

RECHERCHES SUR LA GENESE ET L'EVOLUTION DES

SOLS DE MANGROVES ET DE TANNES

DU SENEGAL

J. VIEILLEFON Centre de DAKAR

—oooOOooo—

# E R R A T A

Pages	Lignes	
1	12	pH au lieu de pli
3	16	attribue
6	16	Ziguinchor
8	10	pH au lieu de pli
11	3	sédiments
	25	donnent
12	10	oxydants
14	16	ajouter une virgule après disparu
20	16	Adansonia
23	10	remplacer V 53 par N° 3
	24	ajouter "fentes" après nombreuses
24	9	remplacer V 51 par N° 1
	10	- V 52 - N° 2
25	dernière	- V 51 - N° 1
29	10	Echinochloa
31	20	supprimer (2)
36	10	adsorbés
41	4	physico-chimiques
	14	limnigraphie

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

Les sols de mangroves tropicales ont déjà fait l'objet de nombreuses études, mais les chercheurs se sont particulièrement penchés sur les problèmes des caractères acquis au cours de l'assainissement et de la construction de polders, le but principal de ces opérations étant l'extension des surfaces utilisables pour la riziculture.

Parmi les régions où ont été entreprises ces études il convient de citer la Gambie, la Sierra Leone, le Nigéria, la Floride, les Guyanes, la Malaisie, le Vietnam, ainsi que le Sénégal, la Guinée, la Guyane Française et Madagascar dans le domaine géographique d'activité de l'O.R.S.T.O.M.

La plus forte contribution à ces études vient des chercheurs de la station de Rokupr en Sierra Leone, de 1954 à 1962, parmi lesquels il faut mentionner T.E. TOMLINSON, M.G.R. HART, J.W.O. JEFFERY et P.R. HESSE.

Ces auteurs ont mis en évidence les modifications du pli et d'un certain nombre de caractères chimiques provoqués par le drainage et la dessication de ces sols et ont observé que ces modifications n'avaient pas la même amplitude suivant les sols et les types de végétation les couvrant à l'origine.

Au Sénégal même, où quelques sols d'anciennes mangroves ont été prospectés par R. MAIGNIEN, dans un but plus précisément agronomique, une société néerlandaise (ILACO), a construit un polder dans une zone de mangrove de la région de la Casamance, dans le but de rechercher des techniques d'assainissement facilement réalisable par les cultivateurs locaux.

Bien que susceptibles d'apporter de nombreux renseignements sur les sols et la manière de les traiter, ces travaux basés à priori sur l'aménagement et en particulier sur l'amélioration du drainage ont en commun les défauts d'être empiriques, aléatoires et onéreux.

Il nous a paru plus logique de tenter une étude plus fine de ces sols, en

insistant sur leur genèse et leur comportement dans le milieu naturel, afin de dégager les différentes phases de leur évolution, et ainsi mieux connaître les facteurs sur lesquels nous pourrions agir avec le minimum d'aléas.

### DEFINITIONS

Les mangroves sont des formations végétales arborées spécifiques des régions littorales à climat équatorial ou tropical humide ; elles peuvent cependant subsister à l'état de "reliques" en région plus sèche, tropicale sèche ou même semi-aride, attestant là un changement climatique récent.

Les régions à mangroves sont caractérisées par d'importants balancements de marées, permettant une alternance de submersion et de drainage, mais également par une certaine protection de la houle, permettant le dépôt des sédiments et l'installation de la végétation.

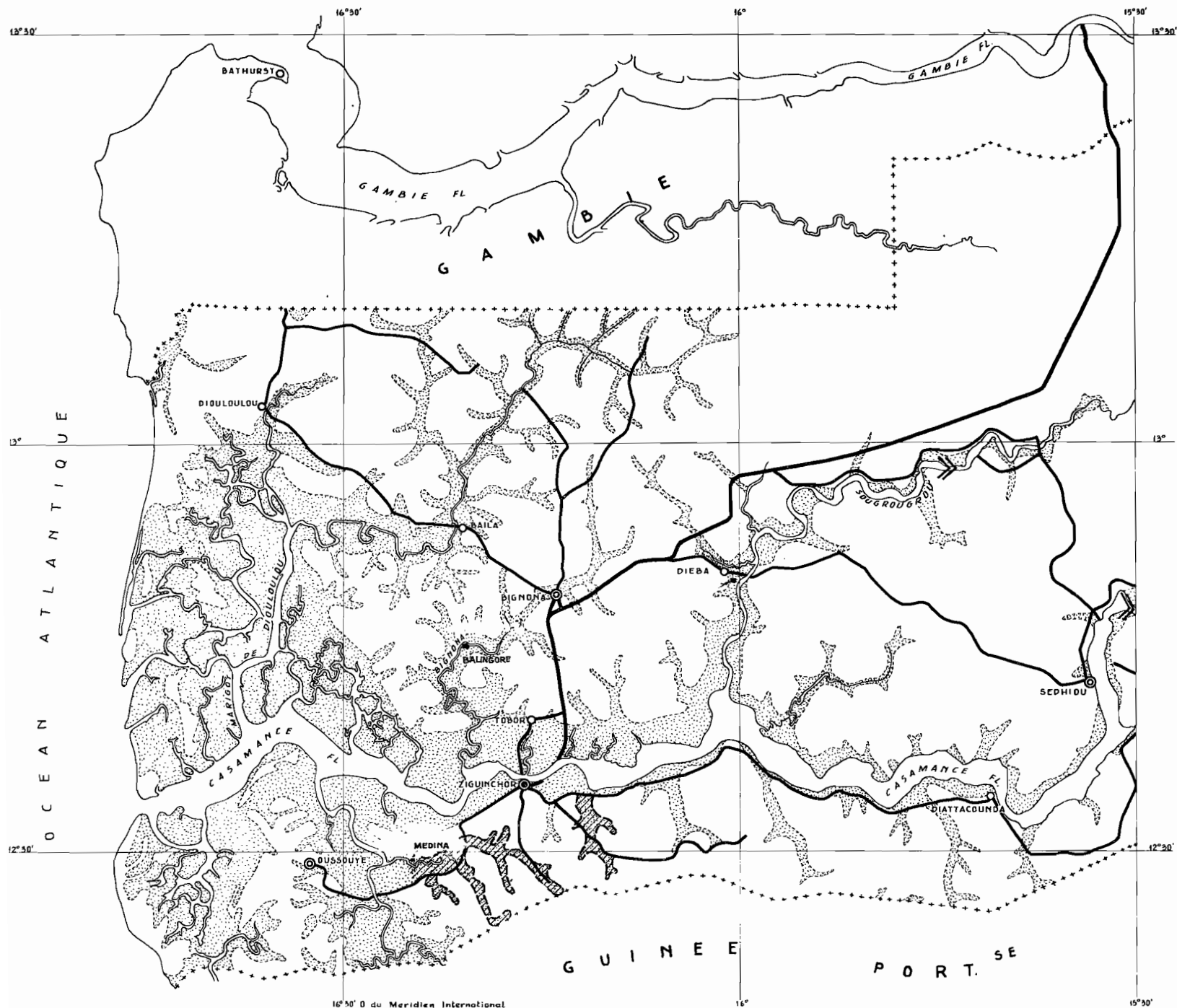
Les sols y sont récents, en cours d'évolution, et l'on peut y observer les différents stades de la pédogenèse précoce.

Les tannes (termes vernaculaire "ouolof") sont des étendues sans végétation situées à l'arrière des mangroves, qui ne sont plus atteintes par la submersion quotidienne, sauf aux très grandes marées, mais subissent une alternance annuelle d'inondation et d'assèchement, que favorise le climat tropical alterné, saison sèche et saison des pluies (ou hivernage) étant nettement tranchées. Ils sont fréquents au Sénégal, mais plus rares en Sierra Leone ou au Nigéria.

Les marais à halophytes qui sont mêlés aux tannes sans végétation, et caractérisés eux aussi par une submersion annuelle, leur sont assimilés.

### I - CADRE NATUREL DE L'ETUDE.

La Casamance Maritime, située dans le quart sud-ouest du Sénégal, en bordure de l'Océan Atlantique, est une région idéale pour l'étude des mangroves, des tannes et de



1/500.000<sup>e</sup>

## MANGROVES ET TANNES

### LEGENDE

++++++

FRONTIERE

—

ROUTE

□

ZONE INONDABLE (mangroves et tannes dominants).

»

Limite amont de la remontée des eaux salines en saison sèche.

leurs sols. Les mangroves y sont très étendues et remontent jusqu'à près de 200 Kms de la mer, le long des deux cours d'eau qui drainent cette région, la Casamance et le Songrougrou. Mangroves et tannes couvrent plusieurs dizaines de milliers d'hectares. (fig. I)

Cette remarquable extension a été favorisée par l'histoire géomorphologique du bassin de la Casamance, par ailleurs les matériaux déposés sont d'une grande homogénéité, et les conditions climatiques et hydrologiques particulières à cette région ont permis le développement des tannes.

#### A) Géomorphologie.

Les séries marines du Crétacé, de l'Eocène et du Miocène sont surmontés par des formations gréseuses ou argileuses, azoïques, considérées comme appartenant au Continental Terminal. Ces formations constituent des plateaux très largement découpés au Quaternaire, d'autant plus que l'on s'approche du rivage marin, et qui disparaissent à l'ouest par un talus marqué d'affleurements de cuirasses ferrugineuses. Plus à l'ouest commencent les dépôts récents d'origine marine.

La géomorphologie de la région de Basse Casamance a été étudiée par P. MICHEL ( ) : Cet auteur a distingué les dépôts sableux en terrasses qu'il attribue à une transgression "ouljienne", qui suivit le creusement des vallées des marigots lors d'une régression les dépôts argileux récents des vasières, et enfin les dépôts sableux des cordons littoraux subactuels et actuels.

L'étude présente nous permet d'apporter quelques observations complémentaires. Tout d'abord, il semble que l'on puisse nettement étendre les surfaces de la terrasse "ouljienne", en particulier sur le pourtour du petit plateau limité à l'est par la route Bignona-Diouloulou. Par ailleurs, à l'intérieur même des vallées colmatées qui rejoignent les marigots de Bignona, de Baïla et de Diouloulou, on observe fréquemment des îlots sableux, séparés par des chenaux argileux, tous sensiblement à la même altitude, qui sont incontestablement des restes du remblayage de l'époque "ouljienne"; ils comportent d'ailleurs fréquemment un horizon durci et concrétionné en profondeur, identique à celui cité par

P. MICHEL pour les terrasses qu'il décrit.

A l'amont de ces vallées colmatées, le sable est moins trié et les traces de colluvionnement sont nettes. Cependant, on ne trouve jamais dans cette région, des dépôts sableux surmontant les dépôts argileux récents, comme à l'ouest, sous les cordons littoraux. Par contre, il semble que le maximum de la transgression dite "flandrienne", pendant laquelle a débuté le dépôt des vases et argiles, soit marqué par une terrasse argileuse, analogue à un ancien schorre, que l'on peut observer par exemple près de la rizièrè dite de Djimatakör, et aussi près de Bambaly, au bord de la Casamance.

La morphologie actuelle de "slikke" et "schorre" n'est pas aussi nette que dans les pays tempérés, on observe cependant de l'aval vers l'amont : d'abord les zones à mangrove recouvertes à chaque marée, puis les zones plus ou moins dénudées recouvertes par les marées de vives eaux, puis par les seules grandes marées, enfin la zone de transition avec les sols du Continental Terminal, toujours sableuse et peuplée d'espèces végétales non halophiles.

Dans la zone de l'étude, près de Balingore, il s'agit essentiellement de dépôts argileux de vasières, le raccord avec les dépôts sableux "ouljiens" et les colluvions sableuses du Continental Terminal se faisant vers l'amont des vallées.

Sur la face ouest des bas plateaux, les vallées colmatées sont presque entièrement sableuses, même près des marigots et sous la mangrove.

Les premières observations ont montré que si au voisinage de l'Océan, les différences d'altitude entre les terrasses "ouljiennè" et "flandriennè" sont fortes (4 à 5 m), elles s'atténuent en remontant vers l'amont des cours d'eau, les niveaux sableux disparaissant même, alors que l'on trouve des dépôts argileux consolidés en amont de Sedhiou. P. MICHEL suggère qu'un affaissement de la partie orientale de la Basse Casamance a pu jouer entre les deux phases transgressives.

## B) Matériaux.

### I) Nature et origine.

Mis à part les matériaux grossiers que nous n'aborderont pas, les dépôts des vasières sont caractérisés par une forte altération, la kaolinite y est le minéral presque exclusif, avec le quartz finement divisé. Le bassin versant est en effet constitué des seules formations du Continental Terminal qui ont subi une intense ferrallitisation. Dans d'autres régions de mangroves, où le socle ou des formations sédimentaires anciennes participent aux bassins versants, comme en Guyane ou à Madagascar, d'autres minéraux accompagnent la kaolinite, cautionnant la notion d'héritage, qui semble également valable pour le bassin de la Casamance.

### 2) Epaisseur.

L'abaissement du niveau marin qui a provoqué le creusement des vallées, aurait atteint moins 50 mètres par rapport au niveau marin actuel. Des mesures de sondages électriques permettent d'apprécier à environ 30 mètres l'épaisseur des sédiments fins, même dans les petites vallées affluentes. Les sondages ont permis de reconnaître 2 couches, mais il y en a certainement plusieurs qui correspondraient à différentes phases d'alluvionnement au Quaternaire.

## C) Climatologie.

Le climat de la Casamance Maritime est du type soudano-guinéen (ou sub-guinéen). Il se caractérise comme le climat soudanien par deux saisons sèche et plusieurs très tranchées, mais avec des précipitations plus importantes et une humidité de l'air plus élevée. L'influence de la mer y est par ailleurs importante. Bignona, situé à 25 kms au nord de Ziguinchor, se trouve à la limite du climat subguinéen et du climat soudanien, recevant moins de pluies et en un nombre de jours moins élevé.

### Températures.

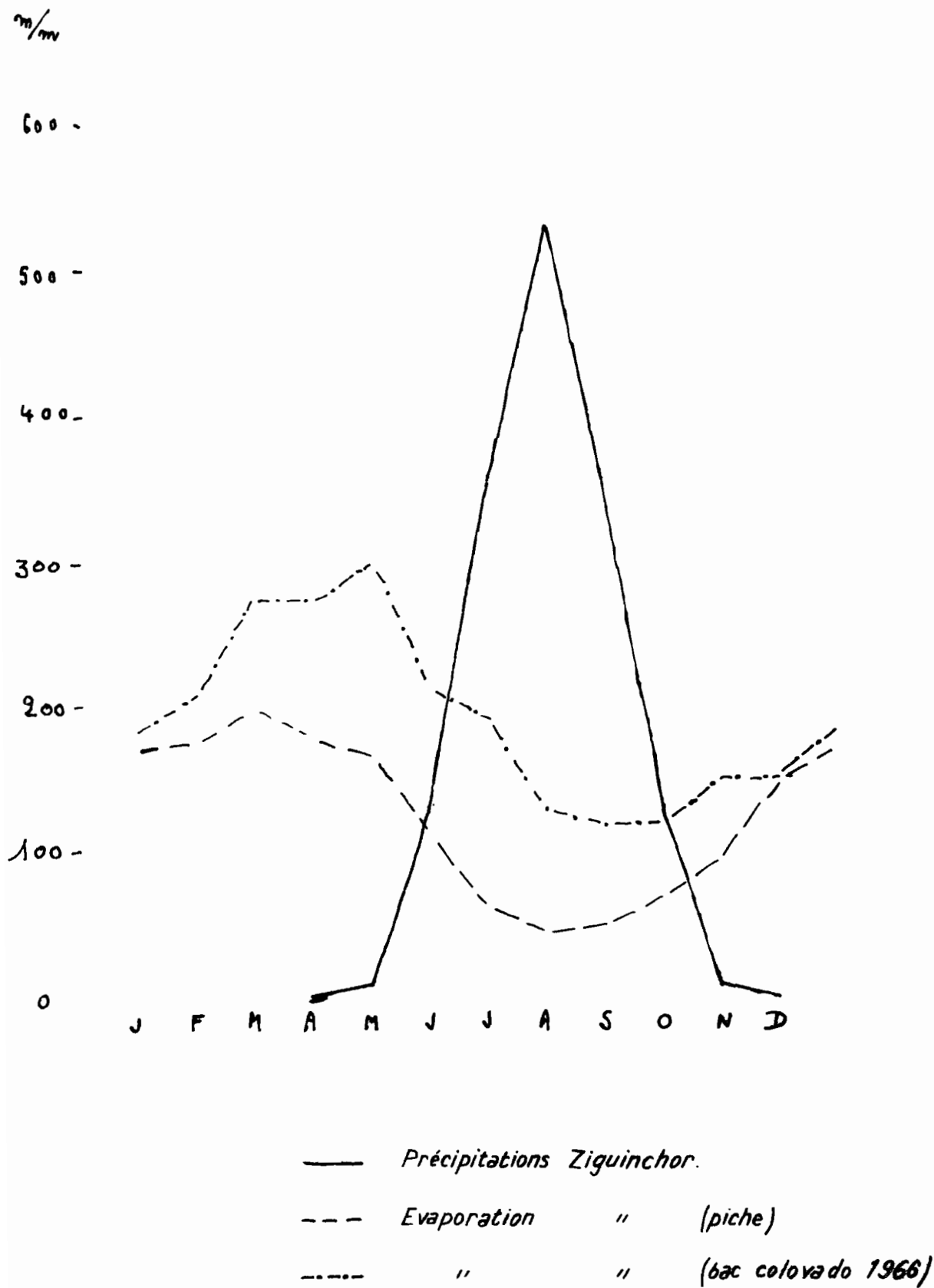
A Ziguinchor les moyennes mensuelles et annuelles sont les suivantes :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année.
23°8	25°6	27°4	27°9	28°5	28°4	27°1	26°4	26°9	27°8	26°7	24°4	26°7



Fig: 2

PRÉCIPITATION EVAPORATION



### Hygrométrie.

Les maxima moyens de l'humidité relative se maintiennent toute l'année entre 90 et 100 % (99 % de Juillet à Novembre). Les minima ne sont pas inférieurs à 30 % et se situent autour de 70 % en hivernage.

### Précipitations. (fig. 2)

Le total des précipitations diminue quand on va de l'ouest à l'est de Oussouye vers Ziguinchor, et du sud vers le nord ou le nord-est, de Ziguinchor vers Bignona ou Sedhiou. Le mois d'août est le plus pluvieux, avec 34,4 % et 33,2 % des précipitations annuelles, respectivement pour Ziguinchor et Sedhiou.

### Vents.

Les vents sont du secteur nord-est en saison sèche, du secteur ouest en saison humide. Bien qu'ils ne soient jamais très violents, les vents de saison sèche, aidés de fréquentes trombes, peuvent occasionner une importante déflation dans les zones dépourvues de végétation comme les tannes.

### Evaporation.

La moyenne annuelle est de 1.478 mm à Ziguinchor, mesurée au Piche. Le total mensuel, faible en saison des pluies, dépasse 100 mm de décembre à juin et atteint presque 200 mm en mars et avril.

Les mesures effectuées par ILACO en bac Colorado donnent des résultats plus élevés que celles de l'évaporomètre Piche, ainsi que le montre la figure 2. Elles rendraient cependant plus fidèlement compte des variations observées dans le régime hydrique des sols.

### D) Hydrologie.

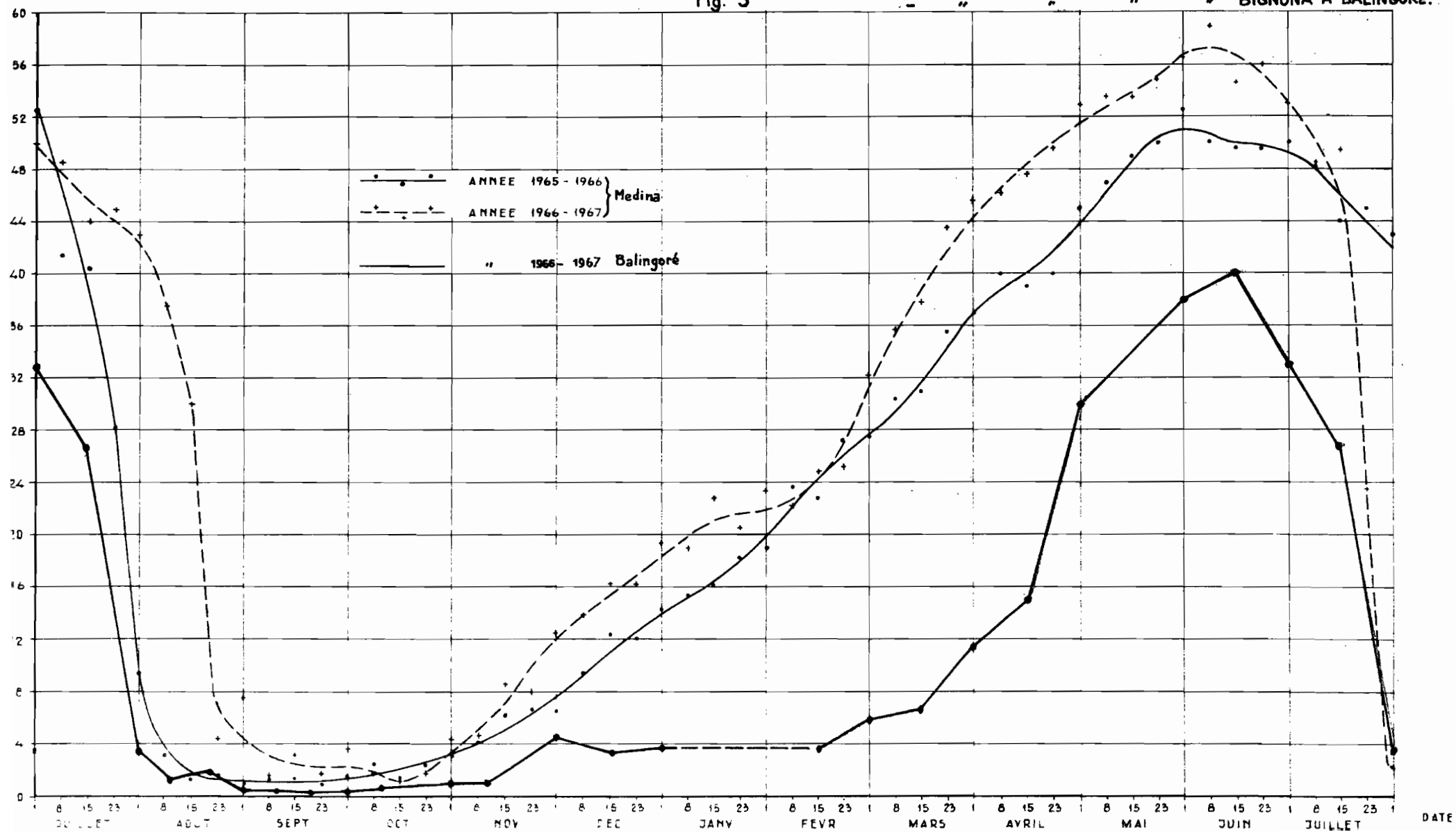
Tous les cours d'eau de la zone qui nous intéresse de la Casamance Maritime sont soumis aux mouvements des marées. Même pendant la saison des pluies, et malgré d'importants apports dus aux fréquentes averses, ces mouvements se propagent loin vers l'amont. On observe simplement de légères diminutions d'amplitude. En saison sèche, alors que l'écoulement en provenance des plateaux est pratiquement interrompu, la marée parcourt librement les marigots.

L'hivernage a surtout une influence sur la salinité des eaux qui se déplacent.

CE en mmho's/cm  
à 25°C

Fig. 3

SALINITE DE L'EAU DU MARIGOT DE NIASA A MEDINA  
(VALEUR MOYENNE MAREE HAUTE ET MAREE BASSE)  
" " " " " BIGNONA A BALINGORE.



La figure 3 montre les variations de la salinité des marigots au cours de l'année, les pluies de l'hivernage provoquent une très forte et très rapide chute de la conductivité électrique. On remarque par ailleurs que la salinisation qui se produit en saison sèche est d'autant moins rapide et son terme moins élevé que l'on s'éloigne de l'embouchure.

## II. METHODOLOGIE.

Bien qu'il ne corresponde pas exactement au déroulement chronologique des recherches, l'exposé suivant fait le tour des techniques appliquées.

### A) Sur le terrain.

#### I) Prospection de la Casamance Maritime.

Cette prospection a permis une reconnaissance des divers sols de mangrove et de tanne, depuis l'embouchure de la Casamance jusqu'à l'amont des vallées affluentes, où la marée se fait encore sentir. Simultanément, un certain nombre de dépôts sableux et de terrasses ont été caractérisés, ainsi que leurs rapports avec les vasières. Une étude dynamique sommaire de ces dernières a été entreprise, à l'aide des photos aériennes et d'observations sur place. La figure 4 donne un exemple de l'extension rapide de la mangrove dans un élargissement du cours de la Casamance, en aval de Ziguinchor, en 10 ans (1954-1964).

L'étude des vasières a donné de précieuses indications sur l'écologie des diverses espèces de la mangrove et sur les conditions de leur implantation.

Cette prospection générale a enfin donné lieu au prélèvement de nombreux échantillons.

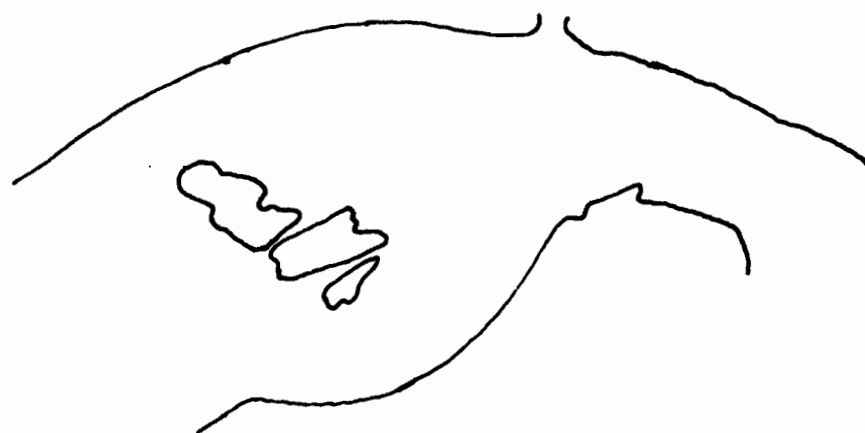
#### 2) Etude de l'évolution des sols dans une "chaîne" de sols.

C'est près de Balingore, sur le marigot de Bignona, qu'a été choisie la zone d'étude, en raison de la représentativité des formations végétales et des sols qu'on y trouve.

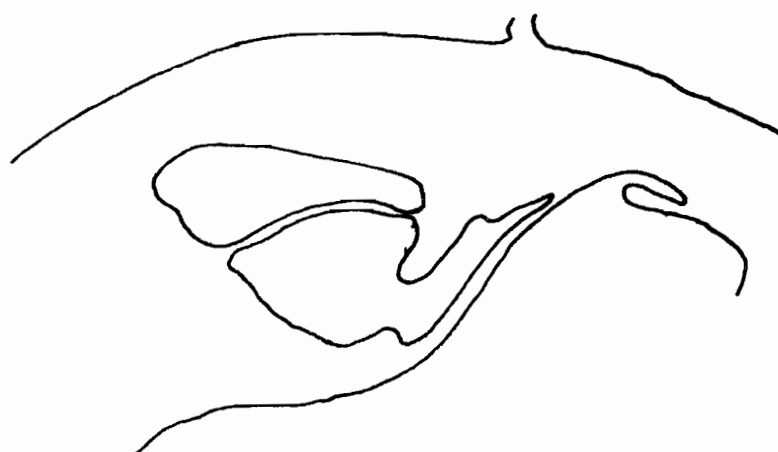
Huit emplacements caractéristiques par leur végétation, leurs sols et leur

Fig: 4

PROGRESSION DE L'ENVASEMENT



1954



1967

*Région de Ziguinchor*  
*Iles aux oiseaux*  
*d'après photos aériennes au 1/50 000<sup>e</sup>*

régime hydrique ont été sélectionnés, sur lesquels ont été faites les opérations suivantes :

- description de profils et prélèvement d'échantillons des horizons,
- prélèvements en tubes pour détermination de la densité apparente des horizons de surface,
- prélèvements en tubes étanches sur un ou deux mètres de profondeur pour extraction, de la solution du sol et étude du sol ayant subi le minimum de perturbation,
- prélèvement en cubes (méthode Vergières) pour expérimentation.

Par ailleurs, la chaîne de sols a été équipée d'une série de piézomètres enfoncés à 0,50, 1 et 2 mètres de profondeur, pour le prélèvement périodique des nappes, tandis qu'aux mêmes emplacements on a effectué des mesures périodiques du pli et du potentiel d'oxydo-réduction, à l'aide d'un matériel portatif facilitant les mesures "in situ".

Enfin, on a entrepris une étude de la dissolution des coquilles calcaires, que l'on ne retrouve jamais dans les sols de mangrove.

## B) Au laboratoire.

A la différence des sols drainés, qui ne posent pas de problèmes pour la conservation des échantillons, on se heurte dans l'étude des sols de mangroves à de nombreuses difficultés, et l'on doit faire appel à d'autres techniques que celles qui sont habituelles au pédologue, en particulier des méthodes propres à la sédimentologie ou à l'océanographie.

### I) Difficultés.

Parmi les particularités des sols étudiés qui compliquent leur étude analytique on peut citer :

- l'importante teneur en eau de la plupart de ces sols,
- la relative importance de la matière organique et la difficulté de la doser par les méthodes classiques,
- la salinité variable des sols,
- l'importance des composés soufrés,  $\text{SH}_2$ , soufre élémentaire, sulfures et polysulfures.

L'étude de l'évolution de ces sols doit faire intervenir les échanges

qui se produisent entre le sol et sa solution, d'une part, et les nappes qui le baignent, d'autre part. La tentative de bilan est cependant délicate, en raison des pertes qui peuvent se produire, parmi lesquelles on peut citer les migrations de solutions en profondeur ou latéralement vers les marigots, les départs de gaz ( $\text{SH}_2$ , méthane, mercaptan) ou la déflation de l'argile salée sur les tannes.

## 2) Méthodes employées.

Le problème de la conservation des échantillons ayant été résolu par l'emploi de tubes étanches, le contenu est ensuite divisé longitudinalement en deux (technique GONI, PARENT du B.R.G.M.), une moitié de l'échantillon sert à l'extraction de l'eau intersticielle, l'autre à l'étude du sédiment lui-même.

Sur l'eau intersticielle on a effectué les analyses et mesures suivantes :

- pH, Eh, conductivité électrique,
- sels, fer, alumine et silice solubles,

Sur le sédiment lui-même :

- matière organique par combustion totale et dosage du  $\text{CO}_2$ ,
- sels solubles,
- dosage des différentes formes du soufre,
- étude du complexe absorbant,
- mesures du pH et du potentiel redox.

En outre, les prélèvements des piézomètres sont périodiquement complètement analysés (sels solubles, pH).

## 3) Etudes complémentaires.

Indépendamment des mesures périodiques qui sont faites dans le polder de Medina, qui sont destinées à suivre les transformations induites dans les sols par différentes techniques d'assainissement, deux expérimentations ont été tentées.

Dans la première, des échantillons de vases nues et de sols de mangrove, prélevés en pots étanches, ont été soumis à une dessiccation ménagée, les variations du pH ont été notées, corrélativement avec les variations de poids.

Dans la seconde, des échantillons de la chaîne de sols, prélevés en cubes Vergières, ont été soumis à des alternances de dessiccation et d'humectation, ou à un lessivage intense, afin de suivre le dessalement et les variations du pH en accélérant les processus naturels.

### III - FORMATION DES SOLS

#### A) Le matériau originel.

Une récente mise au point de A. GUILCHER a montré que l'origine des vases marines ou mieux, fluvio-marines, est continentale, au moins dans les régions chaudes qui nous intéressent ici. Nous ne reviendrons pas sur les conditions de dépôt qui ont été analysées par cet auteur. Nous passerons rapidement en revue les principales caractéristiques de ces vases.

#### I) Nature des vases.

Les vases sont constituées de matériaux variés, tant par leurs dimensions granulométriques que par leur constitution minéralogique. C'est donc plus un état du matériau qu'un caractère pétrographique (DEBYSER).

Les matériaux apportés en suspension par les cours d'eau subissent, dans les estuaires comme dans la pleine mer, une importante homogénéisation. Le brassage par les courants de marée provoque un mélange intime des particules minérales amenées par les courants fluviaux et les particules organiques dont une grande partie proviendrait du plancton.

En Casamance, la granulométrie du sédiment est généralement fine, avec 60 à 70 pour 100 de particules inférieures à 2 microns.

#### 2) Origine.

##### a) Influence du bassin versant.

C'est dans la nature de l'argile, presque uniquement kaolinitique, que se traduit l'influence de l'héritage du bassin versant. On trouve également du quartz dans la plupart des fractions granulométriques, ces grains de quartz sont généralement colorés par des



oxydes de fer comme dans les sols qui recouvrent les plateaux.

b) Influence du milieu de sédimentation.

Les sédiments déposés sont riches en eau (100 à 150 % du poids sec), la teneur en eau serait liée d'une part à la granulométrie du sédiment, d'autre part, à la nature et à la teneur en matière organique.

Par ailleurs, l'eau intersticielle du sédiment est salée, et reflèterait la salinité de l'eau du milieu au moment de la sédimentation.

B) La pédogenèse initiale (diagenèse des géologues).

Au fur et à mesure que le dépôt se constitue, les matériaux subissent un certain nombre de transformations qui nous permettent de dire que la vase, dès après son dépôt, se comporte comme un sol.

Deux phénomènes vont jouer un rôle important, ce sont le tassement libre et l'état d'anaérobiose.

I) Influence du tassement.

La première conséquence du tassement est une certaine diminution de la teneur en eau dans les couches situées immédiatement sous la surface du dépôt. Dans les vases nues de Casamance, elle passe de 180 à 200 % dans la couche de 0 à 20 cms, à 160 % de 20 à 40 cms et se stabilise à environ 155 % jusqu'à 1 mètre.

L'eau, ou plutôt la solution saline qui est ainsi expurgée du sédiment, en traverse les couches supérieures, et contribue ainsi à homogénéiser le sol en cours de formation.

2) Influence de l'anaérobiose.

Sous l'action de bactéries spécifiques comme *Sporovibrio desulfuricans* les sulfates de l'eau de mer sont réduits en ions sulfures  $\text{SH}^-$  et  $\text{S}^{--}$  qui, se combinant au fer apporté dans la fraction minérale, donne des sulfures de fer, de la pyrite. Le fer proviendrait des hydroxydes fixés sur les feuillets argileux, tandis que les lits plus organiques seraient responsables de la production d'ions sulfure, les sulfures et poly-

sulfures de fer se développeraient ainsi préférentiellement à l'interface.

Ces phénomènes ont d'autres conséquences sur l'eau intersticielle. En raison de son appauvrissement en ions  $\text{SO}_4$  au profit d'ions  $\text{S}^{--}$  et  $\text{SH}^{--}$  donc en acide fort au profit d'acides faibles, l'eau intersticielle voit augmenter sa réserve alcaline. D'autre part, une partie seulement du fer libéré des argiles serait consommé pour la production de polysulfures, une certaine proportion du reste serait solubilisée dans l'eau intersticielle.

Le milieu anaérobie se conservant dans le dépôt un certain équilibre semble atteint dans le sédiment et sa solution. Le cycle du soufre est bloqué au stade sulfure, et si les microorganismes oxydant sont présents, ils sont incapables d'agir.

### C) La colonisation par la mangrove.

Quand le dépôt, par exhaussements successifs, arrive à dépasser l'altitude des basses mers, et donc subit une découverte de plus ou moins longue durée, les fruits flottants et souvent vivipares des palétuviers peuvent s'installer et contribuer petit à petit à la consolidation du dépôt en formant un écran à la circulation des troubles.

Envisageons tout d'abord les différentes espèces végétales présentes dans les mangroves.

#### I) Les arbres de la mangrove.

Cinq espèces d'arbres seulement entrent dans la composition des vastes peuplements de la mangrove ; trois du genre *Rhizophora*, *R. racemosa*, *R. mangle* et *R. Harrisonii*, caractérisés par des racines échasses qui partent du tronc et des basses branches pour compléter l'ancrage de l'arbre, un enracinement profond et très dense de radicelles fibreuses, ainsi que par de remarquables fruits vivipares et flottants, qui sont susceptibles de donner de nouveaux arbres dès qu'ils sont en contact avec la vase stabilisée. Seul le *Rhizophora mangle* occupe de grandes surfaces.

Les *Rhizophora*s sont complétés par *Avicennia nitida* (=germinans) qui lui aussi est très largement répandu, et *Laguncularia racemosa*, que l'on rencontre surtout sur les

vases récentes et dans les zones de mangrove en cours d'érosion. Les troncs des Avicennias sont entourés d'un tapis dense de racines aérifères, les pneumatophores, dont le sommet dépasse légèrement le niveau moyen des hautes eaux.

Il faut cependant noter une certaine convergence de ces différentes espèces, puisque les jeunes Avicennias présentent de petites racines échassées tandis que les Laguncularias ont quelques pneumatophores au début de leur croissance.

Si les mangroves de la côte ouest de l'Atlantique sont constituées de ces mêmes espèces, la flore des mangroves de l'océan Indien est riche de plusieurs espèces supplémentaires, tandis que le genre Rhizophora n'est représenté que par une seule espèce. Rhizophora et Avicennia constituent pourtant les pôles principaux de ces peuplements.

## 2) Ecologie sommaire.

Les peuplements de Rhizophoras et d'Avicennias sont généralement nettement séparés, la zone de transition étant de faible largeur. Dans un peuplement "mûr", les Avicennias sont toujours plus éloignés des marigots et chenaux de marée que les Rhizophoras. Parmi ces derniers, c'est le R. racemosa que l'on trouve en bordure des chenaux voisins de l'estuaire et des marigots plus anciens où l'alluvionnement est interrompu. La formation à R. racemosa est de peu d'épaisseur mais très visible, même sur les photos aériennes, cette espèce étant la plus élevée.

En arrière, les R. mangle forment une large bande, dont la limite interne se situe à peu près à l'altitude moyenne des marées de vives eaux. S'y adjoignent quelques R. Harrisonii, dont nous verrons plus loin l'action.

C'est plus en amont, sur la pente faible des dépôts vaseux que commencent les Avicennias, qui ne sont pas soumis toute l'année à des submersions quotidiennes, et peuvent supporter une salure plus élevée du substratum.

Par contre, lors de la colonisation de vases récentes, on trouve soit des Rhizophora mangle, soit des Avicennias, parfois accompagnés de Laguncularia, jamais les deux premiers ensemble. L'Avicennia s'implanterait de préférence sur les vases peu conso-

lidées, plus riches en eau, mais aussi plus largement découvertes à basse mer. Par contre, le *Rhizophora mangle* affectionnerait les sols plus stables mais supporterait une submersion plus importante.

Quel que soit l'occupant initial, comment parvient-on à la zonation précédemment exposée ?

Si le premier occupant est l'*Avicennia*, après stabilisation du banc de vase, quelques *Rhizophoras* vont s'installer en bordure du cours d'eau ainsi que le long des chenaux de marée qui se creusent progressivement sur le banc lui-même. Les trois espèces de *Rhizophoras* s'établissent ainsi au hasard ; elles ont ensuite tendance, par enracinement sur place des fruits des premiers arbres, à étouffer les *Avicennias* et à gagner progressivement sur leur domaine.

C'est là qu'intervient surtout l'espèce *R. Harrisonii*, dont les racines échasses peuvent fournir jusqu'à 8 à 10 rejets successifs, qui enjambent littéralement les *Avicennias*, et permettent ensuite au *R. mangle* de s'installer en force. La zone à *Rhizophora* s'élargit ainsi sur deux fronts : vers l'amont où il reste un tapis de pneumatophores lorsque les troncs d'*Avicennias* ont disparu vers l'aval en favorisant la continuité de la sédimentation.

S'ils peuvent s'étendre indéfiniment vers l'aval si la sédimentation n'est pas contrariée, les *Rhizophora* n'empiètent sur les *Avicennias* que jusqu'à la limite de remontée moyenne des marées ; au delà les *Avicennias* subsistent, et repartiront ensuite à la conquête du terrain perdu lorsque cette même limite s'éloignera vers l'aval.

Dans l'autre cas, les *Rhizophoras* ayant occupé les premiers les bancs de vase nue, on peut proposer un schéma moins complexe : les *Rhizophoras* s'étendent d'abord dans toutes les directions, puis préférentiellement vers l'aval, et laissent ensuite progressivement la place aux *Avicennias* dans les zones internes où les marées pénètrent de moins en moins.

Si ce schéma est très souvent attesté par les observations des mangroves aux

différents stades de développement, il peut bien souvent se compliquer si les régimes de submersion subissent ces modifications, en raison d'élargissement de lits de marigoux, de recoupement de méandres, de variations interannuelles de débit ou de salinité, etc...

Quelles sont les premières modifications apportées au sédiment par la colonisation par les mangroves ? On trouvera dans le tableau I quelques caractéristiques concernant :

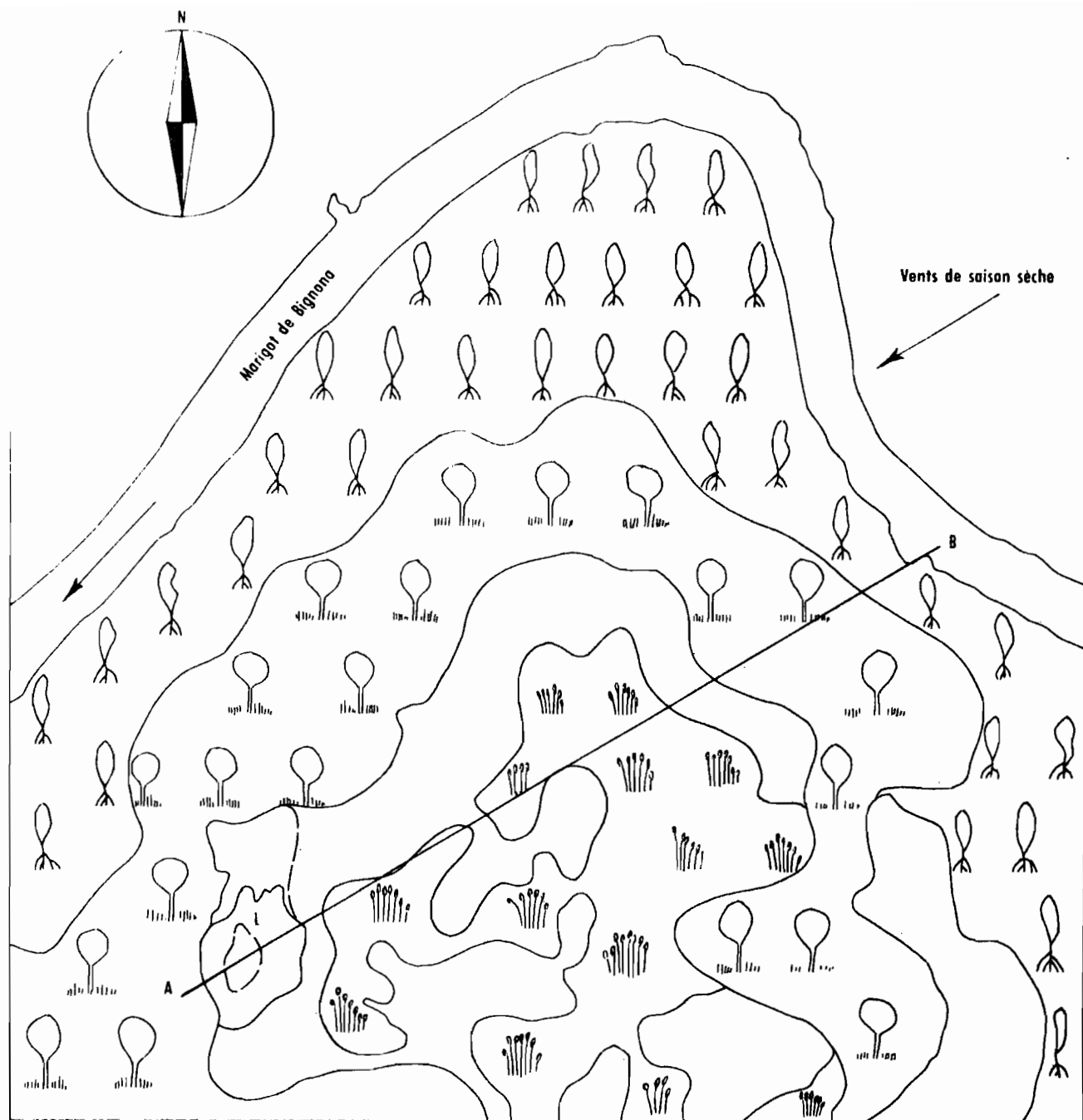
- 1 - une vase en cours de colonisation par *Avicennia*,
- 2 - une vase en cours de colonisation par *Rhizophora*,
- 3 - un sol de mangrove à *Rhizophora*,
- 4 - un sol de tanne situé près de l'embouchure, donné à titre de comparaison.

Tableau I

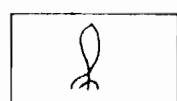
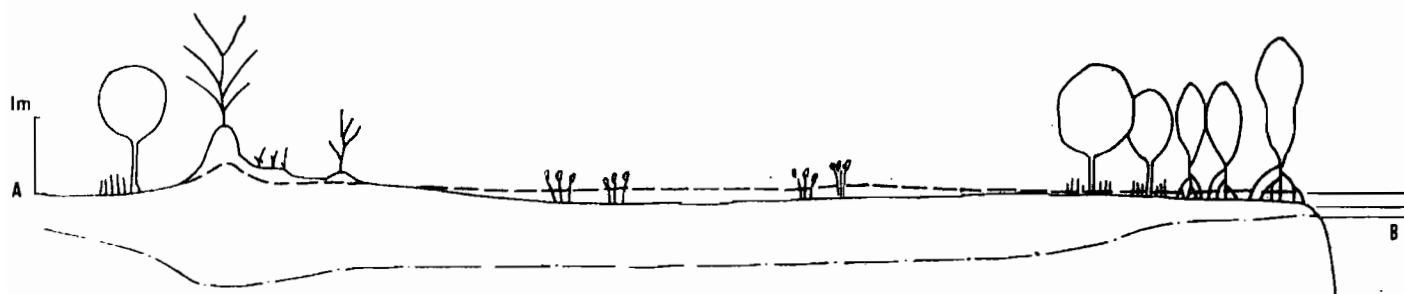
	Teneur en eau	Salinité	pH
(1) surface	150 %	30 g/l	7 à 8
à 100 cm	170 %	40 g/l	7 à 8
(2) surface	110 %	30 g/l	6,7 à 7,6
à 100 cm	140 %	40 g/l	6,7 à 7,6
(3) surface	140 %	60 g/l	6,5 à 7,5
à 100 cm	130 %	60 g/l	
(4) surface	90 %	max 85 g/l	5,6 à 7
à 100 cm	130 %	-	-

La teneur en eau est calculée par rapport au poids de sol sec.

Si la teneur en eau varie assez peu à un mètre de profondeur, on peut voir que l'implantation des *Rhizophoras* provoque dans la zone où les racines sont très denses,



Echelle en plan 1/5000



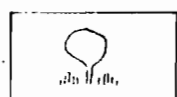
Mangrove à *Rhizophora*



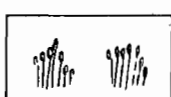
Tan vif

----- Niveau maximum de la nappe (Juillet-Octobre)

\_\_\_\_\_ Niveau minimum de la nappe (Mars-Avril)



Mangrove à *Avicennia*



Tan à *Héleacharis*

L "Lunette"

Figure 5

une légère augmentation de la teneur en eau. Par ailleurs, le pH a tendance à diminuer, tandis que la salinité du sol augmente.

D) La formation des tannes.

Lorsqu'un certain équilibre est établi, le développement des diverses espèces de la mangrove est commandé en premier lieu par le régime hydrique, le régime de submersion des sols.

C'est ce même régime de submersion, passant d'une alternance biquotidienne d'inondation et d'assèchement à une alternance seulement annuelle, qui est le principal responsable de la formation des tannes.

La limite interne de débordement des marées moyennes, puis des marées de vives eaux, ayant tendance à s'éloigner vers l'aval, l'humectation du sol n'est plus assurée, du moins en surface ; il se produit une deshydratation et un tassement irréversibles, et corrélativement une concentration des sels. Les Avicennias ne peuvent résister à ces conditions et leur disparition accentue encore l'évaporation à la surface du sol.

La nappe phréatique, qui s'éloigne peu de la surface du sol dans les mangroves, s'abaisse fortement dans le tanne, jusqu'à un mètre de profondeur vers la fin de la saison sèche.

Une autre conséquence de la disparition de la végétation est la diminution accentuée de la teneur en matière organique, qui concourt au tassement et à la déshydratation.

Au cours de la saison des pluies, la submersion des tannes est quasi totale et permanente, par suite des pluies et du gonflement des marigots ; la morphologie en légère cuvette résultant du tassement permet la persistance de cette nappe superficielle assez longtemps après la saison des pluies. Elle permet même une légère désalinisation des horizons de surface et l'implantation de quelques halophytes, parmi lesquelles *Heleocharis* et *Scirpus* .

En saison sèche, sécheresse et sursalure donnent à la surface du sol une structure poudreuse qui est favorable à la déflation éolienne et à la formation de lunettes.

On peut ainsi observer des tannes, soit en bordure des zones non salées établies sur le Continental Terminal ou les terrasses anciennes, soit au milieu des formations de mangrove où leur étude est particulièrement instructive pour la compréhension de l'évolution des sols de mangrove.

#### IV - ETUDE D'UNE "CHAÎNE DE SOLS".

Afin de bien comprendre les liaisons évolutives qui apparaissent quand on passe de la mangrove au tanne, il était nécessaire d'éliminer les zones voisines du Continental Terminal où peuvent se côtoyer des dépôts de granulométrie différentes, ainsi que des apports de nappes d'eau douce. Par ailleurs, les zones proches de l'estuaire ne sont souvent pas suffisamment évoluées et susceptibles de modifications.

C'est pourquoi la zone pilote pour l'étude de ces sols a été choisie près de Balingore, dans un coude du marigot de Bignona, et où se trouvent bien représentés, sur un espace relativement restreint, les divers types de sols et de végétation.

##### A) Caractéristiques locales de la zone d'étude.

###### I) Topographie.

Ainsi qu'il est dit plus haut, c'est par une transition progressive que l'on passe des bras des marigots aux zones dénudées ; cette transition s'observe dans la topographie, où les pentes, quoique très faibles, marquent bien les différences d'inondation par les marées et les différences de végétation.

La figure 5 présente une coupe de la mangrove de Balingore, suivant la direction est-nord-est à ouest-sud-ouest. De droite à gauche, donc du marigot jusqu'à la cuvette centrale, on a successivement :

- une pente forte en bordure du marigot, souvent supérieure à 100 %,
- à partir de la frange à grands Rhizophoras jusqu'à la bordure de la cuvette à grands Avicennias, une pente très faible, environ 0,3 %.



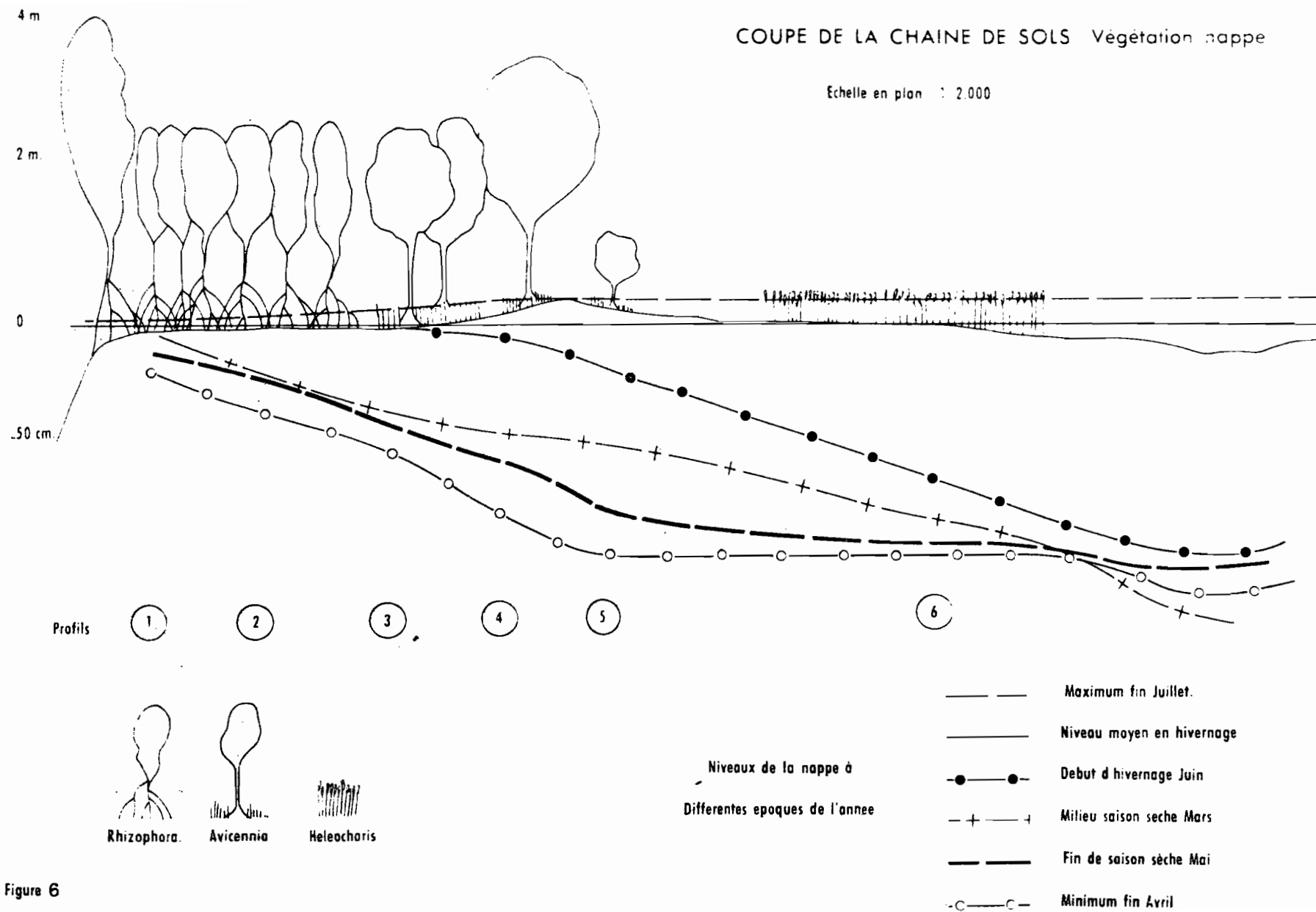


Figure 6

- au pied des grands Avicennias, une pente plus forte (3 ‰), cette bordure marquant le point culminant de la coupe,
- vers la cuvette, une pente inverse de 0,7 ‰, où se trouvent les zones dénudées ou "tannes vifs",
- enfin, la pente s'annule progressivement vers le centre de la cuvette, occupée en majorité par les formations halophytes du "tanne herbacé".

Vers le bord ouest de la cuvette, la pente remonte brusquement sur une sorte d'île allongée surplombant la cuvette de 60 à 80 cms, qui est une "lunette" de déflation construite par les dépôts d'éléments arrachés en saison sèche aux "tannes vifs".

A l'ouest de cette lunette, on retrouve la succession inverse des pentes jusqu'au marigot.

## 2) Régime hydrique.

Le régime de submersion des différentes zones de la mangrove a une influence très nette sur la répartition de la végétation. Tandis que s'amenuise progressivement la durée de submersion, on observe également des différences dues aux changements de la salinité, quand on passe de la mangrove au tanne.

Dès les premières pluies de l'hivernage, les tannes stériles et herbus, la frange à Avicennias et Sesuviums se couvrent d'une couche d'eau qui peut atteindre 20 cms d'épaisseur, dans les autres zones, c'est le gonflement du marigot provoqué par les pluies qui amène une augmentation de la lame d'eau venant recouvrir le sol à chaque marée.

Pendant la saison sèche, alors que les zones de mangroves à Rhizophoras continuent à être recouvertes par les marées, la zone centrale des tannes et sa bordure d'Avicennias se dessèchent progressivement, la nappe atteignant en mai sa profondeur maximale 0,90 m pour le tanne herbu, 0,35 m pour le tanne nu, 0,25 m pour la frange à grands Avicennias, 0,15 m pour la zone à Avicennias petits. (fig. 6).

Seules les marées d'équinoxe de printemps peuvent venir submerger une partie des tannes ; elles provoquent alors d'importants changements dans la structure des

horizons de surface.

### 3) Végétation.

Nous passerons d'abord en revue la végétation des bordures puis celle de la mangrove proprement dite;

#### Bordures.

A l'extérieur de la mangrove, en bordure des anciens schorres, on observe des peuplements purs de *Paspalum vaginatum*. Si l'alimentation en eau est irrégulière, avec assèchement en saison sèche, on a des prairies à *Héléocharis mutata*, à *Phloxerus vermicularis* ou même des "tannes dénudés".

Sur les îlots ou terrasses sableuses "ouljiens", la strate arborée est caractérisée par *Parinari macrophylla* et quelques *Acacia albida*, ces derniers sans doute introduits par l'homme ( ). La partie supérieure des anciens schorres et le bas des colluvions sableuses sont couverts de *Schizachirium compressum*, *Pobéguina arrecta*, *Parathéria prostrata* et *Pycnus polystachius*. La strate arborée est presque uniquement constituée d'*Elaeis guinéensis*, qui ceinturent chacune des rizières ; il semble que leur emplacement marque la position des sources alimentées par la nappe du Continental Terminal, ainsi que le point où les variations de hauteurs de la nappe sont les plus faibles, tandis que dans les terrains drainés du Continental Terminal et dans les vallées les variations sont plus importantes.

#### Mangrove et tanne.

A l'intérieur de la mangrove, et dans le cas particulier de celle de Balingore, on peut distinguer 7 zones principales, caractérisées par leur régime de submersion et par les peuplements végétaux suivants :

1) frange de grands *Rhizophoras racemosa* et de *Rhizophoras mangle* plus petits, le long du marigot et des chenaux de mangrove actifs. Cette bordure est peu épaisse, elle s'élargit sur les rives convexes et s'amointrit jusqu'à disparaître parfois sur les rives concaves des méandres.

2) succédant à la précédente une bordure plus large de *Rhizophoras mangle*, plus petits

que les précédents, et en peuplements généralement moins denses.

3) peuplement de *Rhizophoras mangle* avec strate herbacée dense de *Paspalum vaginatum*.

4) peuplement plus ou moins large d'*Avicennias nitida* de taille moyenne, mêlé de quelques *Rhizophoras mangle*, avec strate herbacée de *Scirpus littoralis*.

5) frange souvent interrompue, généralement moins étendue que la zone précédente, d'*Avicennias nitida* de grande taille avec une strate herbacée composée de *Sporobolus robustus* et de *Sesuvium portulacastrum*.

6) zone dénudée (tanne vif) très étendue à surface boueuse ou poudreuse suivant les saisons, avec de rares plages à *Philoxerus vermicularis* entourant ou isolant en plusieurs morceaux la dernière.

7) zone herbeuse (tanne "herbacée") à *Héléocharis mutata* et *Héléocharis caribea* plus petite.

La végétation de la "lunette" présente un aspect particulier. Les parties basses sont couvertes de *Paspalum vaginatum*, et les parties hautes portent une végétation inhabituelle au milieu de la mangrove, puisque constituée de *Phoenix reclinata* (palmier), de *Spondias mombin*, de *Stereospermum Kunthianum*, parfois même d'*Adansonia* (Baobab) avec en-dessous un Igname sauvage et des *Andropogonées* banales. Cette butte a d'ailleurs été colonisée par des termites. Nous reviendrons plus loin sur la question de son origine.

#### B) Etude morphologique des sols de la chaîne.

Suivant le sens de l'évolution tel qu'il apparaît dans la répartition des sols, quand on passe des régions de mangroves récentes à celles plus anciennes où un certain équilibre est atteint, il est logique d'étudier successivement les complexes sol-végétation définis ci-dessus en passant des bords du marigot au centre du tanne, puis à sa bordure occidentale où se trouve la lunette.

#### I) Formation à *Rhizophoras mangle*.

Dans cette zone le *R. mangle* est dominant sur le *R. racemosa* et il n'y a pas de sous-bois herbacé. Les arbres, qui mesurent 2 mètres à 2 mètres 50 de haut, sont serrés et leurs racines échasses sont étroitement mêlées, opposant un obstacle sérieux à la pénétration.

La surface du sol est plane, seulement bosselée près de quelques trous de crabes, parsemée de coquillages coniques de *Tympanotonus fuscatus* de petite taille, et incisée du côté du marigot par de fins chenaux anastomosés qui recueillent le ruissellement au reflux.

La consistance est spongieuse, et l'on remarque une nette tendance à la thixotropie du matériau.

#### Description du profil.

- |             |  |
|-------------|--|
| 0 à 23 cms  | N/4 à 5 B 4/I, gris bleuté, nombreuses et larges taches brunes (IO YR 4/4) sur des amas de radicelles de <i>Rhizophoras</i> , argileux organique, structure fibreuse très compacte, épaisseur assez uniforme, limite assez nette avec l'horizon sous-jacent. |
| 23 à 35 cms | horizon identique au précédent mais taches plus petites et plus rares, moins humifère, passage graduel à   |
| + de 35 cms | le profil se continue, gris bleu et toujours fibreux jusqu'à plus de 2 mètres de profondeur.   |

Ce sol est recouvert chaque jour par la marée, et toujours complètement engorgé. Il ne se draine momentanément sur les 10 cms supérieur que lors des grandes marées basses.

Le sol qui se trouve sous la forêt à grands *Rhizophoras racemosa* est en tout points identique, mais il est recouvert à la marée par une lame d'eau plus importante, 30 à 40 cms au lieu de 10 en moyenne. Les arbres y ont une densité comparable, mais l'entrelacement de leurs grandes racines échasses rend difficile la pénétration et la manipulation d'appareil. L'étroitesse relative de la zone couverte par ces formations a fait que nous l'avons écartée de nos points d'étude.

La largeur de la zone à *Rhizophoras mangle* est très variable, suivant la configuration du terrain ; dans la région étudiée, et en général en Casamance Maritime, il ne semble pas qu'elle dépasse 150 à 200m.

2) Formation à R. mangle et Paspalum vaginatum.

Là encore, le R. mangle est dominant mais plus clairsemé, il est accompagné de quelques R. Harrisonii et comporte un sous-bois assez dense et bien développé de Paspalum vaginatum, qui bien que considérée généralement comme une halophyte, est assez ubiquiste.

Les coquillages sont beaucoup plus rares à la surface du sol qui est légèrement mamelonnée.

Description du profil.

- |             |   |
|-------------|---|
| 0 à 30 cms  | IO YR 4/I, gris foncé, argileux, fibreux, massif, assez nombreuses racines de Paspalum ; épaisseur variable, limite assez nette avec l'horizon sous-jacent. |
| 30 à 45 cms | N/6, gris clair et 5 B 4/I, bleu, bariolé ; mêmes autres caractéristiques que ci-dessus ; épaisseur variable, limite nette.                                 |
| + de 45 cms | N/4, gris et 5 B 4/I, bleu, apparition de très nombreuses racines de Rhizophoras.   |

Variations.

L'horizon supérieur fibreux, constitué de très nombreuses radicelles des Rhizophoras, peut atteindre 40 à 50 cms ; sa densité est très largement inférieure à celle des horizons profonds.

3) Formation à Avicennias nitida, et Scirpus littoralis.

Après une zone limite de faible largeur où se remarquent quelques troncs de Rhizophoras et d'Avicennias morts mais aussi quelques R. mangle jeunes, on passe à la zone où se développent les Avicennias, dont chaque tronc est entouré d'un tapis dense de "pneumatophores".

La strate herbacée à Scirpus est très dense mais discontinue ; la surface encore légèrement mamelonnée. Les arbres sont légèrement plus hauts que dans la zone précédente.

Description du profil.

- |             |  |
|-------------|--|
| 0 à 3 cms   | Brun clair, fibreux, matière organique peu décomposée,   |
| 3 à 35 cms  | IO YR 2/2, brun foncé, passant rapidement à N/6, gris clair à rares mouchetures brunes ; argileux, massif, très plastique, très nombreuses racines, maximum de l'enracinement des Avicennias à 20 cms, épaisseur uniforme, passage graduel à |
| 35 à 55 cms | N/6, gris clair, nombreuses et larges taches bleues (5 B 4/I), autres caractères identiques à l'horizon précédent, sans enracinement ; épaisseur uniforme, passage rapide à  |
| + de 55 cms | horizon identique à l'horizon profond du profil V 53, avec de très nombreuses racines de Rhizophoras peu décomposées.  |

Variations.

On observe peu de variations sur ce sol, tant dans l'espace que dans le temps, l'engorgement du profil étant permanent, sauf dans l'horizon tout à fait supérieur où la nappe s'abaisse seulement jusqu'à 15 cms de la surface en fin de saison sèche ; les mouchetures sont alors plus vives.

4) Formation à Avicennias et Sesuvium portulacastrum.

Bien que cette zone soit assez étroite, son intérêt réside dans sa position de limite entre le tanne et la mangrove, et dans sa position topographique légèrement plus élevée que les deux zones principales.

Les Avicennias sont là remarquablement développés, atteignant 5 à 6 mètres de hauteur, mais ils dépérissent du côté du tanne.

La surface du sol est hérissée de très nombreux pneumatophores, qui disparaissent également vers le tanne, et craquelée par de nombreuses qui ne traversent cependant que les 5 à 10 cms supérieurs.

Description du profil.

- |             |   |
|-------------|---|
| 0 à 3-5 cms | IO YR 2/3, brun foncé, argileux, mêlé de débris végétaux. |
|-------------|---|

- 5 à 45 cms IO YR 2/2, brun très foncé, petites taches ocres et brunes, devenant légèrement bleutées en séchant ; argileux ; structure massive, compact, très plastique ; peu de débris végétaux, épaisseur assez uniforme, passage graduel à
- 45 à 60 cms IO YR 2/2, brun très foncé, mêlé de bleu (5 B 4/I), nombreuses taches brunes (IO YR 4/4) de dimensions moyennes, argileux, massif, cavités racinaires, épaisseur uniforme, passage diffus à
- + de 60 cms horizon identique aux horizons profonds des profils V 51 et V 52, gris clair et bleu, fluide, mêlé de débris de racines peu décomposées, qui disparaissent après 150 cms.

#### Variations.

Dans les zones où les Avicennias sont plus clairsemés, et les plages à Sesuvium plus denses, on observe quelques taches jaunes entre 20 et 50 cms de profondeur.

Cette zone est celle qui est le moins soumise à la submersion par les marées ou les pluies de l'hivernage, le front de la nappe ne dépasse pas cependant la profondeur de 30 cms, au plus bas.

#### 5) Tanne vif sans végétation.

Quand on quitte les frondaisons des grands Avicennias on débouche sur une vaste zone plane, qui, en saison sèche, présente un caractère frappant d'aridité, tant sur les plages dénudées que dans les zones herbacées dont le tapis d'halophyte est desséché et roussi par le soleil.

La surface du sol est plane, la couche superficielle est poudreuse excessivement riche en sels, parfois légèrement encroûtée. Au dessous on peut observer des amorces de polygones d'environ 20 cms découpés par des fentes de 1 à 2 cms de large. La couleur de la surface est un peu plus claire que dans la zone précédente et que dans la partie herbue du tanne.



En saison des pluies la couche pulvérulente de surface devient boueuse et glissante et tend à former une pellicule souple qui repose plus ou moins régulièrement sur l'horizon sous-jacent. Cette pellicule est souvent boursoufflée par de petits dômes où s'accumulent des gaz (méthane, mercaptan), du moins tant qu'une lame d'eau les recouvre.

Description du profil.

- |             |   |
|-------------|---|
| 0 à 3 cms   | IO YR 4/4, brun ; argileux mêlé d'efflorescences salines en croûte friable poudreuse ; horizon ondulé, limite tranchée avec l'horizon sous-jacent.  |
| 3 à 13 cms  | IO YR 5/I, gris, petites taches beige-jaune (IO YR 6/8) à ocre rouge (2,5 YR 5/8) sur les fentes et le long d'anciennes racines fines ; argileux ; structure cubique à tendance prismatique, moyenne, bien développée ; plastique ; épaisseur uniforme, limite nette    |
| 13 à 30 cms | IO YR 5/I, gris, nombreuses taches jaune vif (2,5 Y à 5Y 8/8) en amas et à l'emplacement d'anciennes grosses racines ; argileux ; structure massive, cavités tubulaires à l'emplacement d'anciennes racines mortes ; très plastique ; horizon ondulé, passage graduel à |
| 30 à 50 cms | N/6, gris clair, grosses taches jaunes moins nombreuses, argileux, massif, autres caractères comme ci-dessus ; horizon irrégulier, passage graduel à  |
| 50 à 65 cms | N/6, gris clair, taches bleues (5 B 4/I) sur des amas de radicales ; autres caractères identiques ; apparition de grosses racines peu décomposées   |
| + de 65 cms | N/6 et 5 B 4/I mélangés, comme dans l'horizon profond du profil V 5I.   |

### Variations.

Les variations observées affectent surtout les horizons supérieurs : pellicule boueuse en saison des pluies, masquant les fentes et la structure de saison sèche. Pendant la saison sèche, d'autres modifications peuvent être apportées par la submersion occasionnelle par les grandes marées de saison sèche très salées. La structure est encore détruite et on assiste à un gonflement de l'horizon de surface par le sel lors du retrait des eaux et de la dessiccation... Les zones non atteintes par ces marées ne subissent aucune modification, la nappe salée ne semblant pas circuler latéralement.

Dans les horizons à taches ocres ou jaunes, il est fréquent que les taches soient durcies et plus structurées que le reste de l'horizon ; les faces de ces petits agrégats polyédriques sont mamelonnées.

Au sujet de la couleur de la surface de ces tannes nus, on peut faire les observations suivantes : quand l'horizon de surface est argileux ou argilo-limoneux, la teinte de la surface est brune en hivernage, brun clair à beige en saison sèche, certaines parties étant plus jaunes par dépôt de soufre en fleurs ; quand les horizons de surface sont recouverts d'une pellicule, même très mince, de sable, le tanne devient blanc, les cristaux de sel liant les grains de sable provoquant une intense réverbération.

#### 6) Tanne herbacé à Heleocharis.

Si en fin de saison sèche cette partie du tanne présente un aspect aussi désolé que les zones sans végétation, en hivernage un tapis dense et très vert se développe et s'étend progressivement vers le tanne vif.

L'horizon superficiel est encore poudreux mais les fentes sont plus visibles et plus profondes. On observe également de rares dépôts de soufre en fleur et vers la fin de l'hivernage on perçoit un assez fort dégagement d'hydrogène sulfuré, qui est commun dans la mangrove à Rhizophoras mais plus rare sous Avicennias et dans le tanne vif.

En hivernage la nappe superficielle qui recouvre cette zone peut atteindre 20 cms d'épaisseur.

Description du profil.

- 0 à 3 cms IO YR 3/3, brun foncé, argilo-limoneux, structure poudreuse fine, chevelu racinaire très dense, épaisseur uniforme, limite tranchée vers l'horizon sous-jacent.
- 3 à 10 cms IO YR 5/1, gris, nombreuses et fines taches tubulaires beige-jaune (IO YR 6/8) et vers la base de l'horizon larges taches arrondies jaune-beige (2,5 Y 7/8), argilo-limoneux, structure cubique moyenne, assez bien développée, fentes de petites dimensions, sans revêtement, microporosité faible, plastique, fort enracinement à la surface des cubes, épaisseur assez uniforme, limite nette.
- 10 à 30 cms IO YR 4/2, gris-brun, assez nombreuses taches allongées jaune-beige (2,5 YR 7/8), argileux, structure prismatique moyenne, bien développée, fentes assez larges recouvertes d'une pellicule brune argileuse et organique salée, microporosité faible à nulle, très plastique, sans enracinement, horizon ondulé, limite assez nette.
- 30 à 55 cms horizon de transition identique au précédent, mais avec disparition de la structure prismatique.
- 55 à 75 cms N 4, gris, quelques taches brunes allongées entourées d'un halo brun-clair, argileux, structure massive, continue, sans fentes ni débris végétaux, épaisseur uniforme, passage graduel à
- plus de 75 cms N 4, gris, avec quelques passages bleutés (5 B 4/1), argileux, très plastique, à partir de 150 cms apparaissent de nombreuses racines de palétuviers, Rhizophoras, en voie de pourrissement.

Le profil se continue identique jusqu'au delà de 3,50 m avec de très fines passées sableuses.

La structure décrite pour les horizons supérieurs jusqu'à 30 cms n'est observable qu'à la fin de la saison sèche. Dès que les pluies engorgent le sol et dissolvent les sels accumulés à la surface, elle disparaît et le profil est uniformément plastique, sauf une légère résistance à la pénétration entre 10 et 30 cms. Les horizons fibreux de surface deviennent glissants, et il est difficile de se déplacer sur ce sol. La partie supérieure forme une pellicule où s'accrochent parfois de nombreuses bulles de gaz ( $\text{SH}_2$ , air).

En hivernage la teneur en sels de l'eau qui recouvre la surface du sol ne dépasse pas 3 à 4 pour 1000 (mesurée par conductimétrie), dans la nappe située vers 80 cms de profondeur, en fin de saison sèche, elle atteint 50 pour 1000.

#### Variations:

Le profil décrit ci-dessus est typique des zones intérieures de la mangrove, dans les tannes à *Heleocharis* situés plus en amont du marigot ou dans les chenaux argileux des rizières qui y aboutissent on observe un profil un peu différent :

0 à 20 cms	Gris-brun, argileux, humifère.
20 à 50 ou 75 cms	Gris clair à gris olive, taches jaunes vif et taches rouille plus petites durcies, argileux, plastique.
50 à 80 cms	Brun chocolat, argileux, plastique et collant.
plus de 80 cms	Gris, argileux fibreux.

L'horizon à taches jaunes et rouille peut parfois ne commencer que vers 50 cms de profondeur.

#### 7) Bourrelet éolien ou "lunette".

Bien que le bourrelet éolien ne représente qu'une très faible surface dans la zone, il est intéressant de l'étudier ici en raison du type d'évolution spécial qu'il représente, et qui est, comme celle du tanne, pratiquement irréversible.

Sur la bordure sud-ouest du tanne, sous les vents dominants de saison sèche, la végétation du bourrelet est composée de bouquets d'arbres et d'arbustes dont la présence au milieu de la mangrove ne laisse pas de surprendre. Il s'agit en effet d'espèces non

halophiles, dont l'installation n'a pu se faire qu'après un dessalement suffisant du substratum. On y trouve en particulier :

Arbres et arbustes

Phoenix reclinata

Spondias Mombin

Stereospermum Kunthianum

Adansonia digitata

Terminalia macroptera

Lannea nigritana

Vernonia senegalensis

Allophylus africanus

Plantes herbacées et lianes

Hygrophila senegalensis

Schizachirium compressum

Schizachirium brevifolia

Neurotheca loezelioides

Tacca involucrata

Fimbristylis ferruginea

Echinocloa colonum

Ampelocissus leonensis

Dioscorea sp.

La partie centrale du bourrelet est ceinturée de Paspalum vaginatum.

Sur une coupe on observe successivement d'est en ouest :

- un premier bourrelet qui ne s'élève que de 25 cms au dessus du tanne, la pente faible du tanne s'y relève fortement et elle est striée de rigoles d'érosion hydrique,
- une plage horizontale d'une trentaine de mètres de large, plus ou moins dépourvue de végétation, dont l'aspect de surface ressemble à celui du tanne,
- la lunette proprement dite, de 80 cms de haut en son sommet, de 40 à 50 mètres de long sur 20 de large.

Le bourrelet et la lunette sont surmontés d'assez nombreuses termitières, dont certaines paraissent non fonctionnelles.

Description du profil.

0 à 10 cms      10 YR 3/2, brun-gris foncé, argilo-limoneux, assez humifère, structure grumeleuse fine moyennement développée, microporosité forte, enracinement fort, épaisseur uniforme, limite nette avec

l'horizon sous-jacent.

- |             |   |
|-------------|---|
| IO à 30 cms | IO YR 4/2, gris-brun, petites taches jaune vif, contrastées, moyennement abondantes, argilo-limoneux, structure massive à débit polyédrique fin, quelques fines fentes, sans revêtement, microporosité faible, plastique, enracinement faible, épaisseur uniforme, passage rapide à |
| 30 à 40 cms | IO YR 4/3, brun assez nombreuses taches brun-jaune (IO YR 5/8) de dimensions petites à moyennes, texture inchangée, structure massive continue, un peu plus plastique, enracinement disparaît, passe rapidement à   |
| 40 à 50 cms | IO YR 4/2 et 5/6, bariolé gris-brun-jaune, texture inchangée, structure plus fluide, très plastique et collant, limite tranchée.  |
| + de 50 cms | IO YR 5/I, gris, tacheté vers 65 cms, argileux, cet horizon est équivalent à l'horizon supérieur des sols du tanne voisin.  |

#### Variations.

Quelques variations sont introduites par les termites, qui se contentent d'explorer la partie supérieure de profil, sans atteindre le sous sol salé... Il semble que ce sol se soit développé sur un dépôt éolien de "lunette" ; il se trouve en effet dans la partie sud-ouest du tanne, et nous rappellerons que les vents soufflent du nord-est quand le tanne est desséché, de janvier à mai.

#### Processus de formation.

On a vu que les sols du tanne subissent des alternances saisonnières de submersion et d'assèchement. En hivernage, la submersion par des eaux relativement douces provoque la mise en mouvement des sels sur une tranche de sol assez épaisse (prouvée par l'étude des variations de la salinité de la nappe). Lors de l'assèchement, la nappe se concentre et une remontée des sels se produit, qui provoque en surface le développement d'une structure poudreuse, en particulier dans les zones dépourvues de végétation.

Cette poudre salée, qui est par ailleurs récoltée par les cultivateurs Diola pour la production de sel, est mise en mouvement par déflation et transportée par le vent sur la bordure sud-ouest du tanne où les Avicennias de bordure forment un écran.

Pendant l'hivernage suivant leur dépôt, ces sédiments très salés sont lessivés de leur sels par l'eau des pluies qui entraîne également une grande partie des cations du complexe absorbant. Le milieu devient alors favorable à l'installation d'une végétation non halophile, ainsi que de populations de termites qui concourent à l'édification et à la consolidation de la lunette.

Le tanne fonctionne donc comme une petite sebkha, et le bourrelet est en tous points comparable à une lunette.

Le processus de formation de la lunette est irréversible puisque par lessivage des sels qu'il contenait, le dépôt éolien est défloculé et perd ses caractéristiques dimensionnelles favorables à une reprise par le vent.

Progressivement, la lunette gagne sur le tanne et sur la zone à Avicennias, dont on retrouve sous la lunette des traces de racines et de pneumatophores gainés de sulfates et d'oxydes de fer.

Lors du lessivage des sols dans le sol de la lunette, les chlorures sont entraînés préférentiellement aux sulfates. Les premiers retournent à la nappe du tanne, et bouclent leur cycle d'évolution dans la sebkha. Il semble donc que l'on assiste à une sorte de triage chimique, mais moins net que celui qui a été observé par J. BOULAIN (2) dans la sebkha de Ben Ziane. En particulier on n'observe pas dans notre cas d'accumulation de cristaux de gypse en profondeur.

En s'en tenant donc aux seules caractéristiques morphologiques des profils, on observe de la mangrove vers le tanne une évolution importante, où la végétation et le régime hydrique jouent des rôles de premier plan.

Les formations à Rhizophoras sont caractérisées par un enracinement profond

et particulièrement dense. On parle même de sol fibreux tant les radicelles sont nombreuses et finement divisées et entrelacées, au moins dans les horizons supérieurs. Les racines profondes se conservent bien dans le milieu anaérobie et subsistent longtemps après la chute des arbres, que la surface soit alors couverte par les Avicennias ou par un tanne.

L'enracinement des Avicennias est nettement plus superficiel, et leur installation après les Rhizophoras provoque la disparition de l'horizon fibreux, mais les racines d'Avicennias, de même que leur pneumatophores qui ne sont que des diverticules à géotropisme négatif, disparaissent dans le tanne.

Si dans les deux principaux types de mangrove la couleur des horizons reste uniforme, dans les tannes comme dans sa matrice, une importante modification se produit dans les tannes, en particulier dans l'horizon de 20 à 50 cms, où apparaissent des teintes plus claires et plus vives, en marbrures plus prononcées et dont les limites tranchées sont souvent le lieu de ségrégation et de précipitations spécifiques, en particulier de sels de fer. Les battements de la nappe en sont la cause.

Sur le plan de la structure également, ce n'est que dans les tannes qu'elle se manifeste, là encore dans les limites de déplacement du front de la nappe phréatique. Bien que les inondations de la saison des pluies masquent provisoirement ces structures, elles sont cependant un signe tangible d'évolution, car il nous a été permis de les retrouver dans des sols actuellement couverts d'Avicennias dont la morphologie indiquait l'existence d'un tanne dans une époque antérieure.

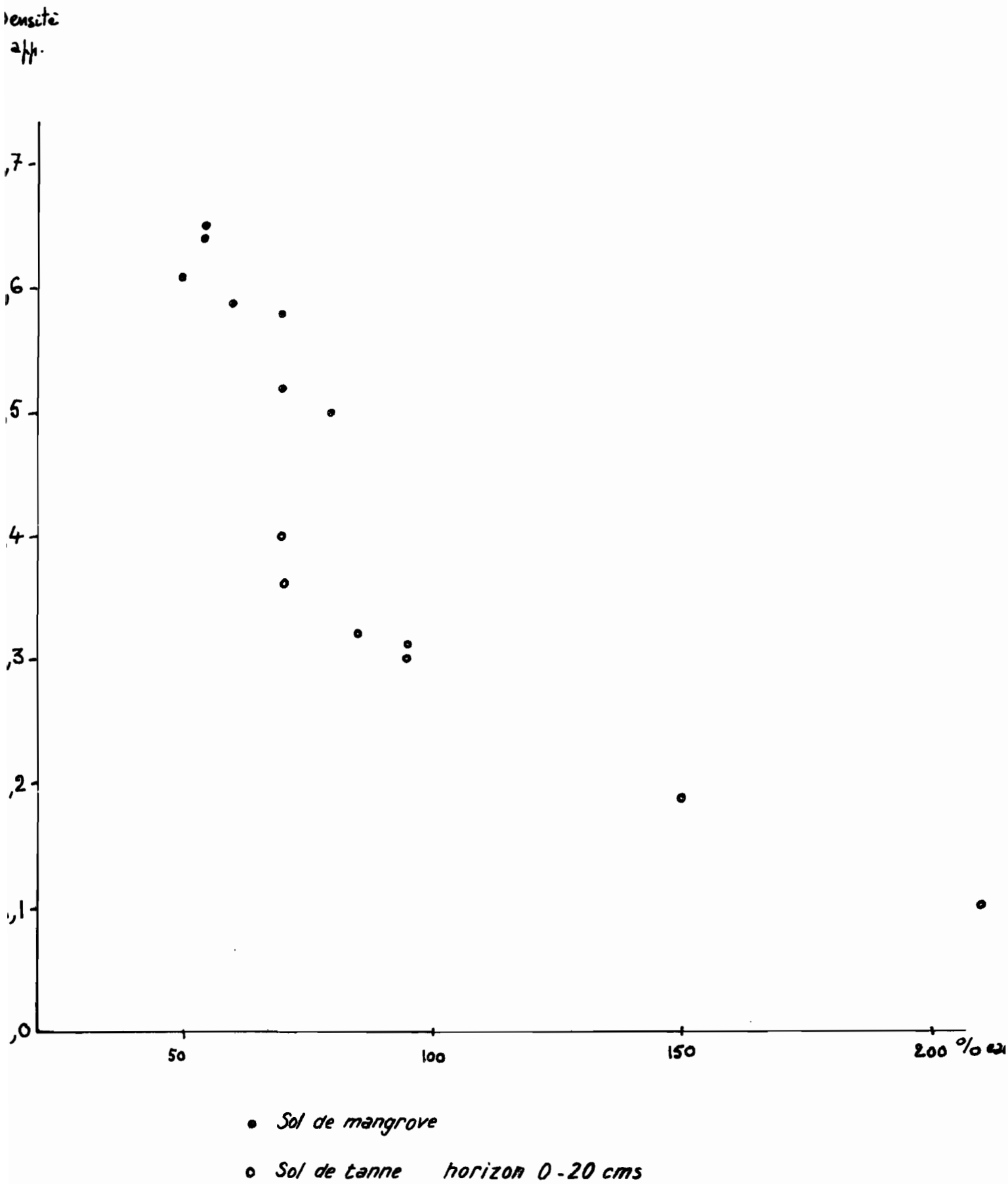
### C) Quelques caractères analytiques des sols.

Parmi les résultats analytiques obtenus au cours de cette étude, un certain nombre nous permettra de définir le sens de l'évolution et quelques unes de ses modalités. Ils concerneront des caractères physiques (teneur en eau, densité apparente) des caractères physico-chimiques (pH, Eh) et chimiques (sels solubles, complexe, éléments soufrés).



Fig: 7

RELATIONS TENEUR EN EAU  
DENSITÉ APPARENTE



I) Teneur en eau et densité apparente.

Il s'agit tout d'abord de la teneur en eau à l'état naturel, mesurée en hivernage, soit sous conditions d'engorgement que l'on peut assimiler au pF 0.

Tableau II

Teneur en eau en % du poids sec pour 7 profils de la chaîne de sols

Densité apparente de l'horizon supérieur (entre parenthèses)

Profils	I	II	III	IV	V	VI
	Rhiz.	Rhiz.	Avic.	Avic.	Tanne vif	Heleo.
0-20 cm	210 (I,15)	120 (I,27)	106 (I,41)	67 (I,39)	40 (I,64)	55 (I,54)
20-40 "	192	140	127	80	67	67
40-60 "	135	110	144	125	90	120
60-80 "	132	145	125	144	118	130
80-100 "	135	152	110	132	132	145

Après l'augmentation signalée dans les sols de mangrove par rapport aux vases nues, on observe une diminution progressive, et qui gagne petit à petit les horizons profonds, quand on passe aux sols de tanne.

La légère augmentation constatée dans le profil VI, du tanne à Heleocharis, semble due à l'enracinement de ces halophytes.

A l'inverse, la densité apparente suit une variation contraire qui n'est pas seulement en relation avec la teneur en eau, mais sans doute aussi avec les qualités de la matière organique et sa teneur. La figure 7 montre en effet que les échantillons de mangroves et de tannes se groupent dans deux domaines distincts.

Sur les échantillons soumis à un séchage à l'air avant analyse, on observe également une diminution parallèle, de 20 % du poids total dans les mangroves à 10 %

dans les tannes. De même le retrait au séchage qui atteint 30 % en volume dans les mangroves, n'est que de 10 % dans les horizons supérieurs des tannes.

## 2) pH et potentiel redox.

Ces deux valeurs sont sous la dépendance de l'état d'engorgement du sol, dans les mangroves comme dans les rizières, le pH est moins lié au taux de saturation que dans les sols bien drainés, il est par contre soumis à des variations importantes dues aux variations du potentiel d'oxydo-réduction, lui-même conditionné par les conditions d'engorgement ou de dessiccation du sol.

En période de dessèchement du sol, un milieu oxydant s'installe qui, par oxydation des sulfures sous l'action de bactéries comme *Thiobacillus thiooxydans*, provoque la formation d'ions sulfuriques qui font considérablement baisser le pH.

Il convient donc d'étudier le pH dans les conditions qui ne provoquent pas de modification sensible du milieu. Deux méthodes étaient possibles, la mesure in situ et la prise d'échantillons en tubes étanches.

Nous verrons plus loin comment on peut comparer les valeurs obtenues par ces deux procédés dans l'étude des variations annuelles.

A titre indicatif on a rassemblé dans le tableau III les valeurs mesurées en hivernage sur l'eau intersticielle des 6 profils.

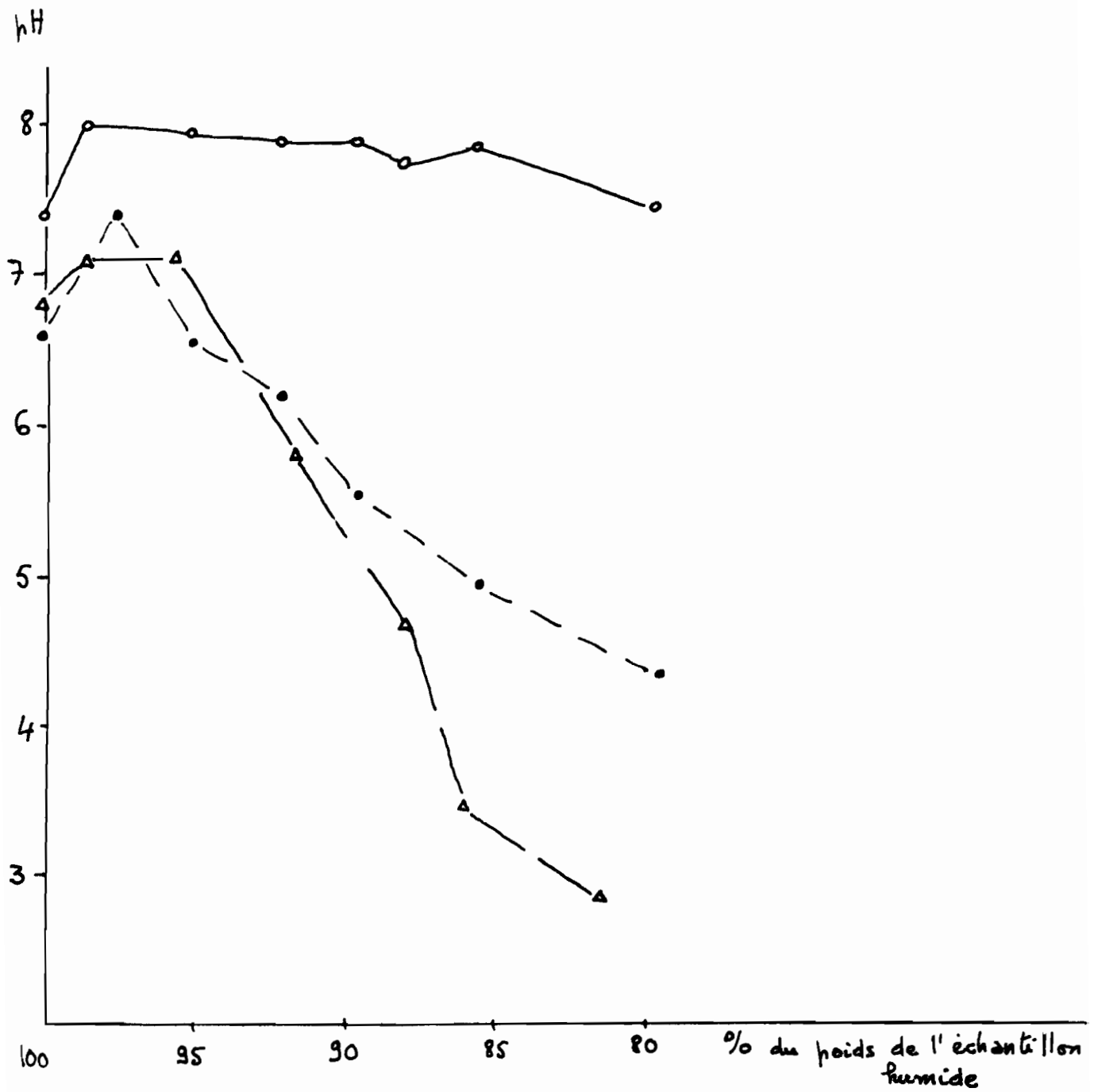
Tableau III

### pH de l'eau intersticielle en hivernage

Profils	I	II	III	IV	V	VI
0-20 cm	7,4	7,5	7,0	6,4	4,7	4,5
20-40 "	7,0	7,3	7,0	6,4	5,1	5,1
40-60 "	7,1	6,2	6,5	5,0	4,8	5,0
60-80 "	7,4	6,4	6,9	4,7	5,5	5,2
80-100"	8,0	6,4	6,4	4,6	5,3	5,3

Fig: 8

# EVOLUTION DU PH DES SOLS PENDANT LE SÉCHAGE



- o—o— Vase non colonisée (sous l'eau)
- Mangrove jeune à Rhizophora
- Δ—Δ— Mangrove ancienne à Rhizophora

On observe que le pH de l'eau intersticielle est plus bas dans les sols de tannes que dans la mangrove. Examinons maintenant le tableau IV des valeurs du pH des échantillons de ces mêmes sols après séchage à l'air.

Tableau IV

pH des sols de mangrove et de tanne après séchage à l'air

Profils	I	II	III	IV	V	VI
0-20 cm	2,4	3,5	4,0	4,I	4,I	5,4
40-60 "	2,4	2,6	2,5	2,5	3,7	4,7
80-100 "	2,3	2,3	2,3	2,I	2,9	3,5

Tous les échantillons subissent une acidification au séchage, mais cet effet est d'autant moins accentué que l'on passe des mangroves aux tannes. Il semble donc que les alternances répétées d'humectation et d'engorgement qui se produisent dans les tannes provoquent un épuisement progressif du stock de sulfures, dont l'oxydation par les Thiobacillus est susceptible de produire de l'acide sulfurique. Les ions sulfate formés en saison sèche sont en effet soit lessivés en hivernage, soit bloqués sous forme de sulfates de fer peu solubles.

L'évolution du pH d'un sédiment au cours du séchage permet ainsi de séparer une vase nue d'un sol de mangrove ou d'un sol de tanne. Dans une expérience un certain nombre d'échantillons de vases récentes et de sols de mangrove recueillis en pots étanches ont été soumis à une dessiccation ménagée, et le poids et le pH ont été mesurés périodiquement. La figure 8 présente les courbes de variation obtenus pour 3 d'entre eux, une vase nue sous l'eau, une mangrove jeune à Rhizophoras et une mangrove ancienne à Rhizophoras succédant aux Avicennias. Bien que l'on se soit limité à une perte d'eau relativement faible (20 % du poids de l'échantillon frais) on constate une forte baisse de pH dans les 2 échantillons de la mangrove, alors que dans la vase nue la variation est insignifiante. Il a été avancé par certains auteurs que le maximum

d'oxydation des sulfures se produisait pour une humidité de 60 % dans l'échantillon. L'humidité à l'état frais des échantillons de mangrove étant voisine de 200 % du poids de sédiment sec, soit 65 à 70 % du poids humide, c'est entre 65 et 55 % que l'on observe la forte baisse du pH.

Les mesures du potentiel d'oxydo-réduction ou Eh qui ont été effectuées sur l'eau intersticielle et sur le sol sont toujours plus élevées que les mesures in situ. On observe cependant que ces valeurs sont toujours un peu plus élevées dans les tannes que dans les mangroves.

### 3) Complexe absorbant.

L'analyse des cations absorbés suppose, en raison de la présence d'une grande quantité de sels solubles, soit une double détermination des sels solubles et des cations du complexe non dessalé, soit un dessalement par l'alcool qui s'est avéré particulièrement long et délicat.

A titre indicatif, on trouvera dans le tableau V quelques déterminations concernant les horizons de surface de 4 profils de la chaîne de sols.

Tableau V

Bases échangeables des sols des profils I, III, V et VI

( mé pour 100 g)

Profils	I	III	V	VI
CaO	3,4	3,2	2,0	4,4
MgO	7,6	7,4	4,5	5,6
K	1,8	2,2	1,7	1,5
Na	4,4	5,2	4,0	4,0
S	17,8	18,0	12,2	15,5
T	20,5	19,3	15,9	15,1
Na/T %	21,5	27,0	25,2	26,6
$\frac{Na + K}{Ca + Mg}$	0,56	0,70	0,87	0,55

On observe qu'il y a plus de Mg que de Ca, mais aussi plus que de Na, ce qui montre qu'une partie seulement du sodium de l'eau de mer est adsorbée sur le complexe. Le rapport Na/T est cependant partout supérieur à 20 %, bien que ces sols ne développent pas les caractères de sols à alcalis.

#### 4) Sels solubles.

Nous verrons ultérieurement comment évolue la salinité, mesurée par la conductivité électrique, tant dans la solution du sol que dans les prélèvements des piézomètres, au cours des saisons.

Il est intéressant de comparer les dosages des anions et cations solubles dans le sol et dans la solution du sol. On a rassemblé dans le tableau VI ces données pour 4 profils, les deux types de mangrove, le tanne vif et le tanne à *Heleocharis*. Pour les échantillons de sol on a procédé à un séchage à l'air puis les sels ont été déterminés sur l'extrait au I/IO et notés en milliéquivalents pour 100 g. Les résultats d'analyse des solutions extraites à la presse (dosés en mc/litre) ont été ramenées en mc pour 100 g en tenant compte de la teneur en eau de l'échantillon frais.

Nous comparerons dans le tableau VI les valeurs trouvées pour deux échantillons par profil.

Tableau VI

Sels solubles dans le sol (a) et dans sa solution (b)  
(mé/100 g)

Profils	I				III				V				VI			
	0-20 cm		80-100 cm		0-20 cm		80-100 cm		20-40 cm		60-80 cm		20-40 cm		60-80 cm	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Cl	22,0	71,0	82,0	53,0	31,0	61,2	97,5	43,5	47,0	76,0	128,7	114,0	76,0	64,2	102,0	119,0
SO <sup>4</sup>	12,4	6,3	29,5	6,2	10,0	14,2	87,5	2,1	8,4	7,0	47,5	12,5	15,4	8,8	76,2	19,6
Ca	1,3	3,8	3,6	2,7	1,1	3,6	3,2	1,5	1,2	2,6	3,2	3,9	1,6	2,5	7,3	4,5
Mg	10,6	14,7	37,3	11,7	8,6	16,9	40,3	9,2	9,5	17,2	37,1	25,5	21,3	17,7	52,0	32,3
K	1,1	1,5	0,1	1,1	1,1	1,2	0,1	0,8	1,3	1,2	1,2	2,6	1,3	0,8	0,2	1,7
Na	24,0	66,0	62,0	46,8	35,0	66,5	118,0	38,2	52,0	66,0	125,0	108,0	86,0	56,0	116,0	105,0



En confrontant ces données partielles on peut remarquer que le sol s'enrichit en ions sulfates par rapport à la solution (eau intersticielle), particulièrement dans les horizons profonds. Pour les chlorures par contre, si dans les horizons de profondeur le sol est plus riche que la solution, il n'en est pas de même en surface, dans les mangroves ; les différences s'estompent dans les tannes.

Les cations, en particulier sodium et magnésium semblent se comporter comme les chlorures.

Si l'on calcule les rapports des cations et des anions entre eux on constate par exemple que le rapport  $Cl/SO_4$ , qui est voisin de 10 dans l'eau de mer, est compris entre 11 et 22 en surface, entre 8 et 20 en profondeur pour ce qui est des mangroves, ce qui peut être considéré comme un indice de la réduction des sulfates.

Par contre, dans les tannes ce rapport s'établit entre 4 et 5 en surface et entre 5 et 8 en profondeur. Les raisons de ce renversement peuvent être d'une part l'oxydation des sulfures, d'autre part un certain lessivage préférentiel des chlorures, bien que la remontée capillaire provoque une concentration de l'ensemble des sels.

Pour le rapport  $Mg/Ca$ , on observe pareillement un renversement en passant des mangroves aux tannes. Dans les mangroves, il est un peu inférieur à sa valeur dans l'eau de mer, mais dans les tannes, il augmente beaucoup, montrant une accumulation du magnésium, accumulation relativement plus forte que celle du sodium, qui est moins bien fixé.

##### 5) Composés soufrés.

En l'absence de données concernant les teneurs en sulfures et polysulfures, on peut comparer les valeurs des teneurs en hydrogène sulfuré et en soufre élémentaire pour les 6 profils de la chaîne (en milliéquivalents pour 100 g, valeur maximum par horizon):

Tableau VII

Teneur maximum en  $\text{SH}_2$  et S élémentaire dans la chaîne de sols

Profils	I	II	III	IV	V	VI
0-20 cm	9,7	1,7	4,9	0,4	0	0
20-40 "	17,0	0,8	3,9	0,6	0	0
40-60 "	19,0	3,2	3,7	3,4	0	0,9
60-80 "	13,1	5,9	3,1	5,8	3,5	1,5
80-100 "	13,8	3,4	2,1	14,0	13,5	1,7

On observe une disparition progressive de ces composés des mangroves vers les tannes. Il est probable que les sulfures de fer persistent plus longtemps. Les chiffres obtenus dans les mangroves de Balingore en S et  $\text{SH}_2$  sont par ailleurs très inférieurs aux teneurs en soufre total citées par l'ILACO à Médina.

Il convient enfin de noter que les teneurs en hydrogène sulfuré et en soufre subissent des variations saisonnières qui seront exposées ultérieurement.

#### V - EVOLUTION DES SOLS.

Nous avons étudié dans le chapitre précédent les différents types de sols de la "chaîne" de sols de la mangrove au tanne et nous avons passé en revue un certain nombre de caractéristiques dont les variations relatives mettent en valeur les différents stades de l'évolution qui conduit des vases d'estuaire aux sols de tanne.

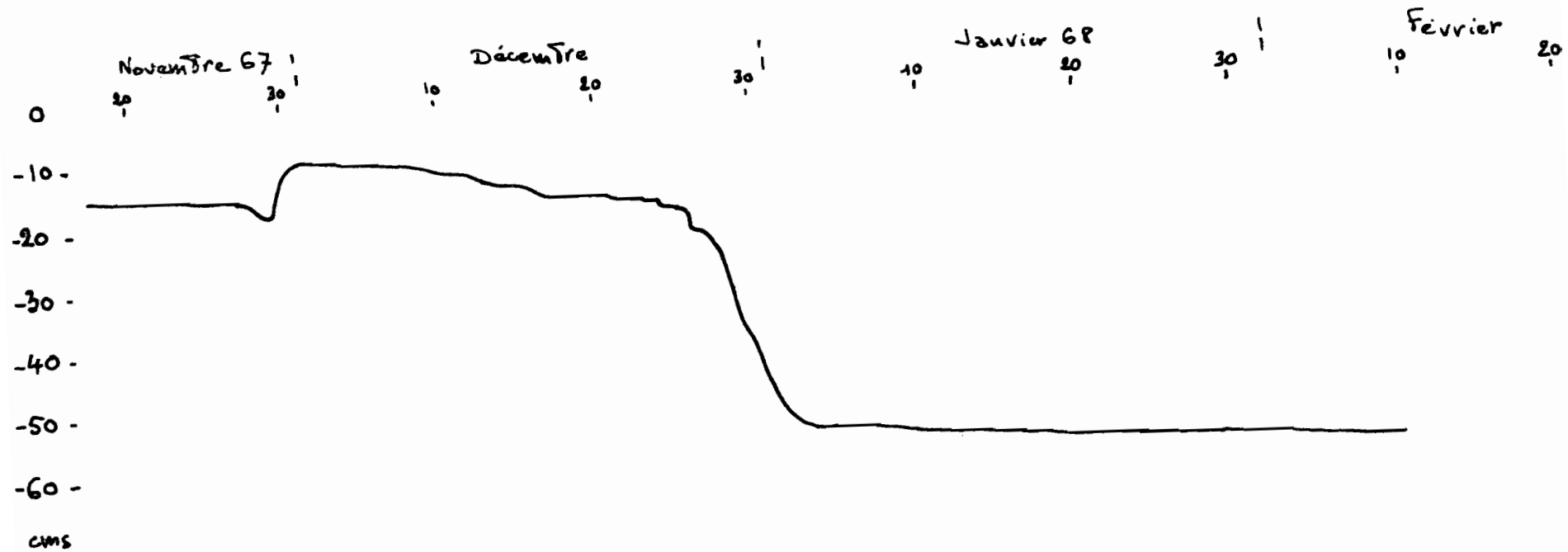
Nous envisageons maintenant l'aspect actuel de cette évolution par l'étude des variations annuelles de quelques unes de ces caractéristiques.

##### A) Régime hydrique dans la chaîne de sols.

Nous avons vu comment les variations de la nappe pouvaient être responsables

Fig: 9

COURBE DE TARISSEMENT  
NAPPE DU TANNE



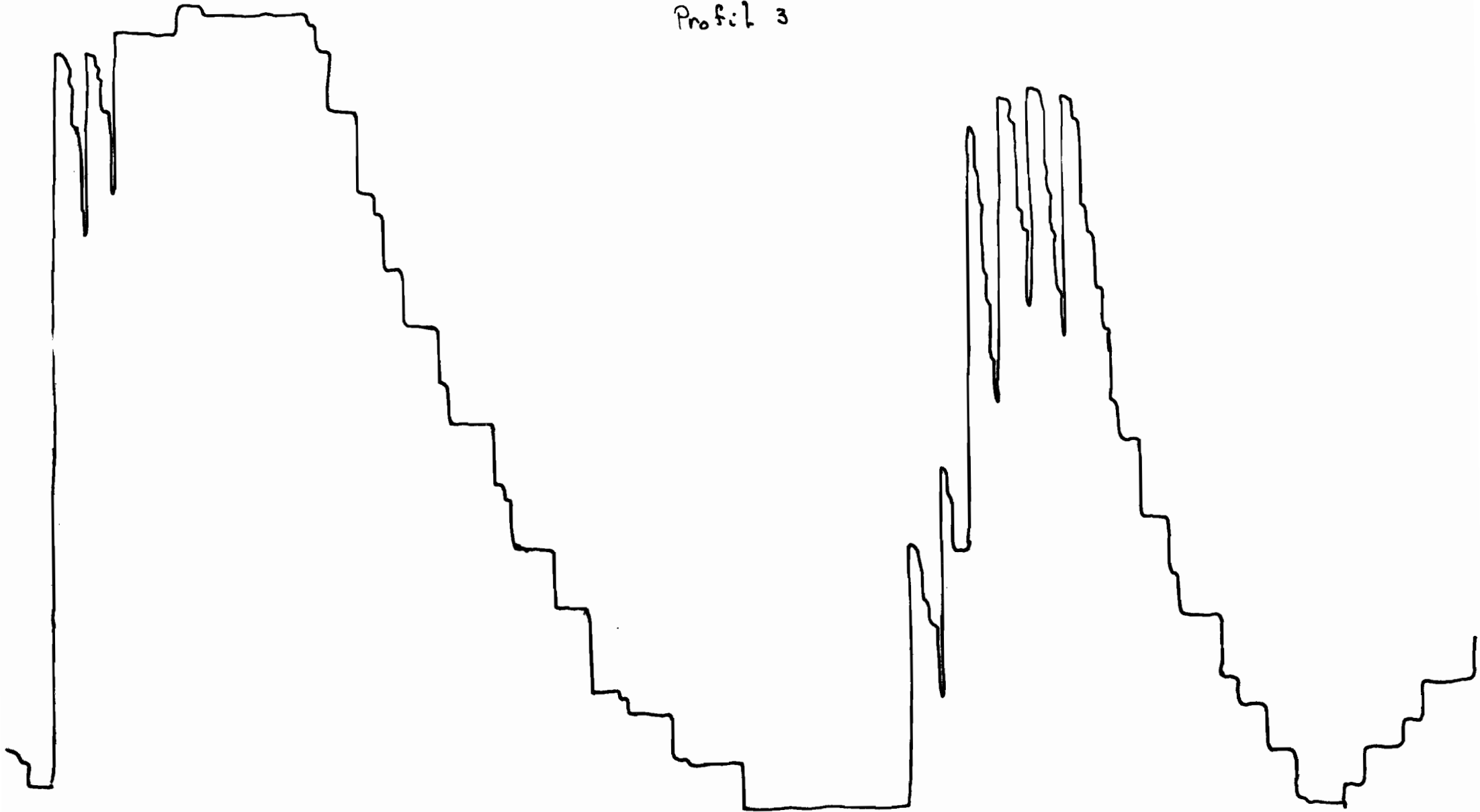
Courbe limnigraphique du profil VI (Nov 1967 - Février 1968)

Fig: 10

INFLUENCE DE LA MARÉE  
SUR LANAPPE DE LA MANGROVE

13-III-68 au 13-IV-68

Profil 3



de la zonation de la végétation, de l'extension des tannes ainsi que du développement de la structure dans les horizons de surface. L'étude précise de ces variations, tant de la hauteur des nappes que de leur concentration en sels, permet de mieux comprendre les cycles annuels observés par exemple dans les caractéristiques physico-chimique comme le pH et le potentiel redox.

C'est l'objet des études piézométriques et limnigraphiques.

### I) Battement de la nappe.

Nous avons vu que le battement de la nappe est d'autant plus large que l'on passe de la mangrove vers les tannes. On observe aussi que l'abaissement de la nappe se transmet progressivement du tanne vers la mangrove à Avicennias au cours de la saison sèche. Cependant, avant même les premières pluies on constate une remontée progressive de la nappe à la périphérie du tanne, liée à une remontée importante de l'hygrométrie.

Dans le centre du tanne, où un limnigraphie, était installé, le tarissement de la nappe se produit d'une manière assez brutale, ainsi qu'il apparaît sur la figure 9. Vers le milieu de la saison sèche 67-68 elle est passée en 4 jours seulement de 18 à 54 cm de profondeur.

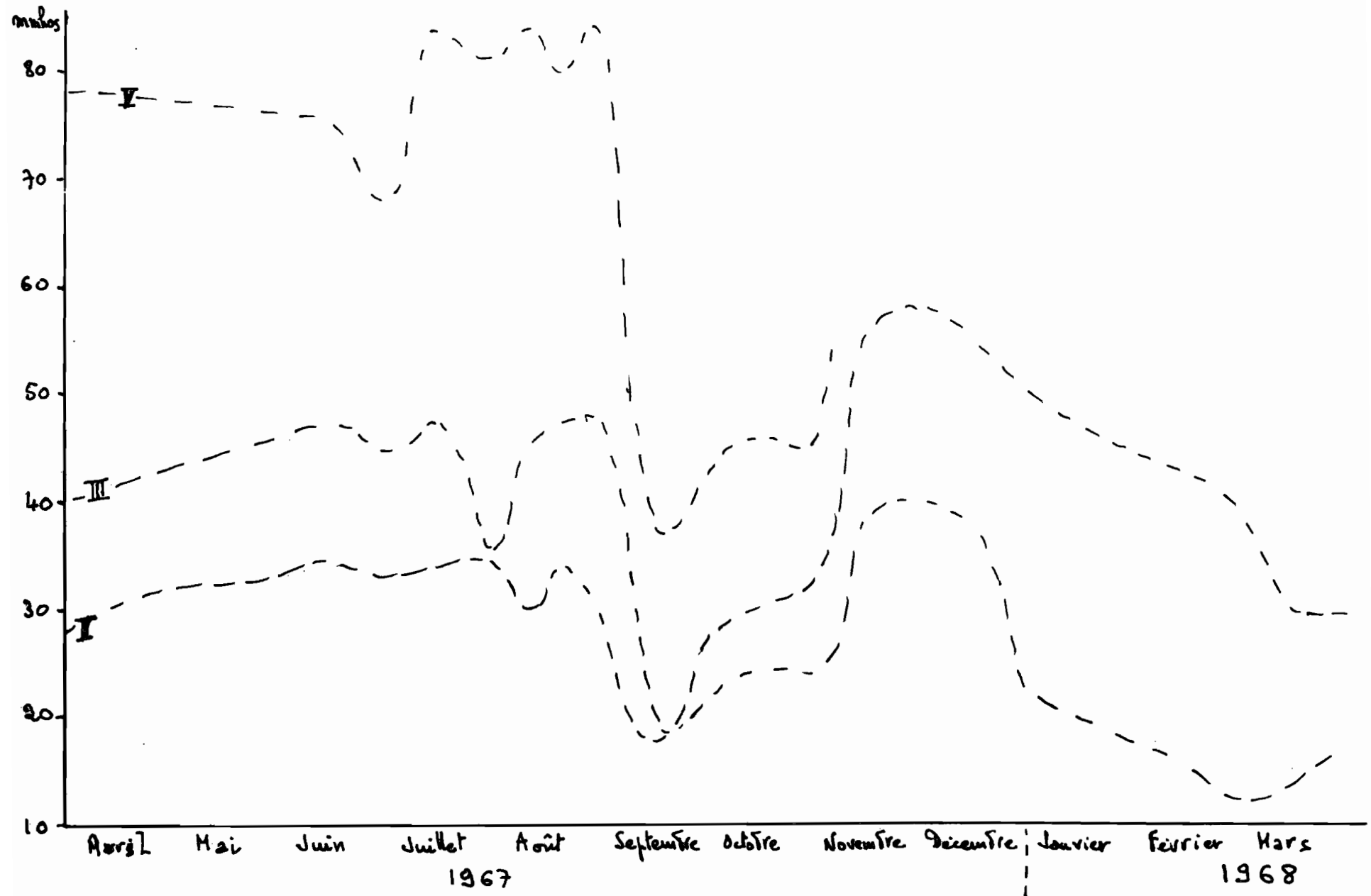
Dans la mangrove, la nappe subit les contrecoups des battements de la marée dans le marigot, et pas seulement quand les marées sont assez fortes pour en submerger l'ensemble. La figure 10 montre les variations de la nappe dans le profil III, de la mangrove à Avicennias et Scirpus, en période de marées de morte eau. Il existe donc un effet dynamique de la marée sur la nappe qui semble se transmettre jusqu'au tanne, mais moins perceptible. Il est donc possible que des mouvements de solutions se produisent dans l'ensemble de la chaîne de sols.

### 2) Variations de la salinité.

L'inondation en hivernage de l'ensemble des sols par les eaux douces, l'évaporation et la resalinisation du marigot en saison sèche se traduisent par d'importantes

fig.11 VARIATIONS DE LA CONDUCTIVITÉ (EC)

Piezomètres des profils I, III, V.



variations de salinité dans les nappes, et ces variations ont des amplitudes croissantes quand on passe de la mangrove au tanne.

C'est ce qui ressort de l'examen de la figure XI où sont portées les variations de la conductivité électrique de la nappe prélevée à 50 cm dans 3 profils de la chaîne.

Dans les 3 profils l'abaissement de la salinité est très brutal au début de l'hivernage. La remontée observée en fin d'hivernage doit être attribuée à l'incursion d'une ou plusieurs marées de vives eaux dans la mangrove, tandis que dans le tanne l'assèchement provoque une resalinisation brutale.

Les variations de la salinité mesurées dans les piézomètres se retrouvent dans l'eau intersticielle des sols. On comparera dans le tableau X leurs valeurs respectives mesurées en fin de saison sèche et en fin de saison des pluies dans les horizons correspondants.

Tableau X

Conductivités de la nappe (ECp) et de l'eau intersticielle (ECe)

en fin de saison sèche (S) et en fin d'hivernage (H)

Profils		I		II		III		IV		V		VI	
Saison		S	H	S	H	S	H	S	H	S	H	S	H
50 cms	ECp	33	38	42	50	46	53	54	—	—	98	—	75
	ECe	29,4	36	18,6	36	22,5	50	24,2	50	32	79	32,5	69
100 cms	ECp	37	37	43	50	50	56	55	61	85	96	67	74
	ECe	31	—	22,3	37,5	20,2	53	25,5	58	30	85	23,5	66

La conductivité, en millimhos/cm/cm<sup>2</sup> à 25 °, varie plus fortement dans la

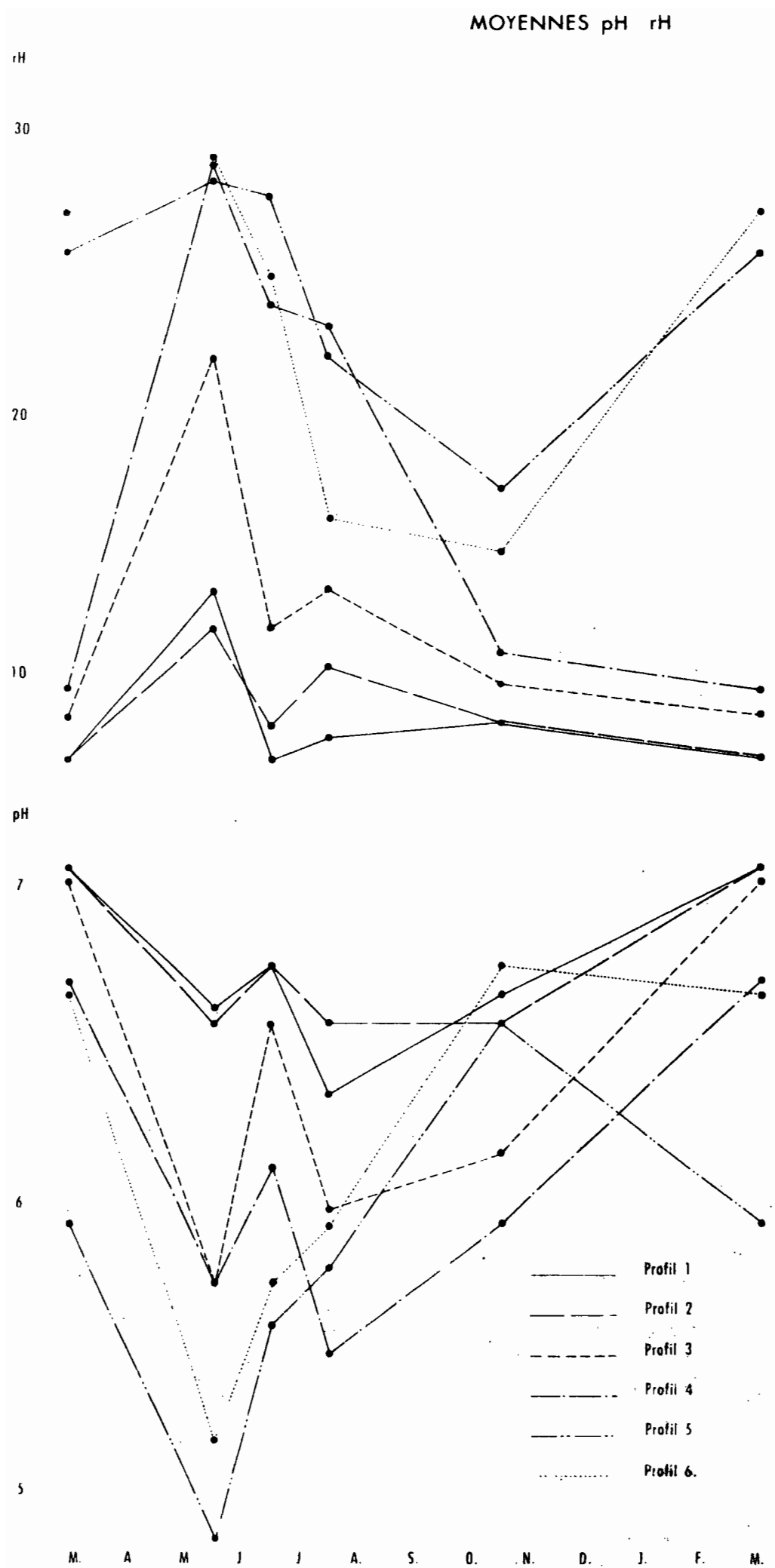


Figure 12



solution du sol (eau intersticielle) que dans la nappe. Il semble que l'équilibre se fasse en hivernage.

#### B) Variation annuelle du pH et du potentiel redox. (fig. I2)

Nous ne reprendrons pas le détail des observations collectées au cours de 2 campagnes de mesures dans les différents sites de la chaîne de sols. Nous reverrons seulement les conclusions les plus importantes.

Comme on pouvait s'y attendre, le potentiel redox est sous l'influence des conditions d'aération du sol, donc des variations de hauteur de la nappe phréatique ; cette influence est particulièrement nette dans les tannes.

Il est aussi logique d'observer généralement des variations inverses du pH et du potentiel. Il y a cependant des exceptions qui montrent que les mécanismes en jeu sont complexes.

En effet, si l'augmentation du potentiel provoque un abaissement corrélatif du pH, ce dernier peut descendre plus bas que ne le justifierait le simple effet de l'augmentation du potentiel. L'apparition de conditions oxydantes permet la transformation des sulfures en sulfates, donc en acide fort, qui accentue l'abaissement du pH. Par ailleurs, grâce aux mouvements des solutions acides, on peut observer une acidification alors même que les conditions ambiantes du sol sont redevenues réductrices.

Les variations sont plus importantes dans les tannes que dans les mangroves et l'hivernage provoque un certain regroupement des valeurs.

Dans la solution du sol, on observe également des variations du pH dont l'amplitude est comparable à celle des mesures in situ. Il existe cependant un certain décalage, en particulier dans les tannes où l'acidification se prolonge au début de l'hivernage.

Enfin si les mesures in situ ont montré que le pH est très souvent plus bas en profondeur qu'en surface, il n'en est pas de même dans la solution du sol.

Il semble donc qu'il y ait circulation verticale des solutions acides.

Il est enfin intéressant de remarquer que l'acidification disparaît progressivement dans l'horizon supérieur du tanne à Heleocharis, en raison sans doute de l'épuisement progressif des composés soufrés oxydables, ainsi qu'il l'a été mentionné auparavant. On a pareillement observé que dans le polder de Médina, là où existaient des tannes à Heleocharis, le pH baisse beaucoup moins sous l'influence du drainage que dans les emplacements originellement occupés par la mangrove.

### C O N C L U S I O N S .

Nous sommes donc bien en présence de la formation actuelle de sols et d'une évolution relativement rapide qui conduit, quand on doit en faire la cartographie, à faire se côtoyer sur une carte des types de sols classés dans des groupes, voire des classes différentes, bien que la roche-mère soit identique et la tendance pédogenétique unique.

Comment en effet classer les divers profils examinés le long de la chaîne de sols au sens large, depuis le dépôt dit de "slikke" jusqu'aux rizières douces des vallées ?

On peut considérer que le matériau originel du sol est complètement et définitivement en place lorsque la végétation s'installe. A ce moment, l'exhaussement postérieur sera faible, par contre on observera un enrichissement en même temps qu'une redistribution de la matière organique, ainsi qu'une redistribution des sels par le tassement, la circulation des solutions. Les modifications du matériau l'emporteront sur les apports de matériaux neufs.

Ce n'est donc que sur les slikkes, les bancs de vases nues non colonisées par la mangrove que l'on pourra parler de sols minéraux bruts d'apport marin, ou mieux, fluvio-marin.

Lorsque l'Avicennia est le premier occupant l'enrichissement en matière organique de l'horizon de surface est faible et les modifications physiques peu importantes. Cependant, quelques caractères chimiques sont modifiés par rapport à la vase nue. Il est permis alors de parler de sols peu évolués d'apport, sous groupe hydromorphe.

Sous Rhizophora par contre, l'enrichissement en matière organique est plus intense ; il se développe un horizon supérieur fibreux, assez poreux et perméable, tandis qu'en profondeur le sol devient mou et fluide. L'ensemble du profil est salé, mais la redistribution des sels est accompagnée d'une modification des rapports des cations et des anions entre eux. Les caractères hydromorphes sont cependant toujours prépondérants et l'on peut qualifier ce sol de sol hydromorphe, groupe humique à gley, salé.

Dans la mangrove interne à Avicennia, succédant au Rhizophora, les battements de la nappe sont de plus grande amplitude et il y a des périodes de plusieurs jours pendant lesquelles la marée ne recouvre plus les sols. Ces derniers se tassent et se déshydratent dans l'horizon supérieur ; parallèlement une partie de la matière organique disparaît et la salinité augmente. La partie supérieure du profil subit donc un début de maturation et la structuration commence, tandis qu'en profondeur l'horizon fluide se conserve et devient plus caractéristique d'un gley, tandis que quelques taches de pseudogley apparaissent dans l'horizon supérieur, en particulier le long des racines.

Ce sol est encore un sol hydromorphe humique à gley, mais il est nettement moins fibreux que le précédent qui pourrait peut-être se ranger dans la première sous-classe des sols hydromorphes, en abaissant un peu la limite inférieure du taux de matière organique.

Dès que la salure est trop forte pour que les Avicennias survivent on passe à un véritable sol salé, dans un domaine où l'alternance annuelle de dessication et d'engorgement succède à la submersion fréquente par les marées. Les battements de la nappe, le régime hydrique, sont responsables des modifications profondes que l'on

observe dans le sol.

Le profil est plus nettement différencié, gley et pseudogley sont bien caractérisés et il s'agit encore d'un sol à caractère hydromorphe, mais le dessèchement provoque un enrichissement important en sels en surface et l'apparition d'efflorescences salines et d'une structure poudreuse caractéristiques. Parallèlement les phénomènes d'oxydation provoquent une acidification importante.

Ce sol est donc à classer dans les sols halomorphes (ou sodiques) sous groupe salin acidifié.

Le terme provisoire de l'évolution, au milieu du tanne, est un sol un peu différent du précédent, le marais à Eleocharis est en effet moins salé, au moins légèrement dessalé en surface. La structure de l'horizon supérieur se développe plus nettement, l'horizon de surface poudreux a tendance à disparaître. Le sol serait alors intermédiaire avec les sols salins à horizon superficiel friable.

Quand le tanne est en bordure des sols des plateaux du Continental Terminal, par exemple le long des vallées transformées partiellement en rizières, les apports d'eau douce sont plus réguliers, la saison des pluies se continuant par l'écoulement de la nappe douce des plateaux ; le dessalement est plus intense, l'acidification disparaît, au moins dans l'horizon supérieur ; la végétation d'Eleocharis est remplacée par une prairie à Paspalum vaginatum, puis à Schizachirium dans les zones où la nappe ne dépasse pas la surface du sol en hivernage.

Le sol peut alors être classé hydromorphe minéral à pseudogley, comme le sol des lunettes qui est à rapprocher de ce dernier type.

Dessication et oxydation accentuent alors les ségrégations ferrugineuses, en particulier autour des anciennes racines de palétuviers.

En résumé, tout au long de la chaîne de sols qui conduit, à partir de la même roche-mère alluviale, des vases nues couvertes d'eau aux tannes dénudés puis aux

prairies marécageuses douces, on observe un balancement des influences tantôt dominantes, tantôt secondaires, de l'hydromorphie et de l'halomorphie.

Ces balancements dans l'évolution pédogénétique se reflètent dans la répartition relative des sols hydromorphes et des sols salés quand on passe de la zone d'estuaire aux vallées qui incisent les plateaux de Basse Casamance. De la zone littorale aux sols hydromorphes à végétation dense de palétuviers, on passe à une région où les tannes s'étendent et où les sols salés prédominent, puis vers l'amont à des sols hydromorphes à pseudogley favorables à la riziculture.

La différenciation morphologique des profils autant que les changements profonds des caractéristiques physiques et chimiques des sols, permettent de suivre les différentes étapes de cette évolution. Aussi intense que soit cette dernière, elle ne parvient pas cependant à effacer complètement les traces de l'origine de ces sols, grâce à la conservation de quelques racines de palétuviers fossilisées par des dépôts et des épigénies de sels et d'oxydes de fer.