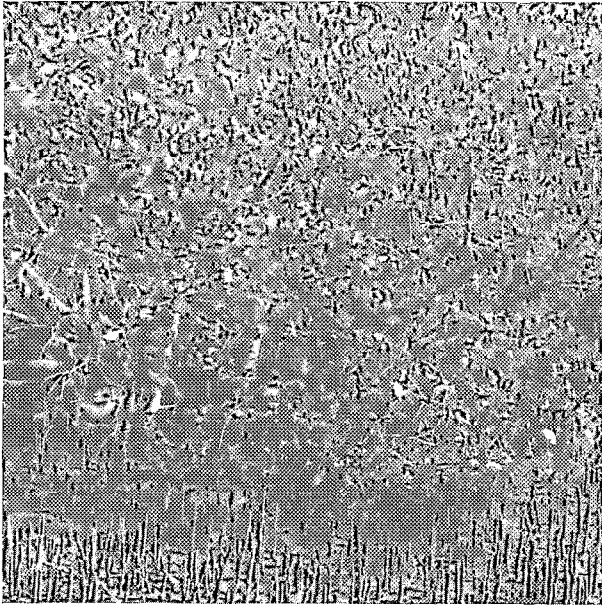


4. — Mangrove moyenne à *Bruguiera* seul.  
 Au premier plan, pneumatophores dépassant le sol de la mangrove d'une dizaine de centimètres.

5. — Mangrove moyenne à *Bruguiera* seul. Plantation serrée.

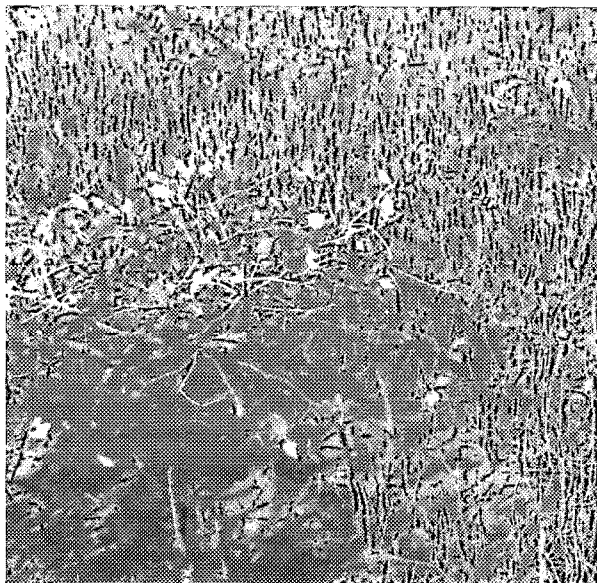
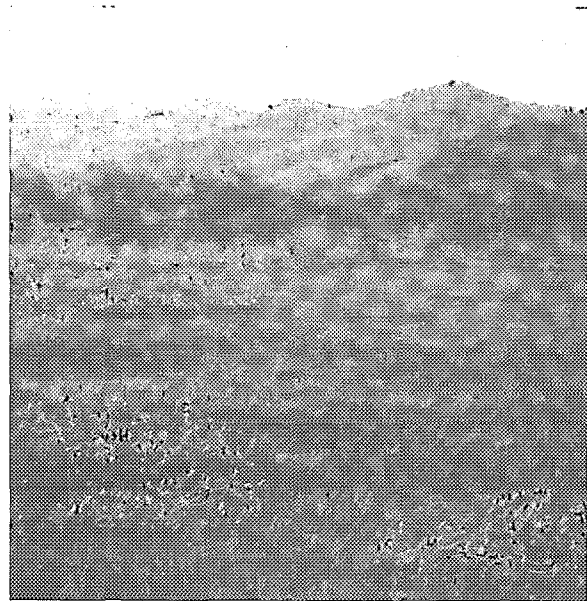


6. — Mangrove moyenne à *Rhizophora* et *Bruguiera* en concurrence. Noter la taille des sujets. Un *Bruguiera* mort de vieillesse est remplacée par des jeunes.



7. — Mangrove interne arbustive à *Avicennia*. Au premier plan, les pneumatophores.

8. — Limite entre le marais salé à *Salicornia* (au premier plan) et la mangrove interne à *Avicennia*. A l'arrière plan, les collines d'une barre de rhyolite.



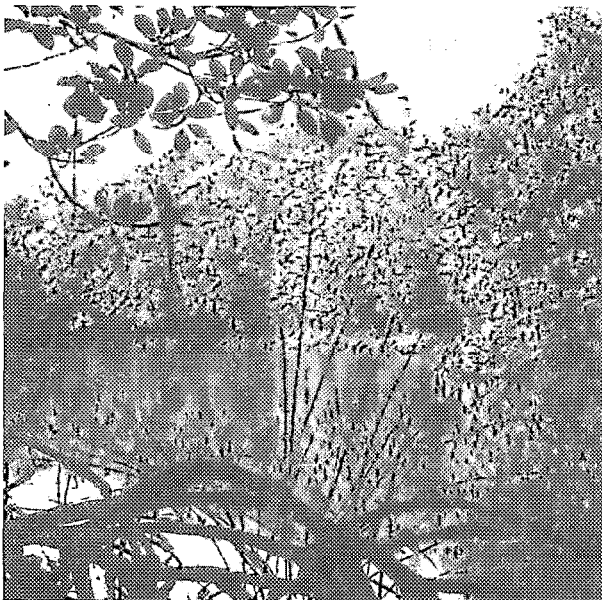
9. — Concurrence entre *Avicennia* et *Salicornia*. Au pied de ce tout jeune *Avicennia*, *Salicornia* est éliminé.





10. — Limite entre levée sédimentaire et dépression latérale. Au 1<sup>er</sup> plan à gauche, *Lumnitzera* qui est séparé de *Casuarina* (à droite) par une bande à *Sporobolus*.

11. — Végétation de levée sédimentaire (*Imperata*, *Casuarina*, *Melaleuca*).

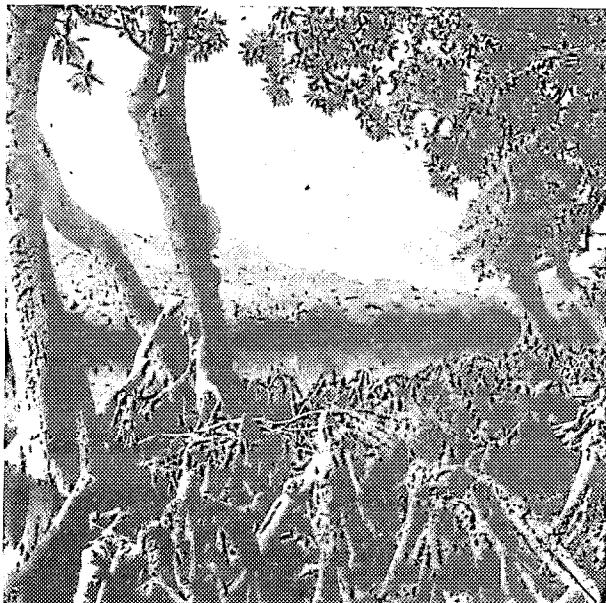


12. — Végétation d'un étang allongé occupant un sillon entre les rides d'une levée sédimentaire. (*Rhizophora*, *Bruguiera*, *Cyperacées*).



13. — *Bruguiera* en bordure de levée sédimentaire, côté rivière. Noter les pneumatophores déchaussés au cours du cyclone Brenda (Janvier 1968).

14. — Végétation de bordure de levée sédimentaire, côté rivière. Au premier plan, quelques pneumatophores de *Bruguiera* dans leur état normal, non érodés. Au second plan, fougères *Acrostichum*.



15. — Détail d'érosion des pneumatophores de *Bruguiera*, à marée basse. Bien que le sol ait été emporté sur 60 centimètres d'épaisseur par une crue exceptionnelle, les arbres résistent.