

F00001-11

ETUDE PÉDOLOGIQUE DES FACTEURS
DE MORTALITE DES ESSENCES FORESTIERES
INTRODUITES EN MILIEUX SALES AU SENEGAL

REBOISEMENTS DES NIAYES ET DU SINE-SALOUM

P a r

Syaka SADIO

Pédologue

CHERCHEUR A L'ISRA/CNR F

EN POSTE A L'ORSTOM

Mars 1986

/ CENTRE ORSTOM/D A K A R /

S O M M A I R E

P A G E S

INTRODUCTION

CHAPITRE PREMIER : ETUDE DU MILIEU

I - LE CLIMAT	4
1.1. MBORO et LAC TANMA	4
1.2. NGAN et KEUR-MACTAR	5
II - GEOMORPHOLOGIE ET GEOLOGIE	6
2.1. MBORO et LAC TANMA	6
2.2. NGAN et KEUR-MACTAR	7
III - REBOISEMENT	8
3.1. MBORO	8
3.2. LAC TANMA	8
3.3. NGAN	8
3.4. KEUR-MACTAR	8

CHAPITRE DEUXIEME : ETUDE DES FACTEURS DE CROISSANCE ET DE LEUR INFLUENCE SUR LE DEVELOPPEMENT DES ESSENCES FORESTIERES	13
---	----

I - ETUDE DES FACTEURS PEDOLOGIQUES DE CROISSANCE	14
1.1. Méthodologie d'étude	14
1.1.1. Etude des plantations	14
1.1.2. Diagnostic des facteurs pédologiques	14
1.2. Les différents types de sol	15
1.2.1. Mboro	16
1.2.2. Lac Tanma	17
1.2.3. NGan	20
1.2.4. Keur-Mactar	22
1.3. Distribution de la salinité du sol dans l'espace et dans le profil	24
1.3.1. MBoro	24
1.3.2. Lac Tanma	25
1.3.3. NGan	26
1.3.4. Keur-Mactar	29
1.4. Les nappes superficielles	35
1.4.1. MBoro	35
1.4.2. Lac Tanma	37
1.4.3. Ngan	39
1.4.4. Keur-Mactar	41

II - ANALYSE STATISTIQUE DE L'INFLUENCE DES FACTEURS EDAPHIQUES SUR LE COMPORTEMENT DES ESSENCES FORESTIERES	46
2.1. Méthode de regression linéaire	46
2.1.1. Humidité du sol	46
2.1.2. p H	46
2.1.3. Salinité	47
2.1.4. Conclusion	47
2.2. Méthode d'analyse en composantes principales (ACP)	48
2.2.1. Etude des corrélations entre les facteurs	48
2.2.2. Interprétation	50
2.2.3. Mise en évidence d'un "effet horizon".	51
2.2.4. Conclusion	53
CHAPITRE TROISIEME : DISCUSSIONS ET CONCLUSION	58
I - DISCUSSIONS	59
1.1. Influence de la salinité sur la mortalité des arbres	59
1.1.1. Salinité du sol	59
1.1.2. Salinité de la nappe	60
1.2. Adaptation des plantes à la salinité	61
1.3. Influence de l'acidité	62
II - CONCLUSION et RECOMMANDATIONS	62
BIBLIOGRAPHIE	
A N N E X E S	

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

La salinisation des sols, phénomène naturel sous les climats arides à saisons très contrastées, a toujours été un problème préoccupant pour la mise en valeur agricole.

En effet, la récupération des sols sales se confronte à des problèmes de salinité excessive due à des phénomènes d'évaporation intense et de précipitation des sels en surface par remontées capillaires.

Le climat joue à cet effet un rôle très important, car en présence d'une bonne pluviométrie, les sels sont dissous et lessivés du système alors qu'une année sèche accentue les phénomènes d'évaporation et de reconcentration. C'est ainsi qu'au cours de cette dernière décennie, la sécheresse persistante a provoqué une stérilisation quasi-totale de milliers d'hectares de terres qui sont totalement envahies par les sels.

La permanence du phénomène "salinisation" a amené le Service des Eaux et forêts à entreprendre dès 1965, des tentatives de reboisement des sols salés dans la zone des Niayes et le delta du fleuve Sénégal. L'objectif de ces reboisements était de pouvoir produire du bois de feu sur des terres marginales afin de satisfaire la demande d'une population de plus en plus nombreuse. Les dix premières années de croissance ont suscité beaucoup d'espoir car les essences utilisées semblaient s'adapter au milieu. Mais la forte mortalité apparue au cours de ces six dernières années a minimisé très fortement les chances de récupération de ces sols et pose le problème, de la connaissance préalable du niveau de salinité du milieu d'introduction et du seuil de tolérance des essences utilisées. Cela nécessite donc, d'une part, une caractérisation des sites de reboisement afin de mettre en évidence les contraintes de croissance et d'autre part, des recherches sur la résistance à la salinité des essences forestières.

C'est dans ce cadre que nous avons entrepris des recherches et des suivis au niveau des reboisements des Niayes (Mboro et Lac Tanma) et du Sine-Saloum (Ngan et Keur-Mactar). Les recherches ont été menées sur le terrain de Mai 1984 à Octobre 1985. Les résultats révèlent une grande complexité du milieu et une interaction des facteurs de croissance à tel point qu'il paraît très difficile de mettre en évidence l'action de tel ou tel paramètre pédologique. Toutefois, nous avons pu mettre en évidence le rôle très néfaste d'une salinité excessive et d'une forte acidité sur la mortalité des arbres.

Ce document comprend trois parties :

- Chapitre Premier : Etude du milieu.
- Chapitre Deuxième : Etude des facteurs de croissance et de leur influence sur le développement des essences forestières
- Chapitre Troisième : Discussions et Conclusion.

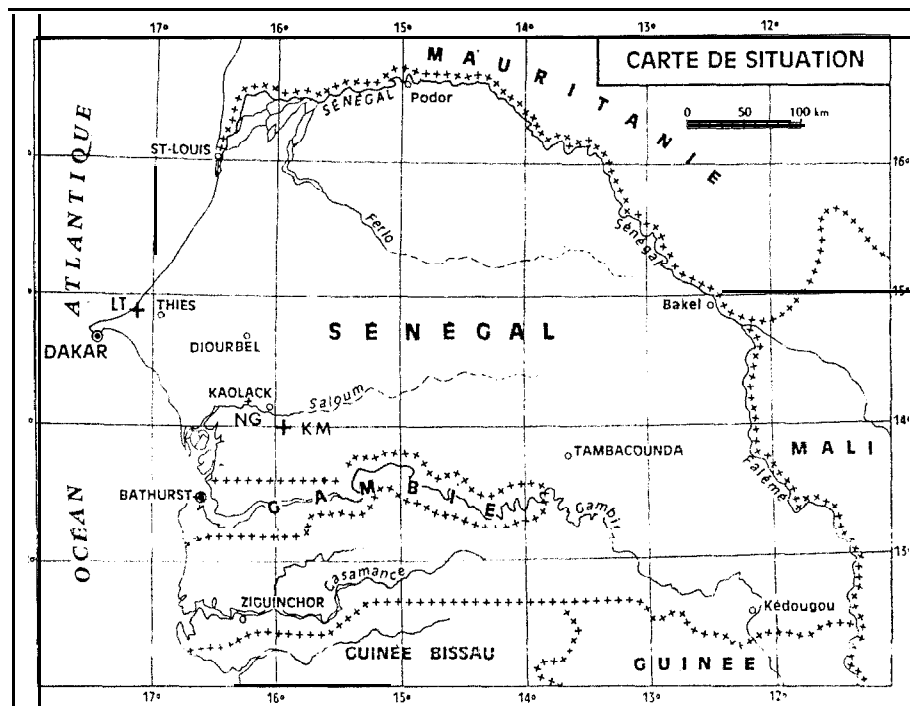


Figure 1. + K M : KEUR - MACTIAR
 + NG : NGAN
 + LT : LAC TANMA

CHAPITRE I

ÉTUDE DU MILIEU

1 - LE CLIMAT

1.1. MBORO et LAÏ TANMA

Ces deux sites se trouvent dans la zone des Niayes, entre Dakar et Saint-Louis, et appartiennent à la région de Thiès. Le climat est de type sahélo-côte-sénégalaise (AUBREVILLE, 1950) ou climat de la grande côte sénégalaise (LEROUX, 1980). C'est un climat azonal soumis à l'influence de l'alizé atlantique nord durant la majeure partie de l'année, et de la mousson pendant une courte période de la saison des pluies.

Les précipitations annuelles sont en diminution depuis 1965. La figure n°2 illustre la fluctuation des pluviométries annuelles autour de la moyenne de la période 1964-1984. Ce sont les années 1968, 1972, 1973, 1977 qui sont les plus sèches avec respectivement un déficit annuel de : -255,9 mm ; -263,6 mm ; -225,1 mm ; -203,5 mm. A partir de 1980, il s'est installée une sécheresse permanente. Le tableau n°1 montre la répartition mensuelle des précipitations, des températures et de l'évaporation.

Tableau 1 - Précipitations, Températures et Evaporation Piche
(Moyennes mensuelles)

	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moyenn.
Pluviométrie (mm) (1975/1982)	0,1	0,4	-	0,1	0,1	25,9	61,9	138,2	138,2	27,6	10,0	2,6	482,2
Température moyenne (°C) (1977/1982)	24,1	24,3	26,3	26,2	26,5	28,1	27,8	27,9	28,7	27,3	27,3	25,9	26,8
Evaporation Piche (mm) (1977/1982)	195,3	19,8,8	217,0	177,0	155,0	126,0	96,1	74,4	57,0	117,8	165,0	235,6	181,5

Les précipitations sont localisées entre les mois de juin et d'octobre avec 97 % de la moyenne annuelle. Ce sont les mois de juillet, août et septembre qui sont les plus pluvieux avec respectivement 17 %, 39 % et 29 % des précipitations totales.

Les températures moyennes mensuelles varient entre 23°C et 29°C, avec janvier comme le mois le plus "froid" et juillet le plus "chaud". L'évaporation Piche est plus élevée entre décembre et mars. La proximité de la mer expose ces sites à des conditions hygrométriques assez favorables.

La figure n°3 représentant les températures et les précipitations mensuelles fait apparaître une période humide située entre juillet et septembre et une période sèche plus longue allant de novembre à mai.

1.2. NGAN et KEUR-MACTAR

Situés à proximité de Kaolack, ces deux sites appartiennent au domaine climatique sahélo-sénégalais ou sahélo-soudanais, dominé par l'influence de l'Harmattan et soumis à une faible influence de l'alizé maritime. Pendant la saison humide, il subit une forte influence de la mousson, ce qui est à l'origine des précipitations relativement plus importantes dans cette zone que dans la partie centre nord du pays.

La figure n°4 met en évidence des années déficitaires et des années excédentaires. On a 8 années sèches contre 6 années humides. La pluviométrie a été nettement supérieure à la moyenne de la période en 1971 (+321,6 mm), 1978 (+121,3 mm), 1982 (+126,5 mm). ce sont les années 1983 (-223,2 mm) et 1980 (-109,6 mm) qui sont les plus sèches. Quant à la répartition des précipitations le tableau n°2 et la figure n°5 montrent que la saison humide se situe entre les mois de juin et octobre avec le maximum des précipitations en août (35 %). La période la plus humide ne dure que trois mois : juillet (27 %), août (35 %) et septembre (27 %).

Les températures moyennes mensuelles varient entre 25°C et 31°C. Les mois les plus chauds sont avril, mai et juin avec des températures respectives de 30°C, 30°C et 30°C. Les mois de décembre et janvier sont les plus frais, avec des températures de 26°C.

L'évaporation Piche atteint le maximum au mois de mars avec 292,6 mm, puis diminue régulièrement jusqu'à 70,7 mm en septembre, à partir duquel elle augmente progressivement. On voit que la période où le pouvoir évaporant de l'air est plus importante ne coïncide pas exactement avec la période la plus chaude. Ceci serait dû à l'effet desséchant des vents de l'harmattan.

Tableau 2 - Précipitations, Températures et Evaporation Piche
(Moyennes mensuelles)

M o i s	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Pluviométrie (mm) (1977/1983)	0,01	0,4	0,2	0,0	1,8	27,8	130,4	196,5	115,8	29,6	5,8	1,6
Températures moyennes (1977/1983)	25,9	27,5	29,7	30,6	30,9	30,5	29,7	28,6	28,9	30,0	28,5	26,0
Evaporation Piche (mm) (1977/1982)	246,4	266,7	292,6	235,5	218,0	136,9	102,9	70,3	70,7	121,5	194,9	231,7

II - GEOMORPHOLOGIE ET GEOLOGIE

2.1. MBORO et LAC TANMA

L'histoire géologique de la grande côte sénégalaise a été jalonnée par différentes phases qui ont profondément marqué le paysage géomorphologique des Niayes. Ainsi, selon P. MICHEL (1973), trois grandes périodes se sont succédées :

- La Transgression inchiérienne qui débuta au cours de la seconde moitié du Pléistocène supérieure et aboutit à la formation d'Ergs constitués de dunes, vers 18 000 BP.
- La période Nouakchottienne dont la transgression vers 5 500 BP, a entraîné la formation de petits golfes avec envahissement par l'eau salée de mer des basses vallées qui se sont transformées en petites lagunes dans les entailles des dunes littorales.

La mer a envahi la vallée de MBORO, élargissant la partie aval en un petit golfe. Les eaux marines se sont insinuées dans les interdunes séparant les petits reliefs dunaires, de sorte que le petit golfe comprend de nombreuses ramifications. Un golfe plus vaste s'est établi dans la dépression du LAC TANMA au niveau de Kayar. La mer arrivait alors presque au pied de la cuesta de Thiès.

Au cours de la régression marine, l'eau de mer s'est retirée, laissant en place des sels piégés dans le sol et des nappes d'eau salée à moyenne profondeur.

- La période de l'importante Dérive littorale N.S., engendrée par la grande houle venant du N.N.W., amenant de grandes quantités de sables provenant de l'abrasion des dunes de l'Agneitir au Nord de Nouakchott et celles de Trarza en bordure de l'Altout Es-Sahéli (MICHEL, 1973). Cette dérive a provoqué la fermeture des anciens golfes par les dunes littorales semi-fixées. La fermeture de la grande Niaye de MBORO semble s'être faite à une date récente d'après le rétrécissement des dunes subactuelles près de son exutoire. Celle du LAC TANMA semble relativement plus ancienne puisque les dunes littorales se sont étendues sur plusieurs kilomètres au niveau de ces anciens golfes.

Les deux vallées de MBORO et de LAC TANMA ne sont plus aujourd'hui que des vallées mortes qui ne sont remplies d'eau que pendant la saison des pluies.

La grande Niaye de MBORO, allongée WNW - ESE recoupe presque perpendiculairement une succession de dunes rouges. Une série d'anciennes petites vallées sont encore bien visibles dans le paysage.

Le Lac Tanma s'étend loin dans l'arrière zone jusqu'au pied de la Cuesta de Thiès et présente un étranglement très net dans sa partie aval au passage des dunes ogoliennes.

2.2. NGAN et KEUR-MACTAR

Le paysage géomorphologique a été façonné par les mêmes grandes phases géologiques qui sont apparues dans la grande côte et qui ont été décrites ci-dessus. L'héritage géologique met en évidence l'existence de golfes entièrement occupés par la mer au cours de la transgression Nouakchottienne. Cette transgression a laissé des dépôts de sables qui forment une terrasse en bordure du plateau continental et qui subsistent parfois en îlots isolés dans les vagues plus récentes.

Après le Nouakchottien, la grande Dérive littorale NS entre 4 800 et 4 200 BP a provoqué la formation de cordons littoraux successifs qui ont fermé partiellement le golfe au milieu duquel se sont déposées des vases. Une légère régression marine a permis une émergence des vasières qui ne sont plus recouvertes à marée haute et se sont transformées en tannes vifs, étendues sursalées et généralement dépourvues de végétation.

Le fleuve Saloum n'est aujourd'hui qu'une simple ria dont le chenal est exclusivement parcouru par les eaux marines. La marée remonte jusqu'à environ 130 km de l'embouchure et envahit toutes les ramifications du réseau hydrographique qui fonctionne ainsi comme un réseau d'irrigation d'eau salée (MARIUS, 1979).

III - REBOISEMENT

3.1. MBORO

La végétation naturelle était constituée d'Acacias divers et de Tamarix sénégaleensis.

La plantation 3 a été réalisée en 1967 par le secteur forestier de TIVAOUANE dans le cadre de reboisement des Niayes. Elle comporte deux essences : Melaleuca leucadendron (30 ha) et Casuarina equisetifolia (15 ha), introduites dans deux parcelles monospécifiques. L'écartement est de 3 m x 3 m. Elle est située à 2 km de la mer, de part et d'autre de la route menant à la plage de MBORO.

3.2. LAC TANMA

La végétation naturelle était constituée de Tamarix senegalensis situé en bordure du lac, d'Acacia nilotica sur le glacis de raccordement et d'Acacia seyal, Acacia albida, Balanites aegyptiaca et Ziziphus mauritiana sur le plateau.

Les plantations ont été effectuées entre 1965 et 1967, avec Melaleuca leucadendron, Eucalyptus camaldulensis et Casuarina equisetifolia, pour une superficie totale de 264 ha. Seul Melaleuca leucadendron a été mis en bordure du lac, c'est-à-dire dans la partie anciennement occupée par Tamarix senegalensis. Eucalyptus camaldulensis se trouve dans la zone intermédiaire entre la bordure du lac et le plateau où a été installé Casuarina equisetifolia. Melaleuca leucadendron est la principale essence utilisée, environ 2/3 de la superficie totale reboisée. La figure n°6/b montre la répartition des essences du bord du lac vers le plateau. L'écartement était de 3 m x 3 m.

3.3. NCAN

Le milieu était occupé par Tamarix senegalensis, Boeria verticillata, Combretum glutinosum et Acacia seyal. La figure n°6/c montre la répartition de la végétation du cours d'eau vers le plateau.

La plantation a été effectuée en 1980 par le secteur forestier de Kaolack, avec d'Eucalyptus camaldulensis. Elle couvre une superficie totale de 20 ha depuis la limite des tannes vifs jusqu'au glacis de raccordement avec les terres de culture. L'écartement était de 4 m x 4 m.

3.4. KEUR-MACTAR

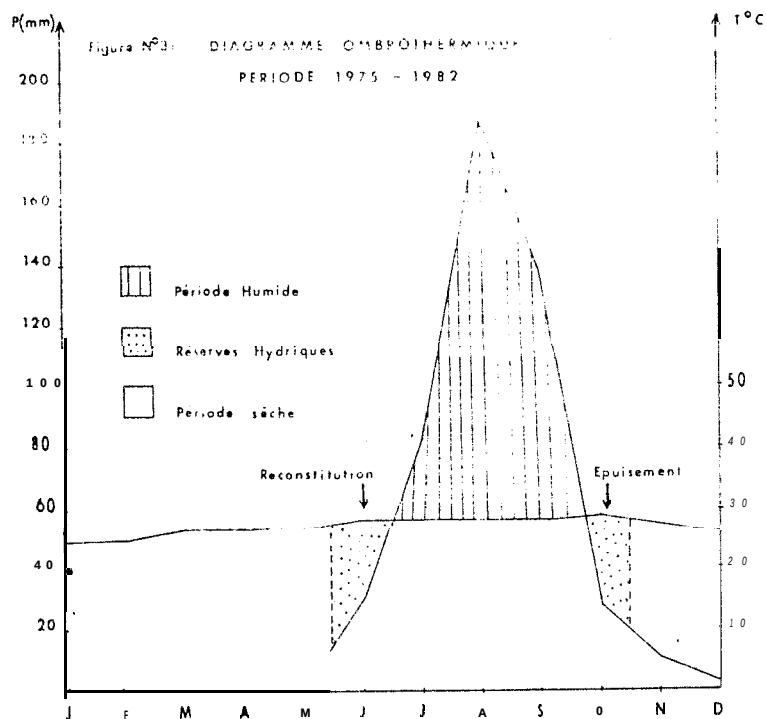
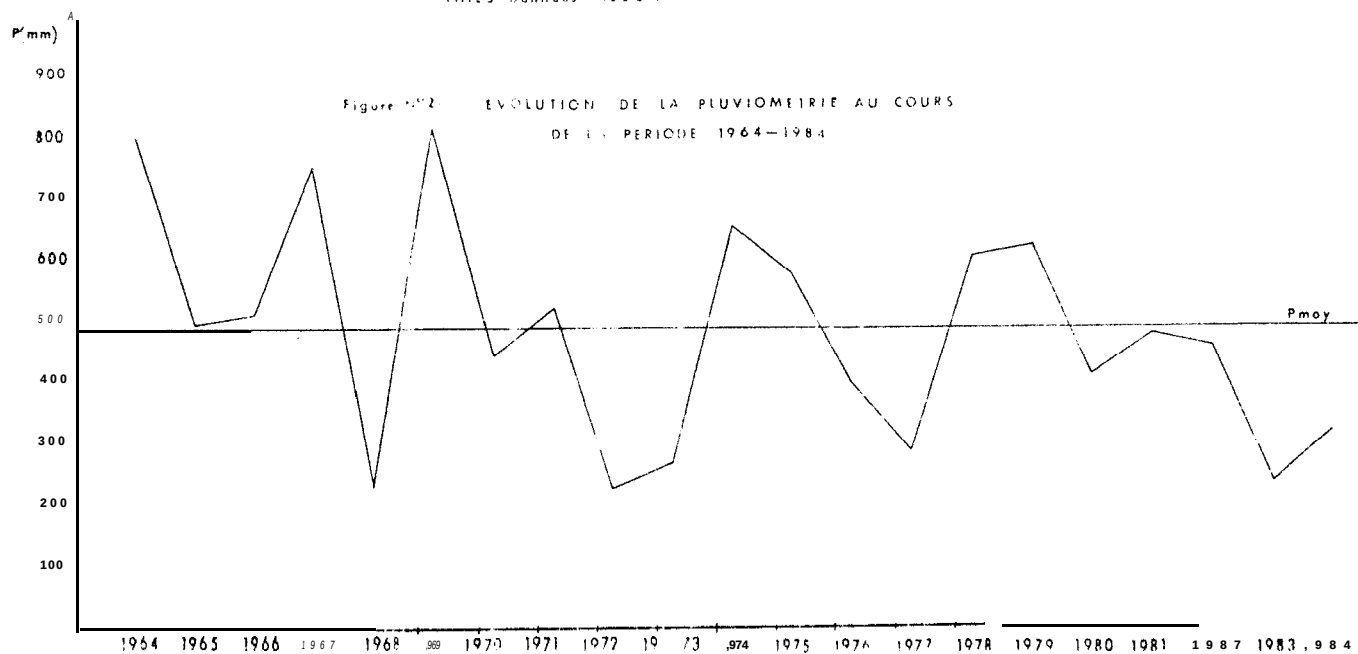
Les études ont été menées dans la station du Centre National des Recherches Forestières (ISRA/CNRF). Elles concernent seulement les essais d'introduction de Melaleuca spp. installés sur les sols salés.

Le terrain ne portait presque pas ou peu de végétation qui était souvent des *Tamarix senegalensis* ou des Halophytes à base de *Boreria verticilata*. Les endroits nus portaient des souches mortes, probablement de *Conocarpus erectus* et de palétuviers (GIFFARD, 1971).

L'essai d'introduction a été complanté en 1971 avec *Melaleuca leucadendron* (provenance de Hann/Dakar), *M. viridiflora* (provenance Australie n°7232/FTB), *M. viridiflora* (provenance Nouvelle-Calédonie n°109/CTFT) et *M. viridiflora* (provenance Nouvelle-Calédonie n°110/CTFT). L'introduction s'est faite par plateau monospécifique de dimension variable, avec un écartement de 3 m x 3 m (GIFFARD, 1971). Les études ne concernent que les parcelles plantées avec *M. viridiflora*.

MBORO et LAC TANMA
(THIES - Données ASECNA)

Figure N°2: EVOLUTION DE LA PLUVIOMETRIE AU COURS
DE LA PERIODE 1964-1984



NGAN et KEUR-MACTAR

(Kaolack-Données ASECNA)

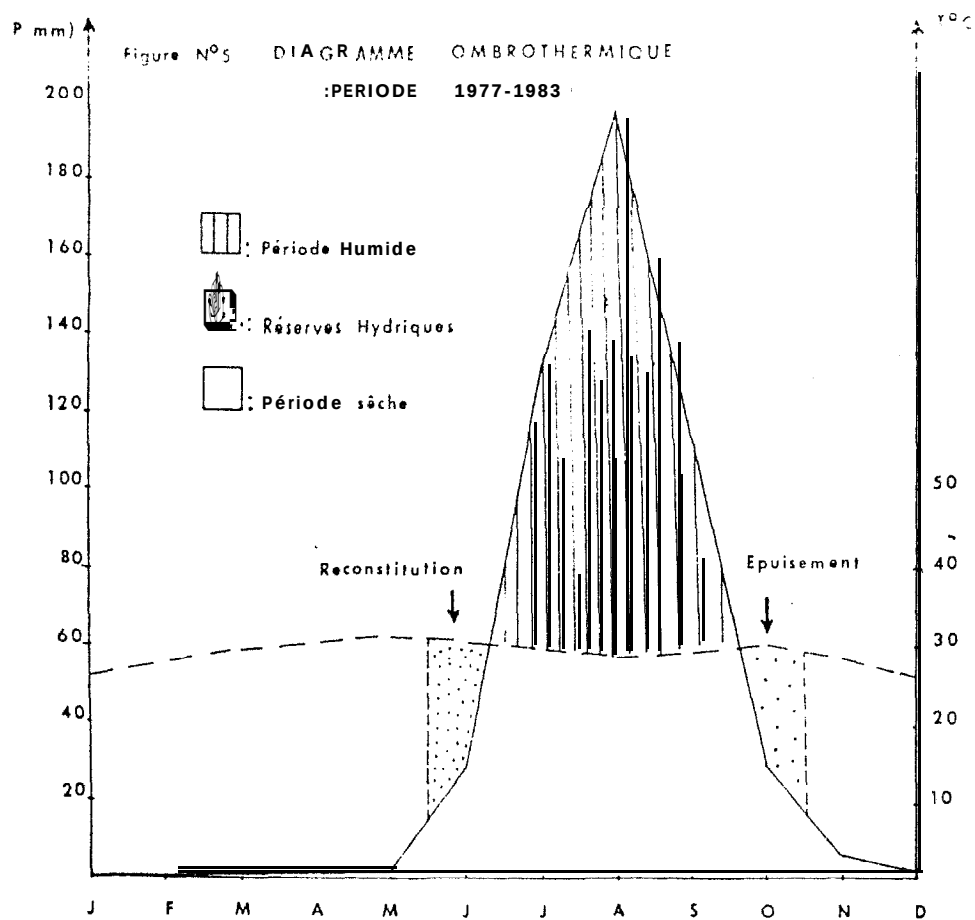
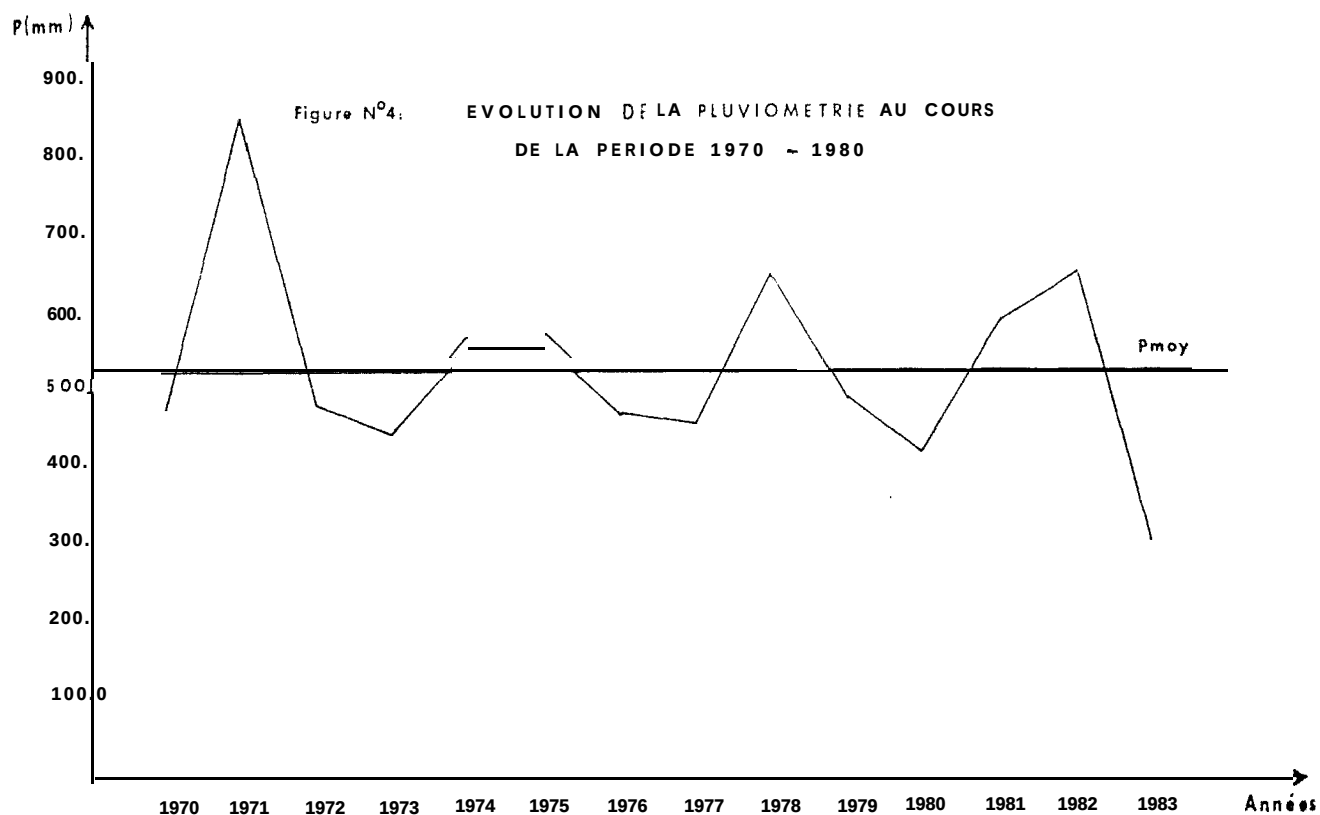
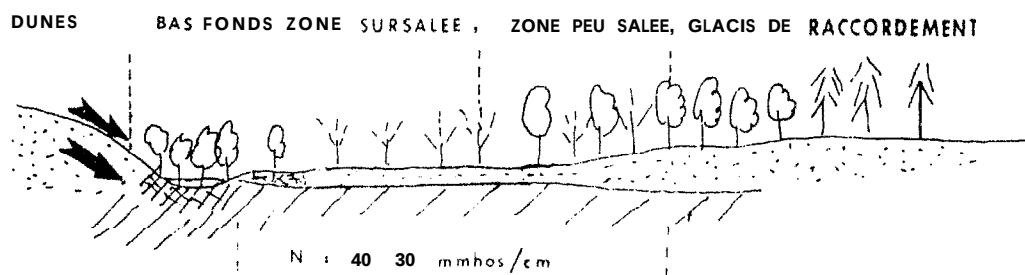
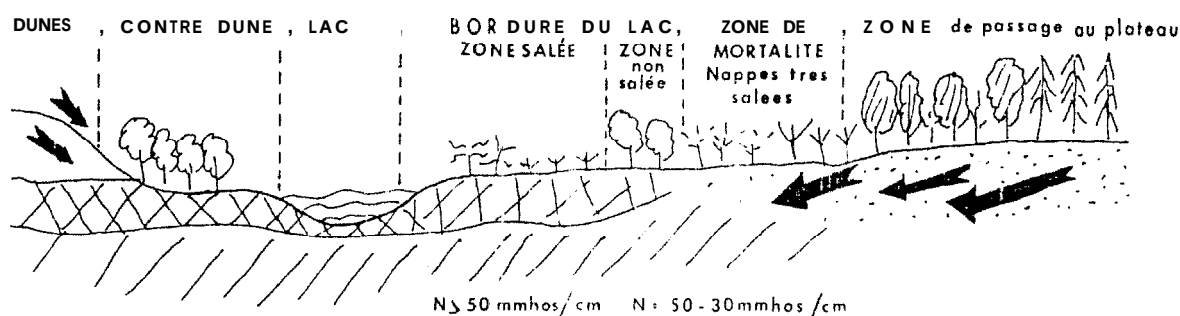


Figure N°6: COUPES GÉOMORPHOLOGIQUES

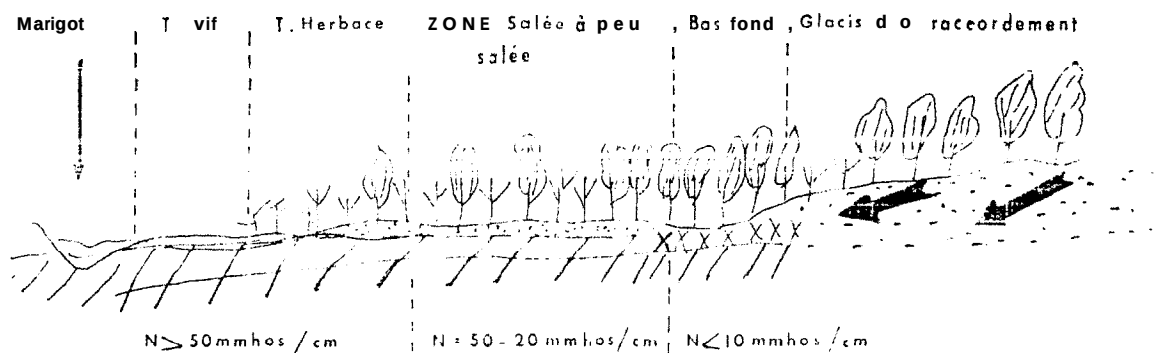
a/ MBORO



b/ LAC TANMA



c/ NGAN



LEGENDE



CHAPITRE II

ÉTUDE DES FACTEURS DE CROISSANCE
ET DE LEUR INFLUENCE
SUR LE DÉVELOPPEMENT DES ESSENCES FORESTIÈRES

1 - ETUDE DES FACTEURS PEDOLOGIQUES DE CROISSANCE

Nous appelons facteurs de croissance les paramètres édaphiques et hydriques dont l'influence se manifeste de façon très marquée sur le développement des arbres. Ces facteurs peuvent être favorables ou défavorables à une bonne croissance des arbres. Dans cette étude nous nous sommes limités aux caractéristiques physico-chimiques du sol, à la salinité (sol et nappe) et aux réserves hydriques actuelles. Il est bien évident que d'autres facteurs peuvent interférer en même temps que ceux que nous avons étudiés en influençant leur action.

1.1. METHODOLOGIE D'ETUDE

1.1.1. Etude des plantations

Dans les différentes plantations, nous avons tout d'abord procédé à l'étude du comportement phénologique des arbres. Cette étude a pour but d'identifier les zones de mortalité, les zones où la végétation existe mais a un mauvais développement et des zones de bonne croissance.

Des points d'observation ont été choisis dans chacune des trois zones retenues. Au niveau de ces placeaux, des mesures sur la circonférence et la hauteur, ont été effectuées. Des arbres ont été déracinés afin de connaître la morphologie du système racinaire et le niveau de pénétration dans le sol. De mai 1984 à octobre 1985, nous avons procédé au suivi de l'évolution de la mortalité au niveau des points d'études.

Le nombre de points d'observation varie en fonction de l'importance du reboisement et de l'hétérogénéité du milieu. C'est: ainsi qu'on en a retenu 4 à MBORO, 16 au Lac Tanma, 20 à NGAN et 7 à Keur-Mactar.

1.1.2. Diagnostic des facteurs pédologiques

1.1.2.1. Types de sol

Au niveau de chaque point d'étude nous avons effectué des prospections pédologiques afin de déterminer la nature du sol et les facteurs physiques limitants. Les sols ont été décrits à l'aide de profils et complétés par des sondages à la tarière de façon à connaître leur répartition spatiale.

Sur les échantillons prélevés au niveau des différents horizons des types de sols, nous avons effectué des analyses granulométriques et des mesures de pH (eau et KCl) et sur extrait 1/5.

1.1.2.2. La salinité;

Afin de connaître le niveau et la répartition spatiale de la salinité du sol à travers les plantations, nous avons procédé à des prélèvements d'échantillons de sol dans les profils et au niveau des points d'observation. Sur les échantillons ainsi prélevés des mesures de pH et de conductivité électrique ont été effectuées à partir d'extraits aqueux au 1/5. Compte tenu de l'importante variation dans le temps de la salinité du sol, nous avons effectué sur certains endroits, deux à trois prélèvements à différentes périodes : Mai ou Juin et Octobre 1984.

A l'aide de la tarière pédologique, nous avons effectué des sondages de nappes afin de connaître leur profondeur par rapport à la surface du sol, puis prélevé des échantillons d'eau. Sur les échantillons prélevés, sont mesurés le pH et la salinité et dosés les éléments majeurs. L'installation de tubes piézométriques dans les plantations nous a permis de suivre dans le temps les variations du niveau des nappes phréatiques.

Pour pouvoir comparer les différents sols, nous avons regroupés les résultats dans les classes suivantes :

1/ : Sol non saié	=	CE $\leq$ 1 mmhos/cm
2/ : Sol peu salé à salé	=	1 < CE < 2 mmhos/cm
3/ : Sol moyennement salé	=	2 < CE < 3 mmhos/cm
4/ : Sol très salé	=	3 < CE < 5 mmhos/cm
5/ : Sol sursalé	=	CE > 5 mmhos/cm

1.1.2.3. Réserve hydrique actuelle

Pour connaître l'humidité actuelle du sol, nous avons prélevé des échantillons tous les 30 ou 50 cm à l'aide de la tarière. Les échantillons sont mis dans des bocaux hermétiquement fermés de manière à éviter des évaporations. Au laboratoire, on mesure le poids de l'échantillon frais et le poids sec après 72 heures de séchage à l'étuve à 105°C. Le poids de l'eau est obtenu par différence et exprimé en pourcent de l'échantillon sec.

1.2. LES DIFFERENTS TYPES DE SOL

L'étude pédologique réalisée entre Mai et Décembre 1984, a mis en évidence une grande hétérogénéité des sols entre les sites et à l'intérieur des reboisements. La classification adoptée est celle du CPCS de 1967.

* : Ce terme s'applique au sol et à l'eau de la nappe phréatique.

1.2.1. MBoro

Les sols sont formés sur des matériaux d'apport d'origine, soit marine, soit éolienne. Le substratum est généralement sableux, avec à certains endroits, des alluvions argileuses déposées dans le creusement des anciennes vallées. L'étude pédologique a été réalisée en Mai 1984.

Les unités pédologiques se répartissent dans les classes suivantes :

- Sols peu évolués
- Sols hydromorphes
- Sols halomorphes

1.2.1.1. Unité n°1 : Classes des sols peu évolués

Les sols peu évolués non climatiques d'apport colluvio-alluvial sur matériaux sableux à sablo-argileux. (SMB.P2)

Ils sont riches en matière organique bien humifiée sur l'horizon supérieur. Le profil est peu structuré et peu différencié. Ils sont souvent profonds, perméables et bien drainés et non ou très peu salés.

La conductivité électrique est généralement inférieure à 1 mmhos/cm. Le pH est neutre à légèrement acide.

Ces sols occupent la plus grande partie de la plantation.

1.2.1.2. Unité n°2 : Classe des Sols hydromorphes

Les sols hydromorphes à pseudogley, sur colluvions sablo-argileuses non ou peu salés ($CE < 1$ mmhos/cm) ; ils sont marqués par une hydromorphie temporaire qui se manifeste par la présence de taches de pseudogley à faible profondeur. Ils sont localisés dans des zones basses ou à la lisière des anciennes vallées et assez représentés dans la plantation. La structure a tendance à devenir compacte en profondeur. Le pH est compris entre 5 et 7.

1.2.1.3. Unité n° 3 : Classe des Sols halomorphes (Cf. MAIGNIEN, 1965) ou sodiques (CPCS, 1967)

Ils occupent une faible superficie de la plantation et se trouvent localisés dans les bas-fonds assez ouverts des anciennes vallées qui étaient envahies par les eaux salées au cours de la grande transgression nouakchottienne. Ils appartiennent au groupe des sols salins. On distingue trois sous-groupes principaux :

a) sous-groupe n° 1 : Sols salés : Sols salés dont la conductivité électrique sur extrait au 1/5 est inférieure à 2 mmhos/cm. Ils sont caractérisés par une couleur grise avec une teinte plus foncée dans la partie supérieure et claire en profondeur, des taches jaune-ocres et ocre-rouges, une texture limono-argileuse et une structure massive à compacte. Le pH est neutre (7 - 7,4) : SMB.P3

b) sous-groupe n° 2 : Sols moyennement salés dont la conductivité électrique moyenne est comprise entre 2 et 4 mmhos/cm. Certains sols présentent une faible couche à structure poudreuse en surface dont la CE de l'extrait au 1/5 varie entre 3 et 5 mmhos/cm (SMB.P4).

Ils sont humifères avec parfois une mince couche de matières organiques en surface. Ils se caractérisent par une couleur brune plus foncée à la partie supérieure, une texture argileuse à argilo-sableuse, une structure massive, des taches ocre-rouille, rouge et jaune-ocre très nombreuses apparaissant dès 20 cm de profondeur. Ce sont des sols assez profonds et bien aérés. Le pH est légèrement acide, compris entre 5 et 6,6. La salinité est très variable d'un horizon à l'autre et se trouve comprise entre 0,7 et 4,0 mmhos/cm.

c) sous-groupe n° 3 : Sols hypersalés dont la conductivité électrique moyenne l'extrait au 1/5 est supérieure à 4 mmhos/cm. Ils sont caractérisés par une forte salinité qui se manifeste au niveau du profil par la présence d'efflorescences salines et au surface par une couche à structure soit poudreuse, soit en croûtes de sels. La salinité à ce niveau peut être supérieure à 20 mmhos/cm sur extrait au 1/5.

1.2.2. LAC TANMA

Les études pédologiques effectuées par PEREIRA-BARRETO (1961), SADIO en 1984 et BENARICHA (1985) ont mis en évidence une origine sédimentaire des sols marqués par l'action des grandes phases géomorphologiques qui se sont succédées dans la grande côte. Les sols sont essentiellement sableux souvent en mélange avec des coquillages à base d'*Arcas senilis*.

On distingue trois grandes unités de sols appartenant aux classes suivantes : Sols peu évolués, Sols hydromorphes, Sols isohumiques

1.2.2.1. Unité n°1 : Classe des Sols peu évolués

Sous-classe : des sols peu évolués d'origine non climatique.

Ces sols sont constitués de matériaux sableux qui leur confèrent une texture très grossière.

Certains sols contiennent de nombreux coquillages plus ou moins altérés en mélange avec le sable. Ils sont souvent assez profonds et riches en matière organique. On distingue, suivant l'origine des matériaux et suivant la morphologie du profil :

, GROUPE n°1 : Sols peu évolués d'apport éolien :

Les sols occupent la partie haute du reboisement, c'est-à-dire la zone de raccordement avec le plateau. Ils sont très sableux sur tout le profil. Ils ne contiennent généralement pas de coquillages. Le pH est compris entre 6 et 7,8.

Le profil est peu différencié, avec des horizons qui se distinguent par la couleur brun-foncé dans la partie supérieure et brun clair ou beige en profondeur. Le taux d'argile est inférieur à 5 % , ils sont pauvres en matière organique (carbone = 2,6 % et azote = 0,20 % en surface)

, GROUPE n°2 : Sols peu évolués d'apport alluvio-colluvial sur terrasses sableuses

Ils occupent la plus grande partie du reboisement et sont caractérisés par la présence en surface d'une importante couche de matière organique très humifiée dont l'épaisseur peut atteindre 10 cm.

On distingue trois sous-groupes :

Sous Groupe n°1 : Sols peu évolués d'apport humifères

Ces sols se situent sous les peuplements de Melaleuca leucadendron dont la décomposition des feuilles fournit un humus assez épais à la surface du sol. La couche humifiée est holorganique avec quelques débris fins de coquillages. On distingue deux faciès selon que l'on a un horizon coquillier immédiatement au-dessous de l'horizon humifère, ou en position intermédiaire, c'est-à-dire entre deux horizons sableux. Les profils types sont représentés par les profils SLT.P4 et SLT.P5 en annexe.

Sous-Groupe n°2 : Sols peu évolués d'apport, hydromorphes

Ces sols occupent la plus grande partie du reboisement. Ils sont caractérisés par des taches d'hydromorphie à pseudogley qui apparaissent dès le deuxième horizon ou en moyenne profondeur. Ils se situent non loin de la bordure immédiate du lac, dans la zone du glacis de raccordement. On distingue deux faciès.

- Sols humifères peu ou non coquilliers :

Ils sont plus représentés et sont constitués de matériaux très sableux plus riches en argile que les sols peu évolués humifères. Les sables sont en mélange avec des débris coquilliers plus

ou moins altérés. Les taches d'hydromorphie sont assez variées ocre, jaunes, rouilles et brun olive. La morphologie du profil type est donnée en annexe par le profil SLT.P9.

- Sols humifères coquilliers

Le profil est constitué d'horizons essentiellement de débris coquilliers mélangés à la terre fine, soit depuis le deuxième horizon jusqu'à 1 m de profondeur, soit sur tout le profil (SLT.P7).

Sous-Groupe n°3 : Sols peu évolués d'apport, salés

Les sols de ce sous-groupe sont caractérisés par un profil peu évolué, contenant des débris coquilliers en mélange avec le sable et assez marqué par l'hydromorphie qui se distingue par la présence de taches très variées à partir de 50 à 60 cm de profondeur. Ils sont salés en profondeur avec une salinité de l'ordre de 1,7 mmhos/cm sur extrait 1/5 (profil SLT. P17).

1.2.2.2. Unité n°2 : Classe des Sols hydromorphes

Sols hydromorphes à pseudogley, peu humifères

Ces sols sont marqués au niveau du profil par la présence de taches de pseudogley depuis le deuxième horizon, vers 30-40 cm. Leur évolution est influencée par la présence d'une nappe phréatique battante ou par un engorgement superficiel pendant l'hivernage. Ils sont situés dans les petits bas-fonds et en bordure du lac où certains sont salés en profondeur. Ils sont peu représentés dans le reboisement. La texture est limoneuse en surface et sableuse en profondeur. Ils contiennent peu de coquillages qui sont très altérés (Profil SLT 12).

Unité n°3 : Classe des Sols isohumiques

Ils se caractérisent par une incorporation assez profonde de la matière organique, jusqu'à environ 50 à 60 cm. Mais cette matière organique est moins importante que dans les sols humifères peu

évolués. Ces sols sont peu représentés dans le reboisement. Ils sont localisés dans la zone du plateau dans des milieux anciennement occupés par des Acacias divers et Zizuphus spp.

1.2.3. NGAN

Les sols sont très variés de par leur origine détritique (Continental terminal) et marine (Transgression nouakchottienne). On trouve des sols peu évolués modaux sur les glacis de raccordement ou sur terrasses sableuses, des sols halomorphes, des sols sulfatés acides et des sols hydromorphes minéraux salés. Ils ont été décrits en Octobre 1984.

1.2.3.1. Unité n°1 : Classe des Sols peu évolués

. GROUPE des Les sols peu évolués d'apport colluvio-alluvial.

Sous-Groupe n°1 : Sous-Groupe modal, famille sur glacis de raccordement :

Le profil est de type AC présentant souvent une compacité à partir de 50 cm augmentant avec la profondeur. Le matériau est sablo-argileux à argilo-sableux.

Ils sont caractérisés par une texture plus fine, une couleur gris-brun dans la partie supérieure du profil et brun jaunâtre à jaunâtre en profondeur, avec des taches jaune-ocre et ocre-rouille. On remarque en profondeur une certaine cimentation due à l'organisation du fer et de l'argile (SNG. P3).

Sous-Groupe n°2 : Sous-Groupe modal, famille sur terrasse sableuse

Ils sont caractérisés par des matériaux très sableux de couleur gris-beige à gris-brun dans les horizons supérieurs, des teintes très variées dans les horizons B, jaunes, rouilles, rouges avec de la jarosite dans certains profils. On distingue deux types : un type caractérisé par la présence de taches jaune pale (jarosite) et un type caractérisé par la présence d'un faible horizon à oxydes de fer de couleur rouge vif (SNG. P10).

Sous-Groupe n°3 : Sous-Groupe hydromorphe sur terrasses sableuses

Ils occupent les petites buttes qui leur confèrent une position relativement surelevée par rapport aux tannes qui les entourent très souvent. Ils sont sableux sur tout le profil et présentent une faible salure en profondeur et des taches d'hydromorphie à pseudo-gley (SNG. P8).

1.2.3.2. Unité n°2 : Classe des sols hydromorphes -

Sous-classe des Sols hydromorphes minéraux ou peu humifères

Ces sols occupent souvent des positions basses et sont fortement marqués par une hydromorphie temporaire due aux eaux de pluies qui stagnent dans ces bas-fonds ; ils sont de ce fait non ou très peu salés. Ils présentent une structure très compacte due à leur texture très fine, un pseudogley de surface et un gley profond. Le battement de la nappe est souvent très fort. Le pH est neutre à légèrement acide. La CE sur extrait 1/5 est inférieure à 50 micro-mhos/cm.

1.2.3.3. Unité n°3 : Classe des sols halomorphes (MAIGNIEN, 1965) ou Sodiques (CPCS, 1967)

Ce sont les sols de tannes. On distingue deux sortes :

- des tannes herbacés,
- des tannes vifs.

. GROUPE n°1 : Sols salés, sur tannes herbacés

Les sols des tannes herbacés ont une salinité plus faible que celle des tannes vifs. Ils supportent une végétation halophyte composée de *Boreria verticillata*, *Tamarix senegalensis*, etc..., et un autre type de végétation non halophyte telle que *Acacia seyal*, et *Andropogonacées*.

Ces sols présentent comme caractéristiques morphologiques, une couleur grisâtre à jaunâtre, de nombreuses taches et un baroi-lage en profondeur avec parfois de la jarosite, une texture sabio-argileuse à argileuse en profondeur. Certains sont non ou peu salés dans la partie supérieure (S.N.G P4).

Le pH est généralement voisin de la neutralité et: la CE sur extrait 1/5 est comprise entre 0,2 et 2 mmhos/cm.

GROUPE n°2 : Sols salés, sur tannes vifs

Les sols des tannes vifs sont des sols très salés provenant de l'évolution; avec le temps, des sols de mangroves (C. MARIUS, 1979) et dont on trouve dans certains profils 'd'anciennes racines ferruginisées ou des fibres mal décomposées. On distingue deux sous-groupes :

Sous-Groupe n°1 : Les sols sursalés à efflorescences salines:

Sableux en surface et argileux en profondeur, de couleur souvent gris-beige avec des taches de teintes vives ocres et jaunes. Ils présentent en surface une structure poudreuse avec des boursouflures ou des croûtes blanches de sels. Ils sont souvent parasulfatés acides avec des pH compris entre 4 et 5. La CE sur extrait 1/5 est comprise entre 7 et 13 mmhos/cm. Ils sont caractérisés par des dépôts de sables amenés lors des hautes marées du marigot (MARIUS, 1979). Profil type : SNC. P5.

Sous-groupe n°2 : Les sols très salés sulfatés acides

Ces sols sont caractérisés par un horizon B à couleur "purée de marron", une consistance peu développée dite de "beurre" et de nombreuses taches jaunes pâles de jarosite. Ils présentent en profondeur dans la vase des traces d'anciennes racines de palétuviers décomposées.

Le pH est compris entre 3,7 et 4,2. La CE sur extrait 1/5 est très variable ; on distingue alors des sols sulfatés acides salés (CE: 2 - 4 mmhos/cm, profil type : SNG. P7 et des sols sulfatés acides sursalés (CE : 8 - 12 mmhos/cm, Profil type SN.G P6 et SN.G P11).

1.2.4. Keur-Mactar

Les sols sont formés sur des matériaux d'origine détritique dans les parties exondées (Continental terminal) et d'origine alluviale. issus des dépôts sableux lors du comblement alluvial des vallées pendant la Transgression nouakchottienne.

Les sols se répartissant dans les classes suivantes :

1.2.4.1. Unité n°1 : Classe des Sols hydromorphes

Sous-classe des Sols hydromorphes minéraux ou peu humifères

La salinité est inférieure à 0,5 mmhos/cm. Ils occupent les positions basses et le glacis de raccordement avec la zone du plateau. Ils sont caractérisés par des taches d'hydromorphie actuelle ou ancienne (Profil type : SKM. P7).

1.2.4.2. Unité n°2 : Classe des Sols halomorphes (MAIGNIEN, 1965) ou Sodiques (CPCS, 1967).

. Groupe des sols salins

On distingue des sols salés à pH neutres à légèrement acides

avec une CE comprise entre 2 et 4 mmhos/cm (extrait 1/5) ; des sols parasulfatés acides à pH compris entre 4 et 5 avec des CE variables entre 1 et 4 mmhos/cm, des sols sulfatés acides (pH : 4,0 - pH 3,0), parfois même moins se répartissant en sols sulfatés acides salés (CE : 1 et 5 mmhos/cm, SKM. P2) et sols sulfatés acides très salés (CE : 5 - 13 mmhos/cm, avec des structures poudreuses en surface (CE parfois de l'ordre de 20 mmhos/cm sur extrait 1/5) ; profils types : SKM.P1 et SKM.P5.

Cette classe occupe la plus grande surface ; les plus répandus étant les sulfatés acides.

Groupe des Sols salins à alcalins :

Caractérisés par des pH compris entre 7,8 et 8,8. Ils sont situés sur le creusement de la petite vallée morte qui constitue la zone d'accès de l'eau salée pendant la période des hautes-eaux. On distingue des sols alcalins peu salés à salés avec des CE de l'ordre de 1 mmhos/cm sur extrait 1/5 et des sols salins à alcalins (solontchak sodique) avec des CE comprises entre 3 et 5 mmhos/cm et une structure poudreuse en surface. Ces sols sont très peu représentés dans la station (profil type : SKM. P4).

CONCLUSION -

D'une manière générale, nous pouvons dire que les sols sont caractérisés à travers les ^{caractéristiques} ~~caractéristiques~~ ^{matériaux} ~~matériaux~~ ^{physico-chimiques} ~~physico-chimiques~~ sont dans l'ensemble profonds, bien aérés et perméables. Mais la nature très grossière de la texture de certains sols est un caractère très défavorable à la croissance des arbres à cause de leur déficit hydrique important pendant la saison sèche.

Dans les plantations de NGAN et KEUR-MACTAR, la compacité des sols situés sur le glacis de raccordement s'oppose à la pénétration profonde des racines des arbres. Il s'en suit un engorgement temporaire pendant l'hivernage, d'où asphyxie racinaire.

Les sols de Ngan et Keur-Mactar sont plus affectés par la salinité que ^{ceux} de Mboro et Lac tanma. La distribution spatiale de la salinité est très variable d'un sol à l'autre. Dans les deux premiers sites, l'hypersalinité du sol se traduit par des espaces complètement nus, sans végétation, avec des croûtes de sels ou des couches poudreuses en surface.

1.3. DISTRIBUTION DE LA SALINITE DU SOL DANS L'ESPACE ET DANS LE TEMPS

Les résultats ci-après ont été obtenus à partir d'extraits aqueux au 1/5 des échantillons prélevés des points d'observation délimités dans les différentes plantations. Ils concernent la distribution dans l'espace et la variation saisonnière dans le profil de la salinité du sol.

1.3.1. MBQRQ

Tableau n°3 - pH et salinité (CE mmhos/cm, Ext. 1/5, 20°C) du sol des points d'observation

Echantillons	SMB. 1		SMB. 2		SMB. 3		SMB. 4	
Profondeur (cm)	PH	CE (20°C) (mmhos/cm)	PH	CE (20°C) (mmhos/cm)	PH	CE (20°C) (mmhos/cm)	PH	CE (20°C) (mmhos/cm)
0 - 30	5,7	0,7	7,1	1,5	7,3	3,2	5,3	16,0
30 - 60	5,8	0,3	7,1	1,3	7,8	0,90	6,2	5,1
60 - 90	6,6	0,1	6,8	1,3	8,3	0,8	6,4	11,5
90 - 120	6,1	0,3	6,7	1,4	8,6	0,5	6,2	4,5
120 - 150	4,9	0,4	6,8	0,6	4,4	2,9	-	-
150 - 180	4,2	0,5	6,1	1,2	8,7	0,3	-	-
180 - 210	3,4	0,8	4,2	1,2	8,6	0,4	-	-

Les résultats du tableau n°3 concernent les prélèvements effectués en mai 1984. Nous n'avons pas étudié la variation saisonnière de la salinité.

La salinité varie beaucoup d'un point à l'autre et pour un même type de sol d'un horizon à l'autre. Les figures n°7 (a, b, c et d) montrent que la distribution des sels dans le profil n'est pas uniforme. Les horizons supérieurs sont généralement les plus salés ; ce qui semble illustrer une certaine dynamique ascendante des sels. Dans les échantillons SMB.1 et SMB.3, la salinité diminue progressivement de la surface vers la profondeur, jusqu'à 120 cm pour ensuite remonter. Dans le sol salé représenté par l'échantillon SMB.2, la distribution est plus homogène malgré la chute de la salinité entre 120 et 150 cm. Dans les sols très salés et sursalés, il se produit une migration très importante des sels entre 30 et 60 cm de profondeur, vers la surface où ils viennent s'accumuler sous forme de croûte de couleur blanche ou brun-noir à consistance dure, ou en couche poudreuse brun-noir. Cela crée des conditions de sursalure en surface, transformant ainsi les sols en tannes vifs.

1.3.2. LAC TANMA

Les résultats du tableau n°4 concernent les échantillons prélevés des points d'observation en Mai 1984. Sur l'extrait 1/5, il a été mesuré le pH et la CE et dosé les éléments majeurs. Compte tenu du fait que les sols sont non ou peu salés, nous nous sommes limités à un seul prélèvement.

Tableau n°4 - pH et Salinité du sol (CE mmhos/cm, Ext.1/5, 20°C)
des points-d'observation du Lac Tanma

Echantillons	SLT.1		SLT.2		SLT.3		SLT.4		SLT.5		SLT.6		SLT. 7		SLT.8	
Profondeur (cm)	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE
0 - 30	7,9	0,10	8,0	0,30	-	-	8,6	0,10	8,1	0,20	8,0	0,10	8,0	0,20	8,3	0,20
30 - 60	0,3	0,10	0,5	0,10	8,6	0,10	8,6	0,10	8,4	0,10	8,3	0,10	8,5	0,20	8,7	0,10
60 - 90	8,4	0,10	8,5	0,20	8,3	0,20	8,6	0,10	8,4	0,20	8,5	0,10	7,5	0,50	8,6	0,20
90 - 120	8,2	0,10	8,3	0,20	8,7	0,10	8,7	0,10	8,5	0,10	8,4	0,20	7,3	0,80	8,5	0,30
120 - 150	7,4	0,10	8,5	0,20	9,2	0,10	8,7	0,10	8,6	0,20	7,5	0,40	7,1	1,30	7,5	0,60
150 - 180		0,60	7,6	0,50	8,8	0,10	7,4	2,00	7,3	0,40	7,2	1,10	7,1	1,10	7,5	0,60
180 - 210	7,4	1,60	7,5	0,80	7,8	0,30	7,4	0,70	7,1	0,80	7,2	2,10	7,1	1,10	7,6	2,4
Moyenne	8,0	0,40	8,1	0,30	8,6	0,10	8,3	0,45	8,1	0,30	7,9	0,60	7,5	0,70	8,1	0,60

Les résultats montrent dans l'ensemble que les sols ne sont pas salés. Cependant, on remarque une salinité apparente à partir de 180 cm dans les échantillons SLT.1, SLT.6, SLT.7 et SLT.3. Seul, l'échantillon SLT.7 représentant le sol du groupe n° 3 de l'Unité 1 présente une salure à partir de 120-150 cm de profondeur et peut être qualifié de sol salé. La salinisation de profondeur (180-210 cm) s'explique probablement par la remontée de la nappe salée pendant la saison pluvieuse.

Les pH sont neutres à alcalins, compris entre 7 et 9.

Le dosage des éléments majeurs sur les extraits aqueux au 1/5, (annexe) met en évidence une prédominance de HCO_3^- (40 à 80 % des anions), Ca^{2+} (40 à 70 % des cations) et de Cl^- (34 à 43 % des anions). Ils sont suivis par le sodium (Na^+) et le magnésium (Mg^{2+}). Dans la plupart des sols, le calcium (Ca^{2+}) est l'élément dominant. Il est suivi soit par les bicarbonates (HCO_3^-) puis les chlorures, soit par le sodium dans le cas des sols sales." L'abondance des bicarbonates expliquerait en partie avec le sodium les pH alcalins.

1.3.3. NGAN

Compte tenu de la grande hétérogénéité du milieu, nous avons analysé des échantillons prélevés sur 20 points d'observation. Les résultats du tableau n° 5 montrent la salinité et le pH obtenus à partir de mesures effectuées sur des extraits au 1/5. Il a été également étudié la variation saisonnière de la salinité dans le profil sur certains points d'observation.

Les résultats révèlent une grande variabilité de la distribution spatiale de la salinité. La plupart des sols sont non ou peu salés, avec une conductivité électrique moyenne sur extrait 1/5 inférieur à 1 mmhos/cm. Parmi ces sols, certains sont salés en profondeur à partir de 90-120 cm, avec une salinité de l'ordre de 3 mmhos/cm (SNG.3) vers 150 cm. On trouve également des sols salés, très salés et sursalés (SNG.16, SNG.17 et SNG.18). Au sein d'un même profil, la salinité varie d'un horizon à l'autre. La variation de la salinité dans le profil met en évidence deux situations : dans le cas des sols peu salés et des sols salés, la salinité augmente généralement avec la profondeur ; dans les sols moyennement salés, très salés et sursalés, la distribution de la salinité ne suit pas la règle de la profondeur. Elle est tantôt en baisse, tantôt en augmentation. Les sols sursalés ont une salinité plus élevée en surface qu'en profondeur. Cela est dû à la précipitation des sels en surface sous forme de croûtes salées ou de poudre, suite à des remontées capillaires.

Les résultats du tableau n°6, montrent que la salinité varie dans le temps d'un horizon à l'autre. Quel que soit le point d'observation, les sols sont plus salés à la fin de la saison sèche (Juin) qu'à la fin de la saison des pluies. Il se dégage une dynamique d'évolution qui se manifeste de deux manières :

- Pendant la saison sèche, l'évolution de la salinité est ascendante. Les sels solubles migrent par ascension capillaire avec la solution du sol et viennent se précipiter dans les horizons supérieurs qui, de ce fait, deviennent plus salés que ceux sous-jacents.
- Au cours de la saison des pluies, il se produit une dynamique descendante grâce à l'infiltration dans le sol des eaux de pluies qui provoquent ainsi une redistribution des sels dans le profil. Les couches supérieures se dessalent assez rapidement et très fortement quelle que soit la salinité globale du sol. Les sols peu salés (SNG.5, SNG.14 et SNG.20) se dessalent plus profondément jusqu'à 120 cm. Dans les sols très salés et sursalés (SNG.19 et SNG.18), le dessalement est moins important. Il semble se produire plutôt une redistribution des sels en profondeur (Figure n°9).

Le milieu est dans l'ensemble acide à très acide avec des pH généralement inférieurs à 5. Ce caractère serait probablement dû au fait que le milieu était anciennement occupé par une végétation de mangrove, donc sulfaté acide. Il s'agirait d'une acidité résiduelle. Les sols situés sur le glacis de raccordement et en amont des tannes sont moins affectés par l'acidité. Cette acidité est le fait des

TABLEAU N° 5 PH et conductivité électrique (CE à 20° c) du sol (Ext. 1/5) des points d'observation (NGAN)

Echantillons	SNG.1		SNG.2		SNG.3		SNG.4		SNG.5		SNG.6		SNG.7		SNG.8		SNG.9		SNG.10	
	PH	CE	PH	CE	PH	CE	PH	CE	PH	CE	PH	CE	PH	CE	PH	CE	PH	CE	PH	CE
Profondeur (cm)																				
0 - 30	14,7	11,5	14,8	0,6	5,7	0,01	4,5	0,7	4,2	0,9	4,9	0,3	4,6	0,4	4,2	1,1	5,0	0,04	4,4	1,9
30 - 60	14,8	10,4	14,7	0,4	4,3	0,3	4,7	0,4	4,8	0,5	4,3	0,6	4,8	0,3	4,4	0,7	5,1	0,03	4,3	0,9
60 - 90	14,8	10,1	14,7	0,7	4,6	0,4	4,7	0,4	4,2	1,3	4,1	1,6	4,4	0,8	4,2	0,4	4,1	0,03	4,3	1,3
90 - 120	14,7	10,3	14,6	0,9	4,0	0,7	4,0	1,4	4,1	1,6	3,9	1,8	4,1	1,4	3,6	1,7	4	0,3	4,3	1,4
120 - 150	14,7	10,3	-	-	2,7	2,6	4,0	1,3	-	-	-	-	-	-	3,4	1,8	4,6	0,2	4,0	1,6
Moyenne	4,8	0,6	4,7	0,7	4,3	3,3	4,4	0,9	4,3	1,1	4,3	1,1	4,5	0,7	4,0	1,1	4,7	0,07	4,3	1,4

SNG	SNG.12		SNG.3		SNG.4		SNG.5		SNG.6		SNG.17		SNG.18		SNG.19		SNG.20	
	PH	CE	PH	CE	PH	CE	PH	CE	PH	CE	PH	CE	PH	CE	PH	CE	PH	CE
4,6	1,4	4,9	0,1	5,5	6,1	0,01	4,9	0,04	6,0	1,0	3,9	12,0	3,9	17,3	4,1	3,8	5,6	0,03
5,1	0,3	4,9	0,2	5,5	5,7	0,04	4,9	0,03	4,9	7,8	4,2	8,3	4,0	16,3	4,1	1,5	4,8	0,1
4,9	0,5	4,6	0,3	4,9	5,4	0,04	4,2	0,10	4,1	13,0	4,0	8,4	3,8	16,3	3,9	2,2	4,6	0,1
4,5	0,9	5,0	0,7	4,7	5,6	0,04	3,9	0,20	4,1	7,3	3,7	8,5	3,6	16,3	3,8	1,9	4,7	0,4
4,1	1,3	3,9	1,0	4,1	-	-	3,6	0,30	-	-	-	-	-	-	3,8	2,0	4,0	1,3
4,6	0,9	5,5	0,3	4,9	5,7	0,04	4,9	0,03	4,9	7,8	4,2	8,3	4,0	16,3	4,1	1,5	4,8	0,1
4,9	0,5	4,6	0,3	4,9	5,4	0,04	4,2	0,10	4,1	13,0	4,0	8,4	3,8	16,3	3,9	2,2	4,6	0,1
4,5	0,9	5,0	0,7	4,7	5,6	0,04	3,9	0,20	4,1	7,3	3,7	8,5	3,6	16,3	3,8	1,9	4,7	0,4
4,1	1,3	3,9	1,0	4,1	-	-	3,6	0,30	-	-	-	-	-	-	3,8	2,0	4,0	1,3
4,6	0,9	5,5	0,3	4,9	5,7	0,04	4,9	0,03	4,9	7,8	4,2	8,3	4,0	16,3	4,1	1,5	4,8	0,1
4,9	0,5	4,6	0,3	4,9	5,4	0,04	4,2	0,10	4,1	13,0	4,0	8,4	3,8	16,3	3,9	2,2	4,6	0,1
4,5	0,9	5,0	0,7	4,7	5,6	0,04	3,9	0,20	4,1	7,3	3,7	8,5	3,6	16,3	3,8	1,9	4,7	0,4
4,1	1,3	3,9	1,0	4,1	-	-	3,6	0,30	-	-	-	-	-	-	3,8	2,0	4,0	1,3

TABLEAU N° 6 Variation saisonnière du PH et de la salinité dans le profil

Echantillons		SNG.5		SNG.14		SNG.18		SNG.19		SNG.20	
Profondeur	Date de prélèvement	PH	CE*	PH	CE	PH	CE	PH	CE	PH	CE
0 - 30	06/84	4,4	3,3	5,1	0,2	3,8	25,3	4,4	6,2	5,6	0,2
	10/84	4,2	0,9	6,1	0,02	3,9	17,3	4,1	3,8	5,6	0,03
30 - 60	06/84	4,4	1,0	5,1	0,1	4,1	18,5	4,4	2,6	4,9	0,2
	10/84	4,8	0,5	5,7	0,04	4,0	16,3	4,4	1,5	4,8	0,1
60 - 90	06/84	4,1	1,8	5,9	0,2	3,8	16,8	4,2	2,5	4,4	0,3
	10/84	4,2	1,3	5,4	0,04	3,8	16,3	3,9	2,2	4,6	0,1
90 - 120	06/84	6,2	1,5	6,5	0,2	3,7	17,3	3,2	2,8	3,7	0,7
	10/84	4,1	1,6	5,6	0,02	3,6	16,3	3,8	1,9	4,7	0,4
120 - 150	06/84	5,1	1,5	7,1	0,2	-	-	4,0	3,3	3,0	1,2
	10/84	-	-	-	-	-	-	3,8	2,0	4,0	1,3

* C* : Conductivité électrique mesurée sur Ext. 1/5

sulfures contenus dans les sols au moment où le milieu était encore occupé par les eaux marines et qui se sont oxydés en sulfates lors de l'exondation du terrain. Les courbes de la figure n°10 montrent la variation saisonnière de la salinité et du pH dans les différents sols.

1.3.4. KELJR MACTAR

Dans le tableau n°7, nous reportons les résultats obtenus à partir d'analyses de sol prélevés sur 13 points d'observations. Deux prélèvements ont été effectués dont le premier en Mai 1984 et le deuxième en Octobre 1984.

a) Variation dans le profil

Echantillons (Date = 05/84)	SKM.1		SKM.2		SKM.3		SKM.4		SKM.5		SKM.6		SKM.7		SKM.8		SKM.9		SKM.10		SKM.11		SKM.12		SKM.13	
Profondeur (cm)	pH	CE*	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE
0 - 30	4,7	3,4	3,8	8,6	7,1	4,3	8,2	0,9	5,7	0,1	4,3	1,1	4,6	0,9	5,0	0,1	4,7	4,3	5,2	0,2	3,9	4,7	4,6	0,1	4,4	0,3
30 - 60	4,3	3,5	3,7	2,4	7,6	3,8	8,3	0,5	4,3	0,5	4,2	1,2	4,2	0,5	4,2	0,1	4,9	1,9	3,9	0,5	4,0	1,0	4,6	0,1	4,4	0,3
60 - 90	3,8	11,4	3,2	3,2	8,2	3,9	0,1	0,4	4,4	2,4	3,9	1,5	4,0	1,7	3,7	1,2	5,6	1,4	3,7	1,5	3,9	1,7	4,9	0,1	4,5	0,3
90 - 120	3,7	23,5	3,5	2,6	8,3	3,2	7,5	0,6	4,3	1,3	4,2	1,0	3,8	2,3	4,0	1,8	6,0	1,8	3,6	2,4	3,9	2,1	5,2	0,1	4,6	0,2
120 - 150	4,1	5,8	3,5	2,0	8,4	3,5	6,8	0,8	4,7	3,2	5,3	2,9	3,5	2,7	3,8	2,1	8,4	1,9	3,5	4,3	4,0	1,4	6,7	0,2	4,2	1,3
150 - 180	-	-	-	-	8,5	3,4	7,6	3,3	7,5	3,6	4,4	4,3	3,7	3,2	3,8	1,8	8,5	2,1	3,5	5,6	4,2	1,4	7,8	2,3	6,3	3,0
180 - 210	-	-	-	-	8,3	3,6	8,5	2,1	7,8	3,4	7,2	4,0	3,2	4,6	3,8	2,0	8,4	1,9	4,1	1,4	4,3	2,6	7,4	1,6	7,3	1,6
Moyenne	4,1	9,5	3,5	3,8	8,1	3,7	7,9	1,2	5,5	2,1	4,8	2,3	3,9	2,3	4,0	1,3	6,6	2,2	3,9	2,3	4,0	2,2	5,9	0,6	5,1	1,0

b) variation saisonnière

Echantillons		SKM.2		SKM.3		SKM.4		SKM.5		SKM.6		SKM.7		SKM.8		SKM.9		SKM.10		SKM.11	
Profondeur (cm)	Date de Prélèvement	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE
0 - 30	05/84	3,8	8,6	7,1	4,3	8,2	0,9	5,7	0,1	4,3	1,1	4,6	0,9	5,0	0,1	4,7	4,3	5,2	0,2	3,9	4,7
	10/84	4,0	5,6	6,7	1,5	7,9	0,2	4,6	0,2	4,0	0,6	5,3	0,2	4,7	1,1	4,2	1,9	5,5	0,1	4,8	0,2
30 - 60	05/84	3,7	2,4	7,6	3,8	8,3	0,5	4,3	0,5	4,2	1,2	4,2	0,5	4,2	0,1	4,9	1,9	3,9	0,5	4,0	1,0
	10/84	3,9	5,9	7,0	3,9	8,4	0,2	4,4	0,9	4,1	0,9	4,9	0,1	3,8	1,1	4,2	1,7	4,8	0,1	4,5	0,3
60 - 90	05/84	3,2	3,2	8,2	3,9	8,1	10,4	14,4	2,4	13,9	1,5	14,0	1,7	3,7	1,2	5,6	11,4	13,7	11,5	13,9	11,7
	10/84	4,0	4,2	8,0	3,3	7,7	0,3	5,0	0,4	4,3	0,4	4,7	0,1	3,6	1,4	4,9	1,6	4,3	0,1	4,1	0,2
90 - 120	05/84	3,5	2,6	8,3	3,2	7,5	0,6	4,3	1,3	4,2	1,0	3,8	2,3	4,0	1,8	6,0	1,8	3,6	2,4	3,9	2,1
	10/84	4,0	3,9	8,0	3,4	7,9	0,1	5,5	0,5	8,8	0,9	4,7	0,1	3,6	2,2	5,4	1,8	5,1	0,3	4,7	0,1

Figure N°7 : MBORO - Variation du pH et de la CE 1/5 (mmhos/cm) en fonction de la profondeur. date 06/84

9

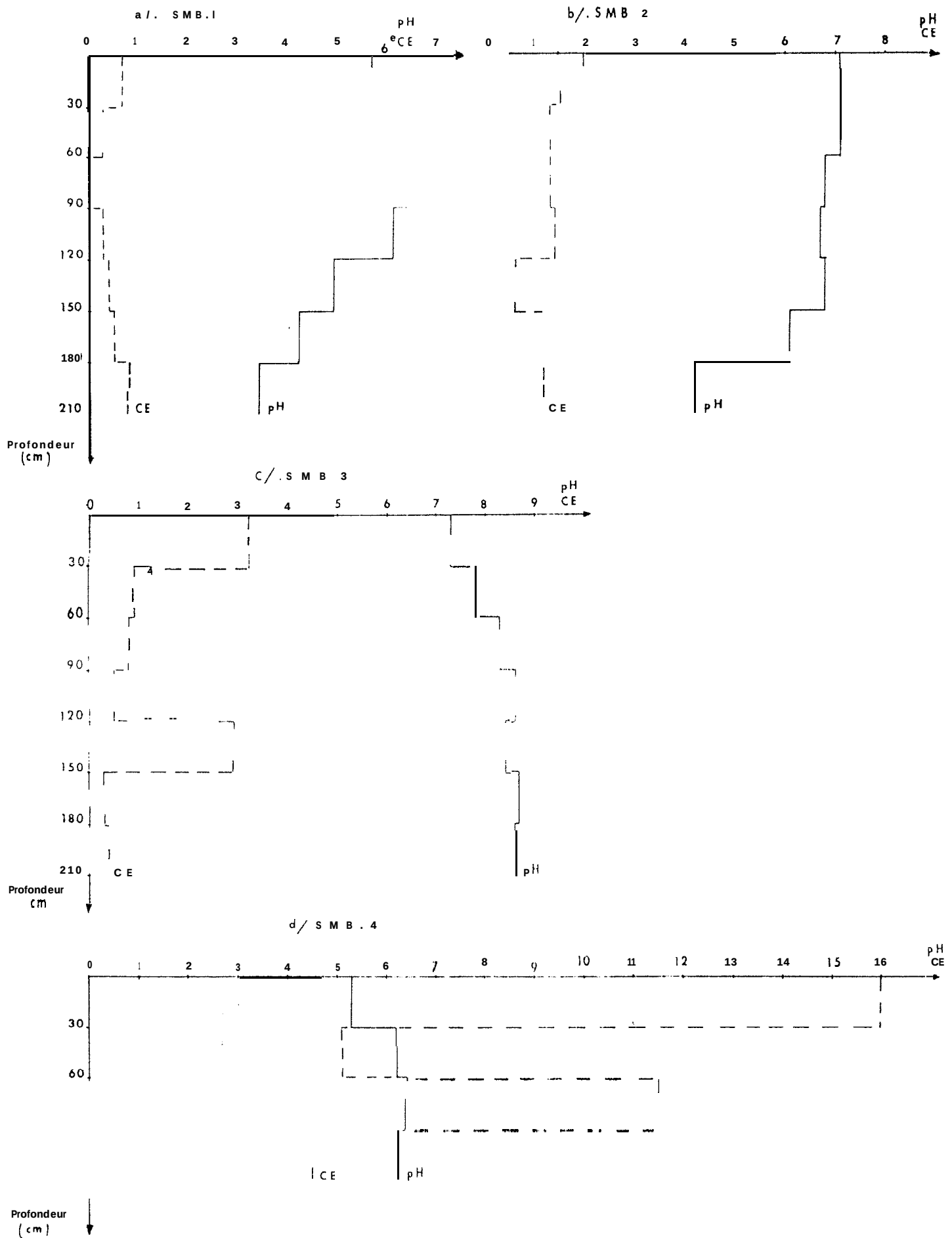


Figure N° 8: LAC TANMA - Variation du pH_{CE} de $\text{I}_a \text{CE } 1/5 (\text{mmhos/cm})$ en fonction de la profondeur date 06/84

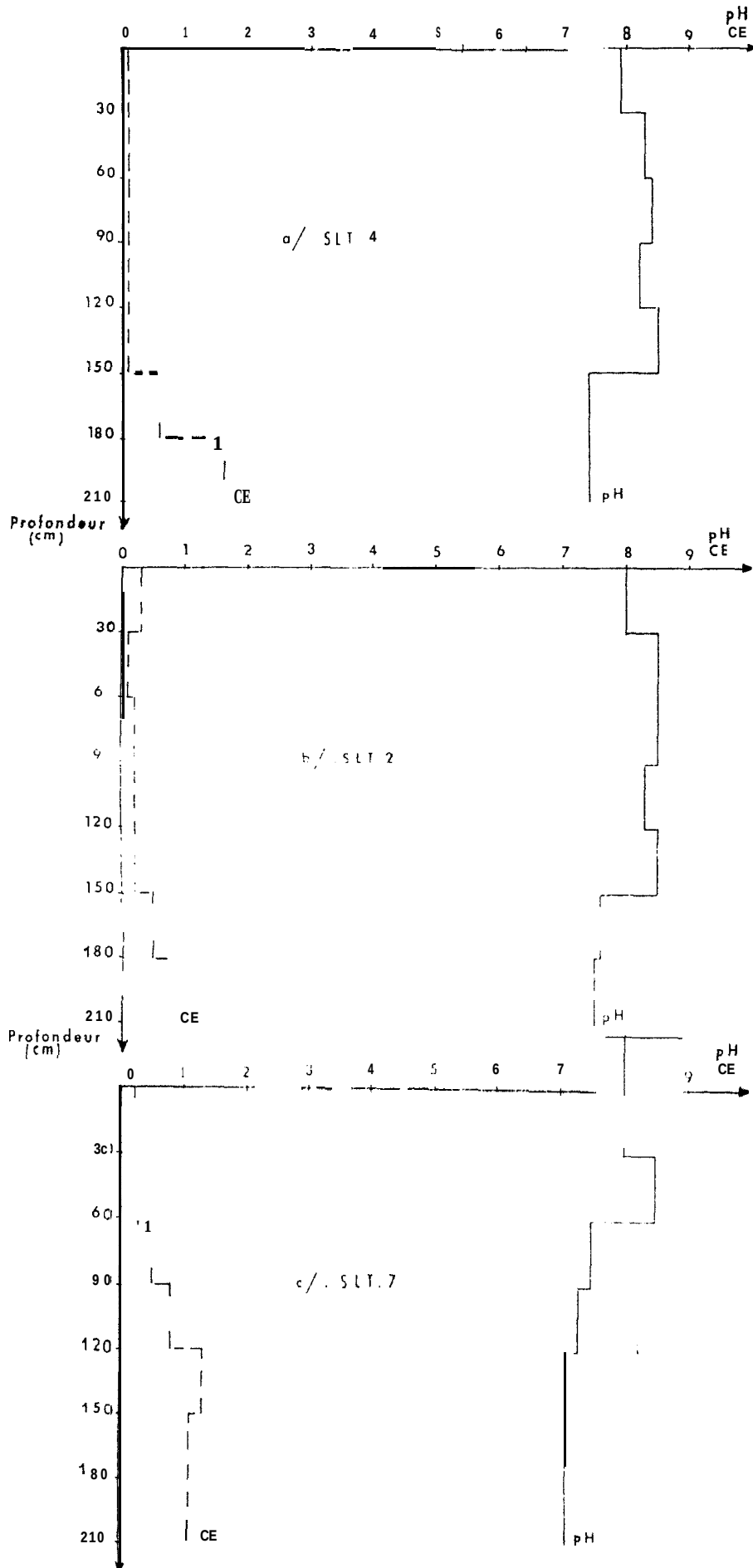


Figure N°9: NGAN Variation du pH et de la CE 1/5 (mmhos/cm) en fonction de la profondeur; date 06/84

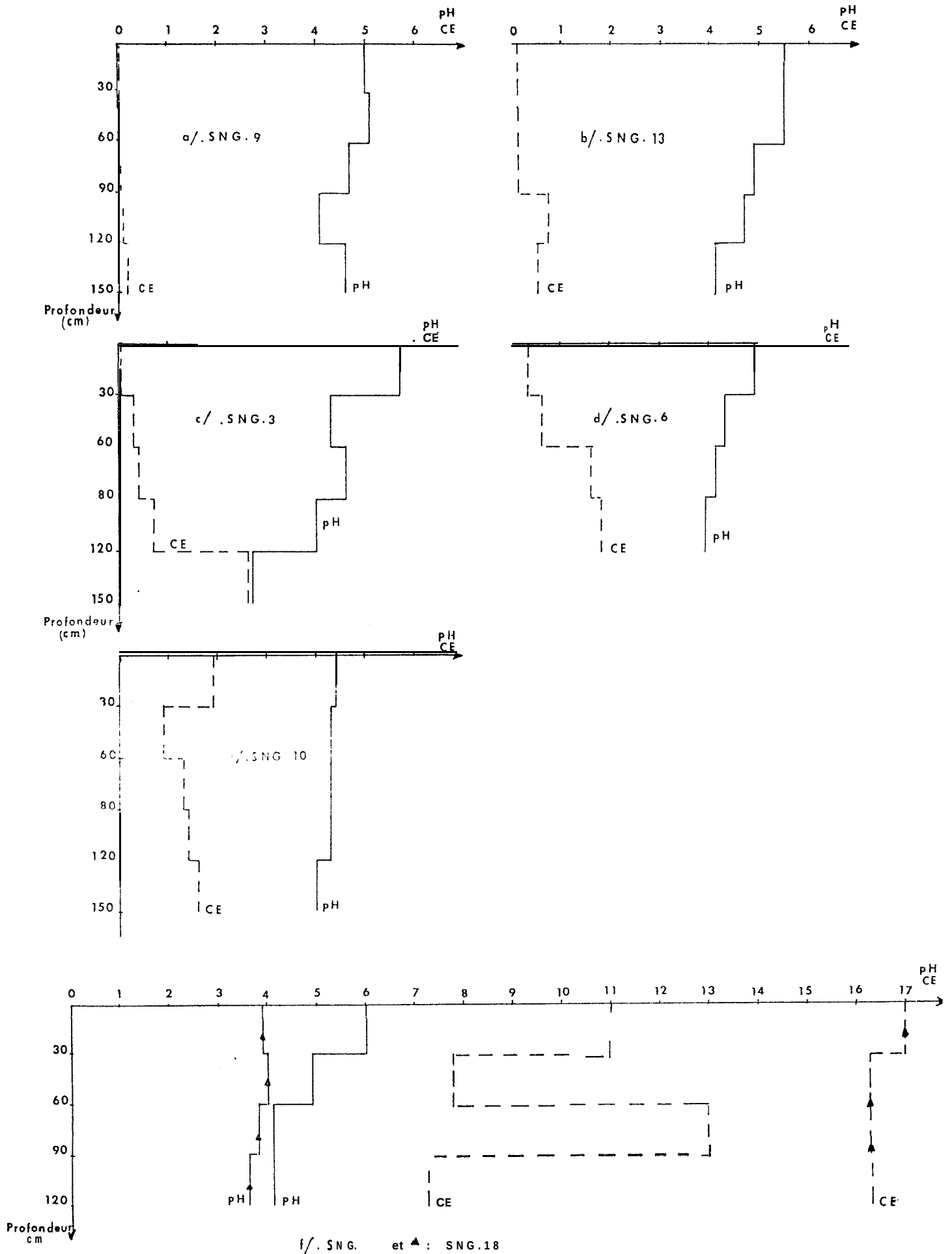


Fig. N° 10: NGAN-Variation saisonnière du pH et de la conductivité électrique
(CE.1/5, à 20°C, mmhos/cm) du sol en fonction de la profondeur

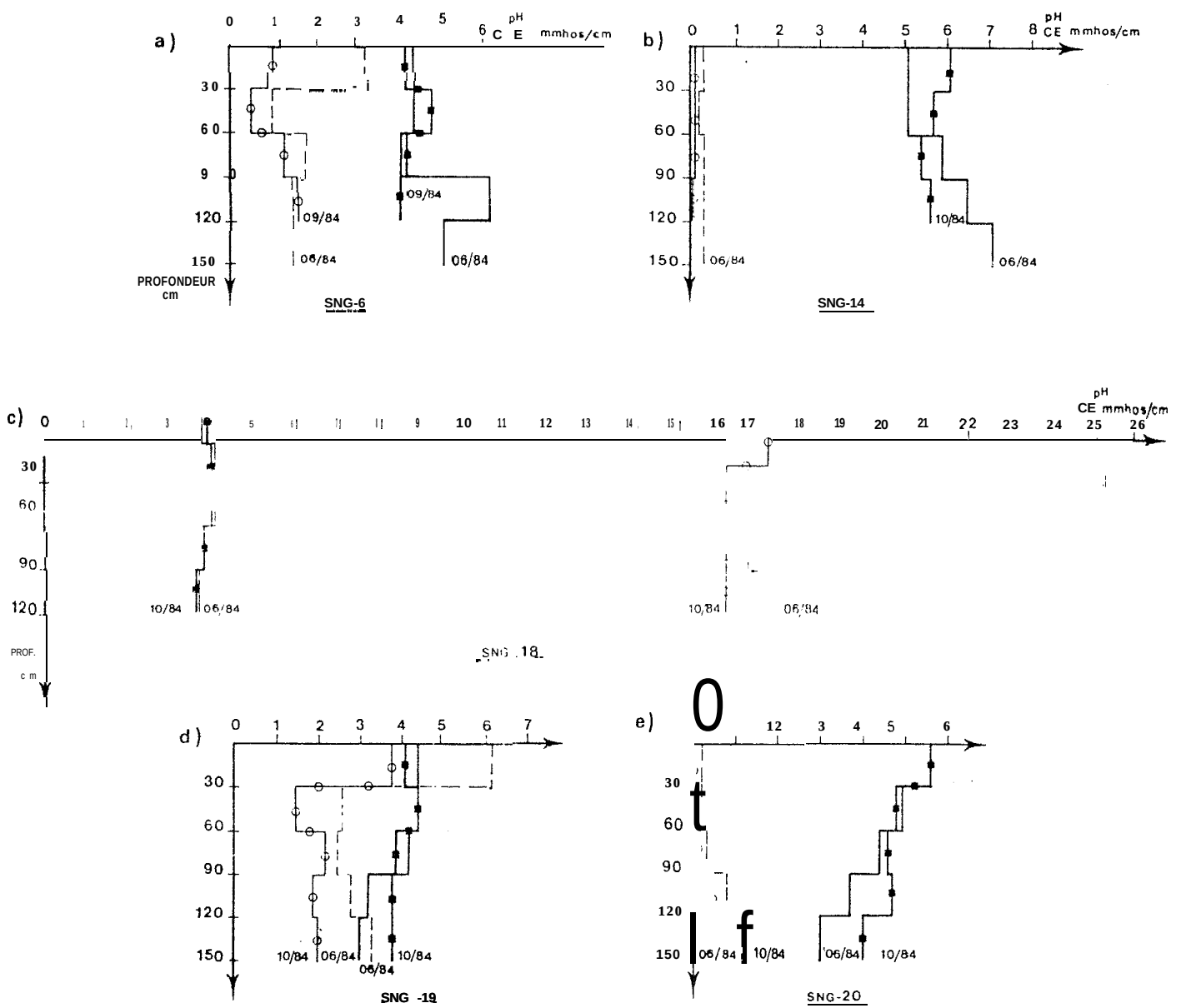
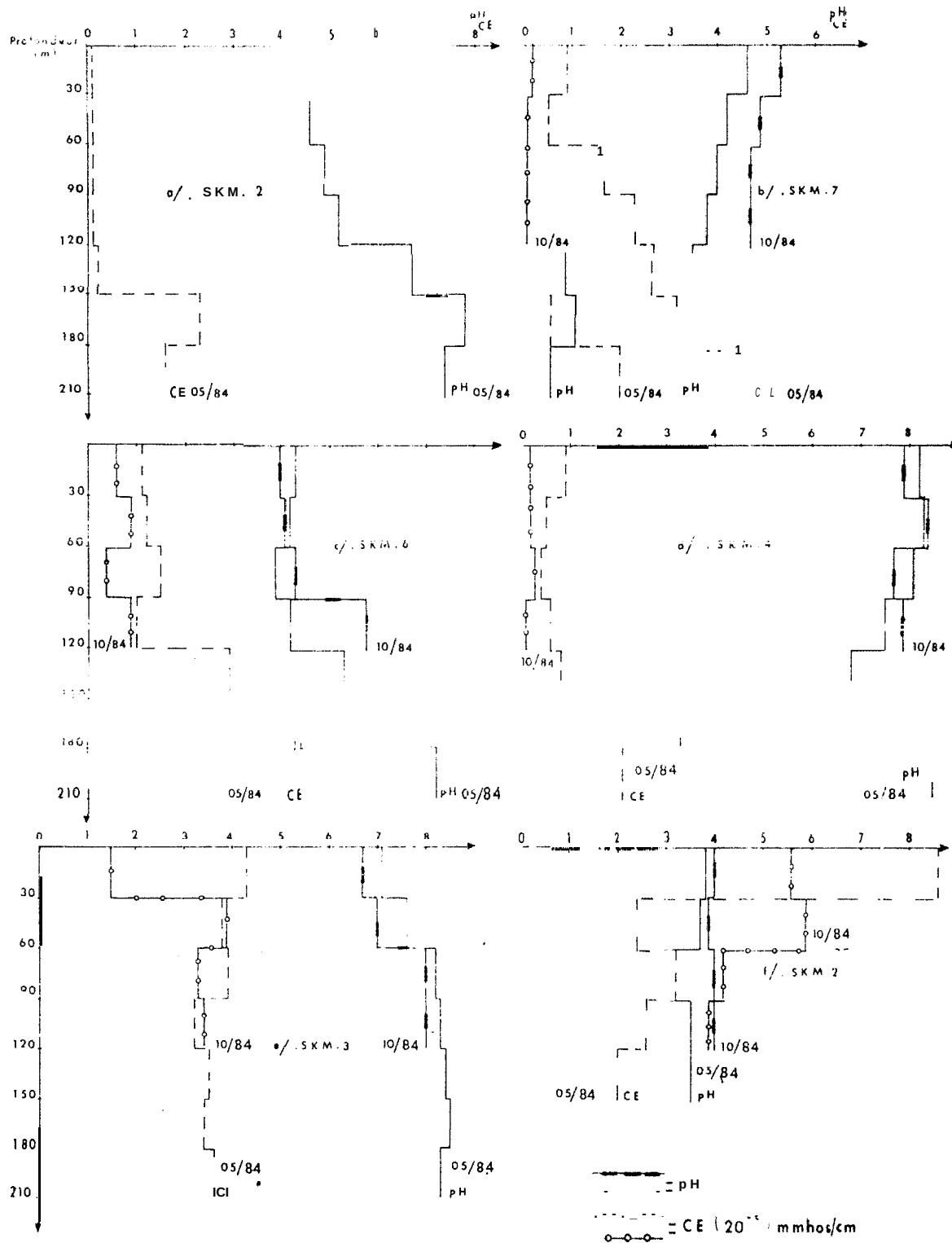


Figure N°11 KEUR MACTAR : Variation du pH et de la CE 1/5 (mmhos/cm) en fonction de la profondeur



Les résultats du tableau n°7 montrent deux domaines de pH : des pH acides à très acides qui sont les plus courants et les pH alcalins, moins fréquents. Dans les sols acides on constate une diminution du pH avec la profondeur, tandis que dans les sols alcalins on note une faible variation d'un horizon à l'autre.

La salinité est très variable entre les points d'observation et au sein d'un même profil d'un horizon à l'autre. On rencontre des sols non salés, peu salés, très salés et sursalés avec une conductivité supérieure à 10 mmhos/cm dans l'horizon supérieur ou en profondeur. Les résultats des prélèvements du mois d'octobre montrent qu'il se produit un dessalement des sols pendant la saison des pluies. Le dessalement est d'autant plus important que le sol est peu salé et assez perméable (SKM.4, SKM.6, SKM. 10 et SKM. 11). Dans le cas des sols très salés et sursalés (SKM.3 et SKM.2) seuls les horizons de surface montrent un dessalement assez important, tandis qu'en profondeur, il se produit une redistribution des sels. Les figures n°11 (a - c - d - e et f) illustrent la variation saisonnière de la salinité du sol.

1.4. LES NAPPES SUPERFICIELLES

L'étude des nappes superficielles a été systématiquement menée dans les plantations en fonction du comportement de la végétation, c'est-à-dire suivant les zones de mortalité et les niveaux de croissance.

Les résultats concernent la profondeur, le pH, la salinité (CE) et les éléments majeurs des eaux de la nappe. Ils ont été obtenus à partir de mesures effectuées in situ (profondeur) et sur des échantillons d'eau prélevés des différents points d'observation. Afin de connaître le comportement saisonnier des nappes, nous avons effectué des suivis à partir de tubes piezométriques installés sur le terrain, de Mai 1984 à Octobre 1985. Dans les tableaux ci-après. les nappes sont représentées par la lettre N.

1.4.1. MBORO

Les résultats du tableau n°8 montrent que la salinité varie d'un point à l'autre. On distingue une nappe à eau peu salée et des nappes à eau très salée. Les pH sont tous neutres.

Les éléments des trois nappes salées se classent dans l'ordre suivant : $Cl > Na > Ca > Mg > SO_4 > HCO_3 > K$, tandis que dans le cas de la nappe non salée, ces éléments se classent dans l'ordre : $Cl > Na > SO_4 > Mg > Ca > HCO_3 > K$. Le chlore représente entre 61 et 90 % des anions, le sodium, entre 61 et 66 % des cations. Le rapport anions/cations montre un équilibre dans les nappes MBN.1 et MBN.2 et un déséquilibre en faveur des cations dans les nappes MBN.3 et MBN.4. Les rapports Cl/SO_4 compris entre 2 et 8 sont inférieurs à ceux de l'eau de mer. Ils mettent en évidence deux types de salinité :

- Une salinité chlorurée-sodique : MBN.1, MBN.3 et MBN.4
- Une salinité chlorurée-sulfatée : MBN.2

Les rapports $Na+K/Ca+Mg$ sont tous inférieurs à celui de l'eau de mer. (ANNEXE).

TABLEAU N°8 a) Profondeur, PH, CE (20°C) et composition géochimique des nappes phréatiques (MBORO)

Echantillons (08/1984)	Profondeur (cm)	pH	CE (20°C) (mmhos/cm)	A n i o n s			C a t i o n s			
				Cl	SO4	HCO3	Ca	Mg	K	Na
MBN.1	380,0	6,5	35,0	415,0	51,0	1,6	85,0	73,0	1,44	305,0
MBN.2	280,0	6,8	1,9	12,50	5,4	2,43	3,3	3,7	0,65	12,25
MBN.3	273,0	6,8	23,5	305,0	38,6	1,38	66,2	54,7	0,5	227,5
MBN.4	300,0	7,4	38,0	445,0	49,7	3,64	93,75	85,0	0,81	322,5

TABLEAU N°8 b) Variation saisonnière de la nappe (MBORO)

NAPPES	DATE	: PROFONDEUR : (cm)	: PH	CE : (mmhos/cm)
MB. N1	08/1984	380,0	6,5	35,0
	10/1984	400,0	2,6	14,5
	01/1985	420,0		
	06/1985	420,0		
	09/1985	320,0	3,0	12,6
MB.N2	08/1984	380,0	6,8	1,9
	10/1984	220,0	6,4	6,3
	01/1985	250,0	6,4	3,5
	06/1985	270,0		
	09/1985	230,0	5,2	4,3
MB. N3	08/1984	273,0	6,8	23,5
	10/1984	273,0	6,8	23,5
	01/1985	313,0	6,2	21,7
	06/1985	350,0		
	09/1985	273,0	6,0	21,8

* : : Pas d'eau dans le tube piezométrique

Les rapports des éléments par rapport au chlore montrent plusieurs situations.

- SO_4/Cl et Mg/Cl sont semblables à ceux de l'eau de mer, sauf dans la nappe MBN.2 où ils leur sont supérieurs ;
- Ca/Cl sont très supérieurs à ceux de l'eau de mer tandis que les rapports K/Cl sont très inférieurs à ceux de l'eau de mer sauf dans le cas de la nappe MBN.2. Cela dénote une relative richesse de ces eaux en Calcium au détriment du potassium. Le sodium montre des rapports dans les nappes MBN.1, MBN.3 et MBN.4 inférieurs à ceux de l'eau de mer tandis qu'il est de l'ordre de 1, donc supérieur au rapport de l'eau de mer (0,9) dans la nappe MBN.2.

Les suivis du comportement des nappes menés à partir des tubes piézométriques ont montré que les paramètres étudiés étaient sujets à des variations importantes. C'est ainsi que la profondeur varie entre 320 et 400 cm pour MBN.1, 220 et 380 cm pour MBN.2 et entre 272 et 313 cm pour MBN.3 (tableau n°8). Cependant, on note des fluctuations de faible amplitude en ce qui concerne les pH et la salinité

1.4.2. LAC TANMA

Les nappes se différencient par la salinité et surtout par les rapports Cl/SO_4 . La salinité est très variable d'une nappe à l'autre. Elle est comprise entre 15 et 50 mmhos/cm. Les pH sont peu différents d'une nappe à l'autre et varient entre 6,8 et 7,4.

Les éléments Cl^- et Na^+ sont les plus abondants quelle que soit la nappe. Le chlore représente entre 63 et 90 % des anions, tandis que le sodium occupe entre 54 et 80 % des cations. Ils sont suivis soit par le magnésium (Mg), soit par les sulfates (SO_4).

Le classement des éléments dans l'ordre décroissant met en évidence les cas suivants :

- 1/ $Cl > Na > Mg > Ca > SO_4$: Nappes LTN.1
- 2/ $Cl > Na > Mg > SO_4$: Nappes LTN.2, LTN.3, LTN.4 et LTN.6, LTN.8
- 3/ $Cl > Na > SO_4 > Mg$: Nappe LTN.5
- 4/ $Na > Cl > SO_4 > Mg$: Nappe LTN.7.

Les rapports Cl/SO_4 et $Na+K/Ca+Mg$ sont généralement inférieurs à ceux de l'eau de mer sauf dans le cas de la nappe LTN.2 où Cl/SO_4 est peu différent de celui de l'eau de mer, et pour les nappes LTN.4 et LTN.7 où $Na + K/Ca + Mg$ est supérieur à celui de l'eau de mer.

On distingue une salinité :

- Chlorurée sodique : nappe LTN.1, LTN.2, LTN.3, LTN.4, LTN.5 et LTN.8
- Chlorurée sodico-magnésienne : Nappe LTN.6
- Chlorurée sodico-sulfatée : Nappe LTN.7

TABLEAU N° 9 : Profondeur, PH, CE (20°C) et composition géochimique des nappes phréatiques (LAC TANMA)

Echantillons	Profondeur	pH	CE (20°C) (mmhos/cm)	A n i o n s			C a t i o n s			
				Cl	SO4	HCO3	Ca	Mg	K	Na
LTN.1	280,0	7,0	37,0	485,0	61,0	7,3	65,0	87,5	3,3	385,0
LTN.2	260,0	7,2	50,0	630,0	58,45	14,8	11,10	130,5	11,0	550,0
LTN.3	260,0	6,9	44,0	500,0	121,4	3,8	33,75	135,0	7,2	450,0
LTN.4	250,0	7,3	35,0	380,0	78,4	8,85	9,0	103,75	9,25	365,0
LTN.5	340,0	7,0	32,0	325,0	89,10	7,2	15,6	85,0	10,25	300,0
LTN.6	230,0	6,9	40,0	420,0	124,9	10,85	7,6	217,5	10,25	350,0
LTN.7	200,0	7,1	21,0	175,0	94,7	7,0	12,5	37,5	5,65	224,0
LTN.6			T	1326,98	47,22,40		160,0	2,6		100,0

TABLEAU N° 10 Variation saisonnière de la nappe phréatique (lac Tama)

NAP PES	DATE	PROFONDEUR : (cm)	PH	CE à 20°C (mmhos/cm)
LT.N1	: 08/1984	280,0	7,0	37,0
	: 10/1984	237,0	7,0	37,0
	: 01/1985	244,0	7,1	37,0
	: 06/1985	320,0		
	: 09/1985	204,0	7,1	33,0
	: 11/1985	204,0	6,7	32,6
LT.N2	: 08/1984	260,0	7,2	50,0
	: 10/1984	265,0	7,2	41,0
	: 01/1985	290,0	7,8	41,0
	: 06/1985	340,0		
	:			
LT.N8	: 08/1984	200,0	7,1	21,0
	: 10/1984	170,0	7,6	20,8
	: 01/1985	200,0	7,2	22,9
	: 06/1985	260,0		
	: 09/1985	160,0	7,1	23,3
	: 11/1985	170,0	7,1	23,9

Les eaux de la nappe LTN 2 sont caractérisées par des rapports très voisins de ceux de l'eau de mer, mais la salinité est légèrement supérieure à celle de l'eau de mer.

Les rapports des éléments par rapport à Cl^- sont généralement peu différents de celui de l'eau de mer sauf pour les sulfates (SO_4) dans le cas des eaux chlorurées sulfatées.

Les suivis effectués sur certaines nappes à partir de tubes piezométriques ont mis en évidence d'importantes variations saisonnières de la profondeur et de la salinité (Figure n°12/b). Ce sont surtout les nappes situées à proximité du lac qui accusent les plus fortes variations, avec une remontée supérieure à 1 m pendant la saison des pluies. La variation de la salinité (ΔCE) est égale à $\pm 3 \text{ à } 9 \text{ mmhos/cm}$.

1.4.3. NGAN

Le tableau n° 11 révèle une grande variabilité spatiale des nappes avec des conductivités électriques comprises entre 8 et 140 mmhos/cm. Mais la plupart de ces nappes ont une salinité inférieure à celle de l'eau de mer. La sursalure constatée dans les nappes NGN.9 et NGN.10 est probablement due à la proximité du bras du Saloum qui fonctionne en période de marée haute comme un véritable réseau d'inondation en eau salée.

Les pH révèlent également une grande hétérogénéité du milieu. On distingue des nappes à pH compris entre 6 et 7, c'est-à-dire légèrement acides à neutres (NG-N1, NG-N3, NG-N5, NG-N6, NG-N7 et NG-N8), des nappes à pH alcalins (NG-N4) et des nappes à pH très acides (NG-N2, NG-N9, NG-N10, NG-N11 et NG-N12).

Les chlorures et le sodium constituent la majorité des éléments, avec des rapports chlorure/anions variant entre 36 et 96 %, et Sodium/Cations compris entre 63 et 80 %. Dans certains cas, ce sont les sulfates qui dominent. Tous les rapports des éléments par rapport à Cl^- sont inférieurs à ceux de l'eau de mer sauf pour NG-N9 et NG-N12.

Les rapports Cl/SO_4 et $\text{Na}+\text{K}/\text{Ca}+\text{Mg}$ montrent différents types de salinités :

- Chlorurée sulfato-magnésienne : Représentée par les nappes NG-N1, NG-N3, NG-N4, NG-N5, NG-N7 et NG-N11.
- Sulfato-chlorurée : représentée par les nappes NG-N2, NG-N6 et NG-N12
- Chlorurée sodique : représentée par les nappes NG-N8, NG-N9 et NG-N10

Tableau n° 11 : PROFONDEUR, PH, CE (20°C) ET COMPOSITION
Géochimique des nappes phréatique (.NGAN)

Nappes	Profondeur (cm)	pH	CE (20°C) (mmhos/cm)	A n i o n s			C a t i o n s			
				Cl	SO4	HCO3	Ca	Mg	K	Na
NGN.1	200,0	6,9	47,0	500,0	125,1	2,8	15,5	146,0	8,0	460,0
NGN.2	220,0	2,0	24,0	106,0	187,0	0,0	0,62	55,0	1,09	100,0
NGN.3	270,0	7,1	35,0	425,0	98,10	3,35	9,54	127,5	4,9	395,0
NGN.4	330,0	8,0	22,0	215,0	70,9	6,4	20,25	54,0	5,75	220,0
NGN.5	227,0	7,3	15,0	117,0	30,0	15,4	13,3	33,0	3,6	124,0
NGN.6	200,0	6,1	8,9	46,0	49,7	5,2	7,0	23,0	2,6	68,4
NGN.7	173,0	6,9	51,0	600,0	196,1	4,5	34,7	197,5	10,4	574,0
NGN.8	320,0	7,1	51,0	830,0	122,8	4,2	24,25	202,5	6,15	700,0
NGN.9	150,0	3,2	140,0	2600,0	121,4	0,0	13,3	532,5	18,5	2310,0
NGN.10	150,0	2,6	92,0	2220,0	124,7	0,0	7,0	540,0	0,50	1775,0
NGN. 11	230,0	2,8	22,0	320,0	115,0	0,0	3,69	66,0	1,06	250,0
NGN.12	200,0	2,2	19,5	120,0	125,5	0,0	1,19	41,0	0,38	172,5

TABLEAU N°12: Variation saisonnière de la nappe phréatique (NGAN)

NAPPES	DATES	PROFONDEUR (cm)	PH	CE à 20°C (mmhos/cm)
NG.N1	06/1984	200,0	6,9	47,0
	08/ "	75,0	6,3	44,0
	10/ "	93,0	6,6	44,0
	12/ "	110,0	7,2	46,0
	03/1985	197,0	7,1	43,0
	06/1985	167,0	7,3	48,0
	09/1985	80,0	7,5	49,6
	11/1985	11a,0	7,5	48,7
NG.N2	06/1984	220,0	2,0	24,0
	08/1984	153,0	2,2	19,5
	10/1984	115,0	2,8	17,5
	12/1984	138,0	3,9	17,5
	03/1985	182,0	3,6	18,0
	06/1985	180,0	3,1	22,3
	09/1985	79,0	4,2	20,1
	11/1985	146,0	4,0	20,6
NG.N3	10/1984	272,0	7,1	35,0
	12/1984	283,0	6,5	36,0
	03/1985	336,0	5,3	38,0
	06/1985	340,0	6,1	38,0
	09/1985	144,0	6,5	39,8
	11/1985	200,0	6,6	40,1
NG.N4	12/1984	333,0	8,0	22,0
	03/1985	250,0	6,9	21,5
	06/1985	264,0	6,3	24,5
	11/1985	165,0	5,5	24,6

Le fait que toutes les nappes acides ne soient pas classées dans la catégorie des sulfatées chlorurées, montre que l'acidité des nappes n'est pas seulement due à la présence des sulfates. En effet, les résultats d'analyses, révèlent la présence dans ces eaux du fer ferrique soluble (Fe^{+++} : 118 mg/l), d'aluminium (Al^{203} : 105 meq/l) et de protons (H^+ : 94 meq/l). Les suivis menés sur le comportement saisonnier de certaines nappes ont montré des variations très importantes de la profondeur et à un moindre degré de la salinité (tableau n°12). L'amplitude du battement de la nappe se situe entre 1 et 2 m. Pendant la saison des pluies la nappe remonte plus près de la surface. Cette remontée serait due à l'influence du niveau de remplissage du marigot de Sibassor (bras du fleuve Saloum). A partir du mois d'Octobre, la nappe commence à descendre pour atteindre sa cote la plus basse entre Mai-Juin (Figure n°12c).

1.4.4. KEUR-MACTAR

Les résultats du tableau n°13 montrent que la profondeur, le pH et la salinité varient beaucoup d'une nappe à l'autre. Il ne semble pas y avoir de variations concomitantes entre ces trois paramètres. Tout ce que l'on peut dire, c'est que la plupart des nappes sont peu profondes, situées entre 160 et 270 cm de la surface du sol avec des pH très acides et des salinités élevées. On note des battements saisonniers très importants des nappes avec une amplitude variant entre 180 et 320 cm (Tableau n°14). Comme dans les autres sites, cette remontée des nappes vers la surface a lieu au cours de la saison des pluies. Les autres paramètres varient très peu (Figure n°12d).

Le bilan ionique est dominé par les chlorures et le sodium qui occupent respectivement entre 79 et 91 % des anions et entre 41 et 86 % des cations.

Les éléments de la nappe KM.N1 se classent dans l'ordre décroissant : $\text{Cl} > \text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{K}$ et ceux des nappes KM.N2 et KM.N3 dans l'ordre : $\text{Cl} > \text{Na} > \text{SO}_4^{2-} > \text{Mg} > \text{HCO}_3^- > \text{Ca} > \text{K}$. Les rapports Cl/SO_4 et $\text{Na}+\text{K}/\text{Ca}+\text{Mg}$ montrent qu'il s'agit des eaux chlorurées calco-sodiques pour la nappe KM.N1, chlorurée sodique pour la nappe KM.N2 et chlorurée sodico-magnésienne pour la nappe KM.N3.

Tableau n° 13 : PROFONDEUR, PH, CE(20°C) ET COMPOSITION
DES NAPPES PHREATIQUES (KEUR MATAR)

Echantillons	Profondeur	pH	CE (20°C) (mmhos/cm)	A n i o n s			C a t i o n s			
				Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Ca^{++}	Mg^{++}	K^+	Na^+
KMH.1	540,0	6,8	33,0	390,0	34,4	5,8	188,7	65,0	3,9	176,3
KMN.2	550,0	7,4	18,0	188,0	24,0	10,1	4,7	20,0	4,8	182,5
KMN.3	270,0	3,9	22,5	220,0	56,6	0,0	37,0	47,0	5,8	184,0
KMN.4	200,0	4,0	100,0	1700,0						
KMN.5	180,0	2,8	32,0	530,0						
KMN.6	180,0	8,0	56,0	660,0						
KMN.7	165,0	3,2	51,0	620,0						

TABLEAU N°14 Variation saisonnière de la nappe phréatique (Keur Mactar)

NAPPES	DATES	PROFONDEUR (cm)	PH	CE à 20°C (mmhos/cm)
KM.N1	06/1984	540,0	6,8	33,0
	08/1984	320,0	6,3	34,0
	10/1984	314,0	6,8	32,0
	12/1984	372,0	6,5	32,0
	03/1985	430,0	7,1	28,0
	09/1985	310,0	6,1	32,3
	11/1985	320,0	6,2	33,2
KM.N2	06/1984	550,0	7,4	18,0
	08/1984	250,0	7,1	13,2
	10/1984	234,0	7,4	19,3
	12/1984	282,0	7,5	20,5
	03/1985	340,0	7,9	18,5
	09/1985	240,0	7,2	22,2
	11/1985	250,0	7,5	23,0
KM.N3	06/1984	300,0	4,2	22,5
	08/1984	116,0	6,2	21,0
	10/1984	125,0	6,9	21,6
	12/1984	250,0	7,1	19,6
	03/1985	285,0	7,0	19,0
	09/1985	160,0	7,1	14,6
	11/1985	212,0	7,4	15,0

CONCLUSION

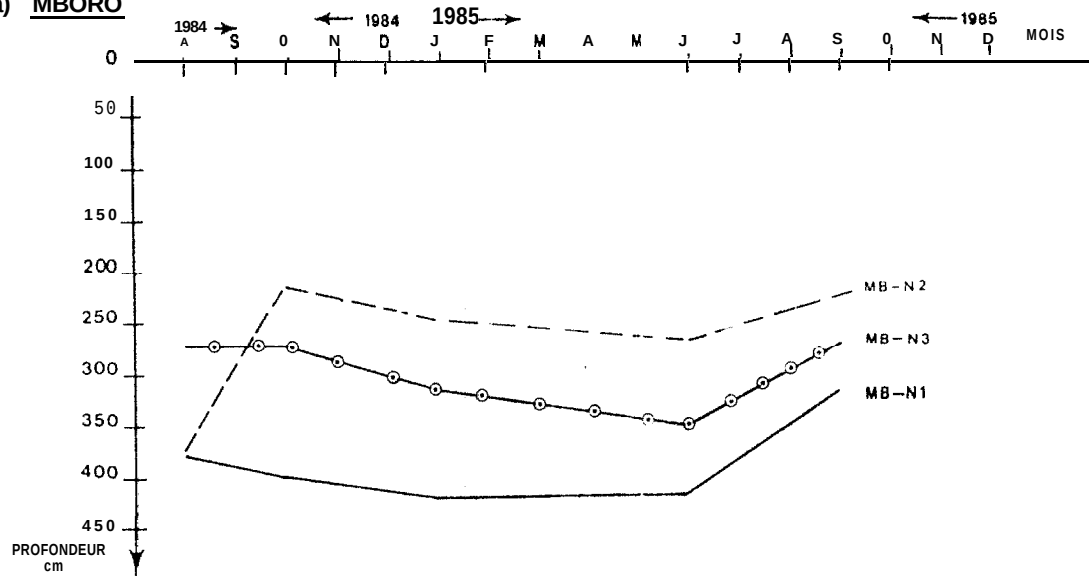
Cette étude révèle une grande hétérogénéité des milieux tant sur la salinité globale que sur le pH du sol et des nappes.

Le site du Lac Tanma se distingue des autres par le fait que la salinité constatée a essentiellement pour origine la nappe phréatique, le sol n'étant pas salé sur une profondeur de 150 à 180 cm. Dans les autres sites la distribution spatiale est très hétérogène. Dans le profil tantôt elle diminue de la surface vers la profondeur, tantôt elle augmente. Au cours de la saison sèche on note une dynamique ascendante de la salinité par remontée capillaire de la solution du sol, entraînant ainsi une concentration des sels dans les horizons supérieurs. Au sein d'un même site, on passe de sols sursalés à des sols non ou peu salés lorsqu'on s'éloigne du cours d'eau, ou des vallées mortes. La variation spatiale de la salinité est plus importante à Ngan et Keur-Mactar que dans les deux sites des Niayes (Lac Tanma et MBoro). C'est également dans ces deux milieux que le niveau de la salinité semble être le plus élevé. Ils sont en outre caractérisés par des pH plus acides alors que ceux-ci sont soit neutres, soit alcalins dans les sites des Niayes.

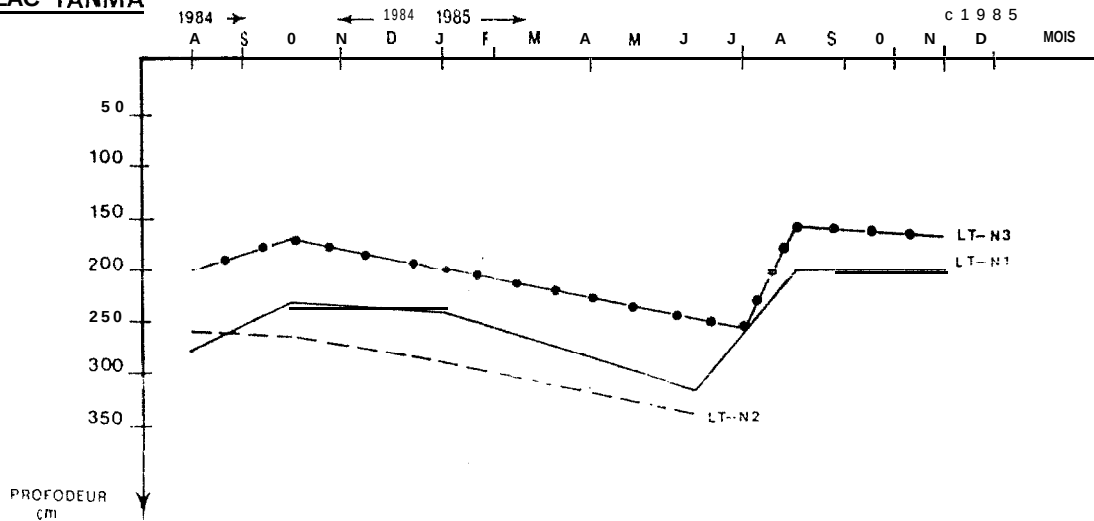
Quant aux nappes phréatiques, on note dans tous les sites, une variabilité de la profondeur et de la salinité. Les nappes des sites de Ngan et Keur-Mactar paraissent dans l'ensemble plus superficielles que celles des autres sites. Elles sont souvent sujettes à des fluctuations pendant la saison des pluies et peuvent remonter jusqu'à 50 cm de la surface du sol. L'influence des eaux du Saloum fait que le niveau de la salinité de certaines nappes soit très supérieur à celui de l'eau de mer. Alors que les eaux des sites des Niayes sont faiblement alcalines ou neutres, celles de Ngan et Keur-Mactar sont neutres à très acides avec des pH parfois inférieurs à 3,0

Fig. N°12 Variation saisonnière de la profondeur du pH et de la conductivité électrique des nappes

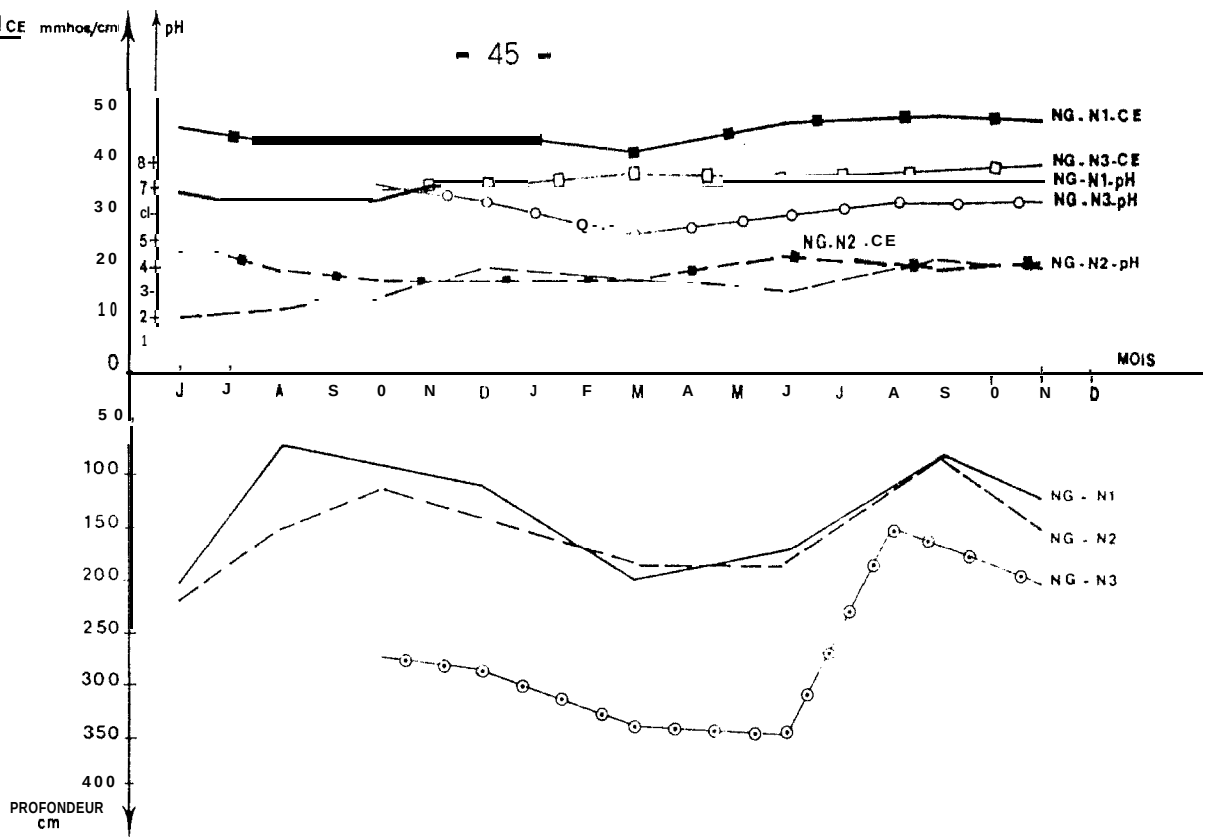
a) MBORO



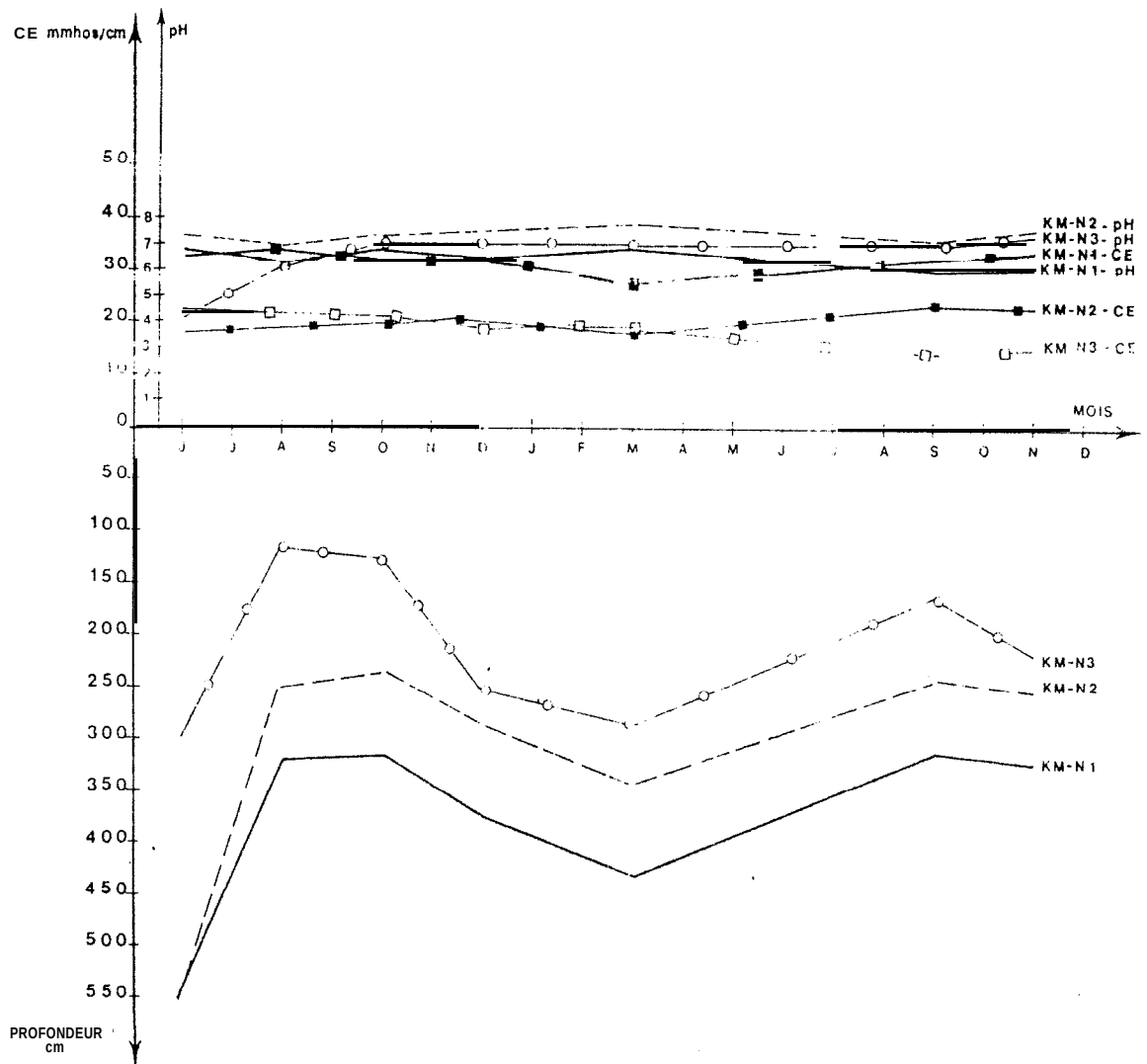
b) LAC TANMA



c): NGAN CE



d) : KEUR MACTAR



II - ANALYSE STATISTIQUE DE L'INFLUENCE DES FACTEURS EDAPHIQUES SUR LE COMPORTEMENT DES ESSENCES FORESTIERES

Le comportement des arbres introduits en milieu salé est conditionné par l'action des facteurs pédologiques (humidité, salinité et pH) dont l'importance varie avec l'essence et le site considérés.

Pour mettre en évidence les facteurs les plus déterminants, nous avons utilisé deux méthodes d'analyse statistiques :

- Régression linéaire
- Analyse en composantes principales (ACP)

2.1. METHODE DE "REGRESSION LINEAIRE

La méthode des régressions permet d'étudier le type de relation qui lie les différents facteurs (humidité, pH, conductivité), à la mortalité des arbres. L'utilisation de la régression linéaire se justifie par le fait que les régressions de type puissance, exponentiel ou logarithmique nécessitent au préalable des transformations lorsqu'on traite des données exprimées en pourcent. Chaque facteur a été analysé individuellement avec le taux de mortalité sur l'ensemble des points d'observation. L'équation de la droite est de type $Y = ax+b$, avec a = pente de la droite et b = constante.

2.1.1. Humidité du sol

L'humidité pondérale a été mesurée sur des échantillons de sol prélevés au moment de l'étude sur le terrain. Elle est dans l'ensemble assez faible et ne permet pas de différencier les sites. Toutefois, les sols du lac Tanma se distinguent de ceux des autres sites par des réserves très faibles et peu différentes d'un point à l'autre.

Les coefficients de corrélation entre l'humidité et le taux de mortalité sont dans l'ensemble très faibles et inférieurs à 0,40. Cependant, à Mboro, l'humidité semble être fortement corrélée à la mortalité avec un coefficient $R = 0,99$. L'équation de la droite est $y = - 11,0 X + 166,36$. Plus les réserves hydriques sont élevées plus la mortalité est faible et inversement.

2.1.2. pH

L'action du pH paraît très significative seulement dans les sites de Ngan et Keur-Mactar. En effet, dans ces deux sites on rencontre des pH très acides, avec des valeurs parfois de l'ordre de 2,0. toutes les nappes caractérisées par une forte acidité correspondent à des taux de mortalité très élevés. C'est ainsi qu'à Ngan, le coefficient $R = 0,76$ révèle une bonne corrélation entre le pH de la

nappe et le taux de mortalité. L'équation de la droite est $y = -13,38 X + 135,38$. Ceci montre que le taux de mortalité croît avec l'acidité. A partir d'un pH inférieur ou égal à 3,2, on enregistre une mortalité totale (100 %).

2.1.3. Salinité

Quel que soit le site considéré, il existe une bonne corrélation entre la salinité et le taux de mortalité. Plus la salinité est élevée, plus la mortalité est importante. Celle-ci augmente progressivement avec la salinité jusqu'à un seuil limite, au-delà duquel on atteint un taux constant égal à 100 %. Dans la plupart des points d'observation, c'est surtout la salinité de la nappe qui est déterminante compte tenu du fait que le sol n'est pas très salé. Cependant, dans les sols très salés et sursalés on note une bonne corrélation entre la salinité et la mortalité. C'est ainsi qu'on a :

- Mboro : un coefficient $R = 0,86$ pour le sol et $R = 0,98$ pour la nappe. Les équations des droites sont respectivement $Y = 9,5 X + 33,32$ et $Y = 2,56 X + 3,81$. La mortalité est de 100 % pour une salinité du sol de 7,6 mmhos/cm et 38 mmhos/cm pour la nappe.
- Lac Tanma : un coefficient $R = 0,80$, avec une équation de la droite $Y = 2,85 X - 33,2$. Seule la salinité de la nappe intervient dans ce site compte tenu du fait que le sol n'est pas salé. A partir d'une CE = 35 mmhos/cm on enregistre une mortalité de 100 % (Figure n°13).
- Ngan : l'effet de la salinité semble être masqué dans certains cas par l'interaction des autres facteurs tels que l'humidité et l'acidité. Cela explique les coefficients plus faibles obtenus dans ce site et qui sont $R = 0,67$ pour la salinité du sol et $R = 0,62$ pour la salinité de la nappe. Les équations des droites sont respectivement $Y = 5,96 X + 46,5$ et $Y = 0,45 X + 38,88$ (Figure n°14 et 15).
- Keur-Mactar : des coefficients $R = 0,68$ pour le sol et $R = 0,55$ pour la nappe. Ces équations des droites sont $Y = 4,74 X + 66,99$ et $Y = 0,43 X + 63,41$.

2.1.4. Conclusion

La méthode de régression linéaire ne permet donc pas de mettre en évidence de manière décisive les facteurs prépondérants de mortalité. Les faibles coefficients trouvés dans la plupart des cas, montrent que les facteurs étudiés ne sont pas linéairement liés à la mortalité des arbres, même s'il se dégage un effet significatif de la salinité et de l'acidité des eaux de nappes. En effet la représentation graphique des valeurs observées révèle des courbes en forme de S, c'est-à-dire caractéristiques d'une loi de croissance. L'équation générale d'une telle courbe, connue sous le nom de courbe de Gompertz, est :

$$y_t = K_e^{-e(a-bt)} \quad \text{où } K, a \text{ et } b \text{ sont des constantes et } t \text{ temps.}$$

2.2. METHODE D'ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES (ACP)

L'absence de relation linéaire étroite entre les facteurs pédologiques, pris individuellement, et la mortalité des arbres, nous a conduits à utiliser une méthode statistique puissante appelée "analyse en composantes principales". Cette méthode permet :

- d'intégrer plusieurs variables à la fois,
- d'étudier les liaisons entre les variables,
- de mettre en évidence les variables les plus discriminantes,
- d'obtenir une image simplifiée sur des plans discriminant au maximum les facteurs. La représentation graphique des unités se fait selon des axes définis à partir des variables de départ.

L'analyse a porté dans un premier temps sur 6 variables (humidité-sol, pH-sol, CE-sol, profondeur-nappe, pH-nappe et CE-nappe) (tableau n°15) dans l'ensemble des sites, et dans un second temps sur seulement quatre variables (profondeur-horizon, pH-sol, CE-sol et humidité), mais cette fois-ci, sur un seul site (Ngan). Dans le premier cas, nous avons cherché à mettre en évidence le ou les facteurs déterminant la mortalité, tandis que dans le second, l'objectif est de mettre en évidence un effet horizon ou profondeur.

Les variables étudiées ont été ensuite représentées sur un cercle de rayon 1 grâce aux valeurs des vecteurs propres selon les trois premiers axes. Les numéros des images représentent les points d'observation qui se distinguent par le taux de mortalité (tableau n°19).

2.2.1. Etude des corrélations entre les facteurs

L'analyse effectuée sur la matrice de corrélation (tableau n°15) entre variable est assez puissante puisque les trois premières composantes absorbent 82,4 % de la variance associée. En outre, seules les composantes 1 et 2 se révèlent les plus intéressantes car elles absorbent 66,7 % de la variance associée (tableau n°16).

La première composante avec 43,3 % de la variance est très liée à la variable CE-nappe et secondairement à pH-nappe et CE-sol. Sur le cercle des corrélations, on remarque une bonne corrélation entre la CE-nappe et la CE-sol, avec un coefficient égal à 0,74. Elle oppose le pH-nappe aux deux autres variables avec des coefficients négatifs.

La deuxième composante avec 23,39 % de la variance associée, est faiblement liée à la profondeur de la nappe, à l'humidité et au pH du sol. On remarque une faible corrélation entre les deux premières variables avec un coefficient de l'ordre de 0,47.

Tableau n° 15 : Matrice de corrélation C des variables
(Ngan, Keur Mactar, Lac Tanma et Mboro)

Variables	Humidité - Sol	PH - Sol	CE - Sol	Profondeur - Nappe	PH - Nappe	CE - Nappe
Humidité - Sol	1,00					
PH - Sol	- 0,14	1,00				
CE - Sol	- 0,16	- 0,33	1,00			
Profondeur - Nappe	0,47	- 0,06	- 0,30	1,00		
PH - Nappe	0,26	0,53	- 0,47	0,42	1,00	
CE - Nappe	- 0,25	- 0,19	0,74	0,26	- 0,31	1,00

Tableau n° 16 : Valeurs propres et % de variances associées

	Valeurs Propres	% variance	% cumulé
1	2,60	43,32	43,32
2	1,40	23,39	66,71
3	0,94	15,70	82,41
4	0,54	8,95	91,36
5	0,29	4,90	96,26
6	0,23	3,74	100,00

2.2.2. Interprétation

L'analyse des images révèle l'existence de trois groupes de points répartis selon les axes :

- un groupe d'individus situés à droite de l'axe 1,
- un deuxième groupe à droite de l'axe 2, avec un grand nombre d'individus situés plus proche du centre du cercle!
- un troisième groupe situé à gauche, c'est-à-dire vers le bas, de l'axe 2.

GROUPE I

Le comportement de ces individus est fortement conditionné par l'action de la salinité du sol et de la nappe, et par le pH de la nappe. Ils sont caractérisés par des taux de mortalité très élevés, de l'ordre de 100 % . Plus la salinité est élevée, plus la mortalité est importante. Dans le cas des nappes très acides, on constate une mortalité totale à partir de pH égale ou inférieur à 3,2. Cela est nettement mis en évidence par l'axe 3 qui discrimine très distinctement les individus P.2, P.11, P.12 et P.25, dont les pH sont tous inférieurs à 3,0 (Figure n°16).

GROUPE II

Ce groupe est essentiellement composé par les individus du site de Ngan. On constate un détachement des points 15 - 16 - 18 - 20 - 21 - 22 et 45 par rapport aux autres disposés plus près du centre. Malgré une humidité assez élevée comprise entre 7 et 20 % et des nappes très profondes situées entre 360 et 430, on remarque une mortalité assez importante aux points d'observation n°15 - 16 et 18. quant aux individus disposés près du centre, seuls les n°5 - 1 - 8 - 13 et 44 semblent accuser une forte mortalité.

Le comportement de ces individus livre plusieurs enseignements:

- La profondeur de la nappe peut agir comme un **facteur** atténuateur ou amplificateur de l'action de la salinité lorsqu'elle est profonde ou proche de la surface. C'est ainsi que malgré une salinité très élevée, la mortalité reste inférieure à 50 % en P.15 et P.16, P.4, P.19, P.20, P.17 et P.3, P.14. Par contre, en P.1 et P.10, la proximité de la nappe de la surface du sol accentue l'action de la salinité, entraînant une mortalité totale ;
- L'action de l'humidité du sol est peu nette et semble être masquée par la salinité. Toutefois, les résultats obtenus en P.13 montrent qu'un déficit hydrique (des réserves hydriques très faibles du sol) peut accroître l'action de la salinité même si celle-ci n'est pas excessive.
- L'interaction des facteurs ne permet pas de déterminer de manière absolue celui dont l'action est prépondérante sur la mortalité.

- La mortalité accusée par *E. camaldulensis* dans certains milieux peu salés malgré des humidités et des pH favorables, révèle la sensibilité de cette essence à la salinité.

GROUPE III

Ce groupe est constitué essentiellement par les individus des sites des Niayes (Lac Tanma et Mboro), situés à gauche de l'axe 2, plus près de la variable pH-sol (Figure n°16). Ils sont caractérisés par des pH élevés généralement supérieurs à 7,7, et par de faibles humidités. Ces deux facteurs ne semblent pas expliquer le comportement des arbres car en effet, on constate au lac Tanma une très forte mortalité dans certains points, alors que dans d'autres tels que P.28, P.35, **P.36**, P.37 et P.39, il ne se passe rien. Ces points de forte mortalité correspondent à des nappes très salées (CE) 33 mmhos/cm), tandis que les autres ont une salinité inférieure à 22 mmhos/cm.

Les deux facteurs (humidité et pH) étant semblables d'un point à l'autre, c'est donc l'action de la salinité qui permet de différencier le comportement des arbres.

2.2.3. Mise en évidence d'un "effet horizon"

L'analyse a porté seulement sur les échantillons de Ngan. Les individus étudiés sont représentés par les horizons différenciés par les niveaux de prélèvement 0-30, **30-60**, **60-90**, **90-120** et 120-150 cm. Cette approche cherche à montrer l'existence d'un horizon dont l'action serait déterminante sur la mortalité des arbres.

La matrice de corrélation (tableau n°17) montre que les facteurs sont faiblement liés entre eux et pour la plupart négativement. Seules, l'humidité et la profondeur révèlent une bonne corrélation entre elles, avec un coefficient égal à 0,67.

Les deux premières composantes absorbent 75,75 % de la variance associée et sont les seules dignes d'intérêt.

La composante 1, avec 45,75 % de la variance associée semble être très liée à la profondeur de prélèvement et secondairement à l'humidité, tandis que la deuxième composante est liée à la CE-sol et au pH-sol, avec seulement 29,99 % de la variance associée (tableau n°18). L'analyse des images (Figure n°17) montre une distribution très homogène des individus, regroupés sous forme de deux nuages de points autour de la première composante.

Le premier nuage de points situé à droite de l'axe 1 est composé d'individus caractérisés par une humidité assez élevée et une profondeur supérieure ou égale à 90 cm. On constate une opposition entre les individus situés en haut de l'axe et les autres disposés au-dessous. Les premiers sont caractérisés par des pH assez bas généralement inférieurs à 3,9, alors que les seconds ont des pH supérieurs à 4,4. En outre, les individus situés en haut de l'axe révèlent une forte mortalité, ce qui semble mettre en évidence un effet significatif de l'acidité du sol.

Tableau n° 17 Matrice de corrélation C des variables du sol
(NGAN)

	Profondeur	Humidité	PH = sol	CE = sol
Profondeur	1,00			
Humidité	0,67	1,00		
PH = Sol	-0,36	- 0,14	1,00	
CE = Sol	-0,02	- 0,15	-0,21	1,00

Tableau n° 18 Valeurs propres et variances associées

	Valeurs propres	% variance	% variance cumulées
1	1,83	45,75	45,75
2	1,20	30,00	75,75
3	0,69	17,12	92,87
4	0,29	7,13	100,00

Le second nuage situé à gauche de l'axe 1 est composé d'individus caractérisés par une humidité très faible liée à une faible profondeur de prélèvement, inférieure à 60 cm, et ne permet pas de discriminer le comportement des arbres.

La deuxième composante met en évidence une action déterminante de la salinité. En effet, tous les horizons dont la conductivité électrique est supérieure à 3,8 mmhos/cm sont situés plus près de la variable CE-sol, quelle que soit la profondeur ou l'humidité. Ils révèlent, en outre, une forte mortalité des arbres.

2.2.4. Conclusion

L'analyse en composantes principales a permis de mettre en évidence les corrélations entre variables et de déterminer les facteurs discriminants qui sont surtout liés la première composante. Seules les variables CE-sol et CE-nappes d'une part, sont hautement et positivement corrélées, avec un coefficient $R = 0,74$ et d'autre part, les variables humidité et profondeur de l'horizon, avec un coefficient $R = 0,67$.

Dans tous les sites et quelle que soit l'essence considérée, la salinité se révèle la variable la plus discriminante, avec comme principal paramètre la nappe phréatique. Mais l'influence de celle-ci n'est déterminante que lorsqu'elle est proche de la zone rhizosphérique des arbres, test-à-dire à une profondeur inférieure à 260 cm. Par contre, lorsqu'elle est assez profonde (> 270 cm) son influence sur la mortalité des arbres est plus discrète même à des salinités très élevées ; ceci expliquerait le fait que *E. camaldulensis* résiste à des salinités de loin supérieures à son seuil de tolérance estimé entre 10 et 15 mmhos/cm (s. SADIO, 1985).

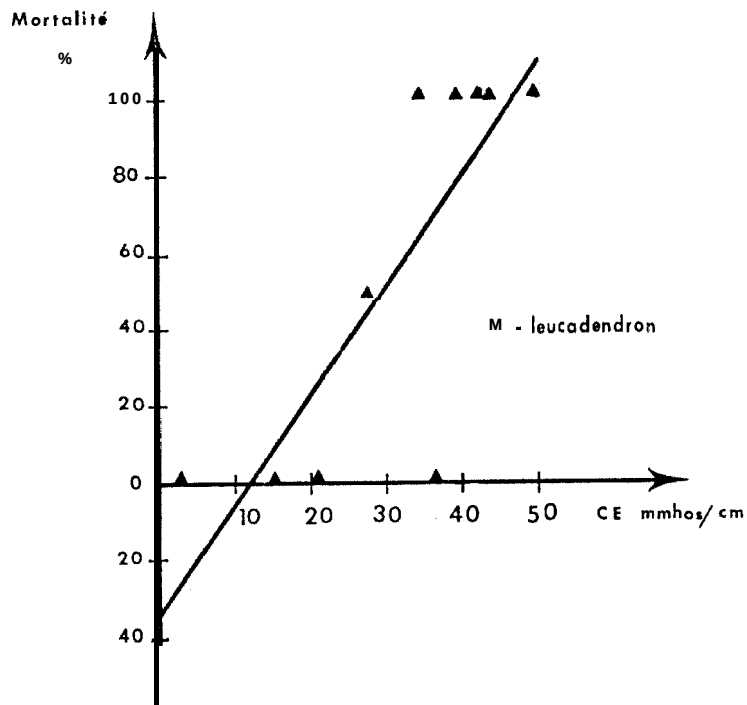
On remarque une différence de sensibilité au "facteur salinité" des essences étudiées. C'est ainsi que *E. camaldulensis* accuse une mortalité quasi-totale lorsque la salinité dépasse 15 mmhos/cm, alors que *Melaleuca* spp. se révèle résistant jusqu'à des valeurs de l'ordre de 33 mmhos/cm, avec des taux de mortalité inférieurs à 50 %.

L'ACP a également permis de mettre en évidence, de manière plus nette que la méthode des régressions linéaires, l'influence de l'acidité du milieu sur la mortalité des arbres dans les sites de Ngan et Keur-Mactar. La mortalité des arbres peut être attribuée à l'acidité dès que le pH atteint une valeur inférieure à 4,0. A partir d'un pH inférieur à 3,0, on enregistre un taux de mortalité de 100 % quelle que soit la salinité du milieu. ,

Quoique puissante, cette méthode n'a pas permis de mettre en évidence une influence plus marquée de l'humidité du sol sur la mortalité des arbres, même si celle-ci est apparente dans certains sites tels que lac Tanma et Ngan.

Il existe un "effet horizon" en ce qui concerne les "facteurs salinité" et "facteur acidité". C'est ainsi que la mortalité de *E. camaldulensis* est élevée à partir d'une conductivité électrique de l'horizon supérieure à 3,8 mmhos/cm et un pH 4,0 quelle que soit la profondeur ou l'humidité de l'horizon.

Figure N° 13 : Droite de régression - Relation entre la salinité de la nappe et la mortalité des arbres ou LAC TANMA



DROITES DE RÉGRESSION NGAN

Figure N° 14 : Relation entre la salinité du sol et la mortalité des arbres

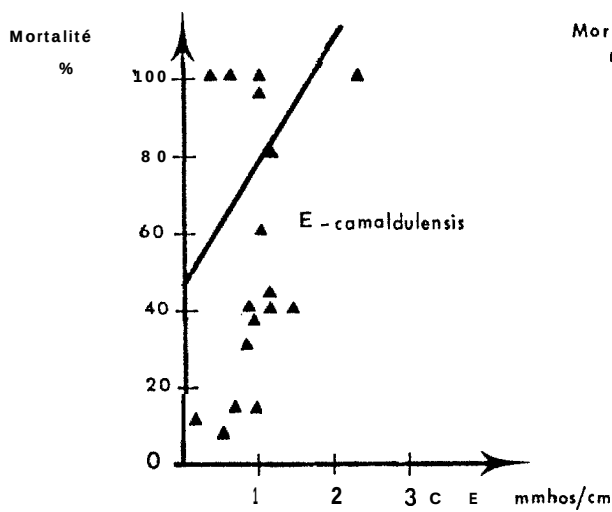
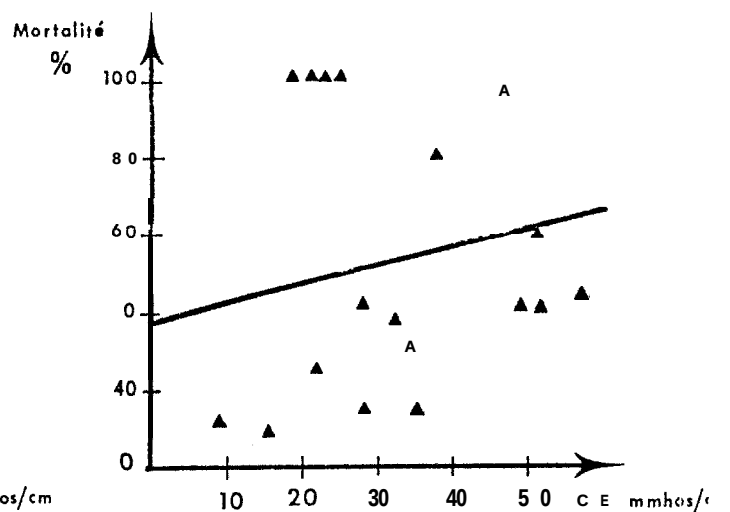


Figure N° 15 : Relation entre la salinité de la nappe et la mortalité des arbres



ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

Distribution de la mortalité (%) en fonction des facteurs pédologiques
Plan représenté par les axes 1 et 2

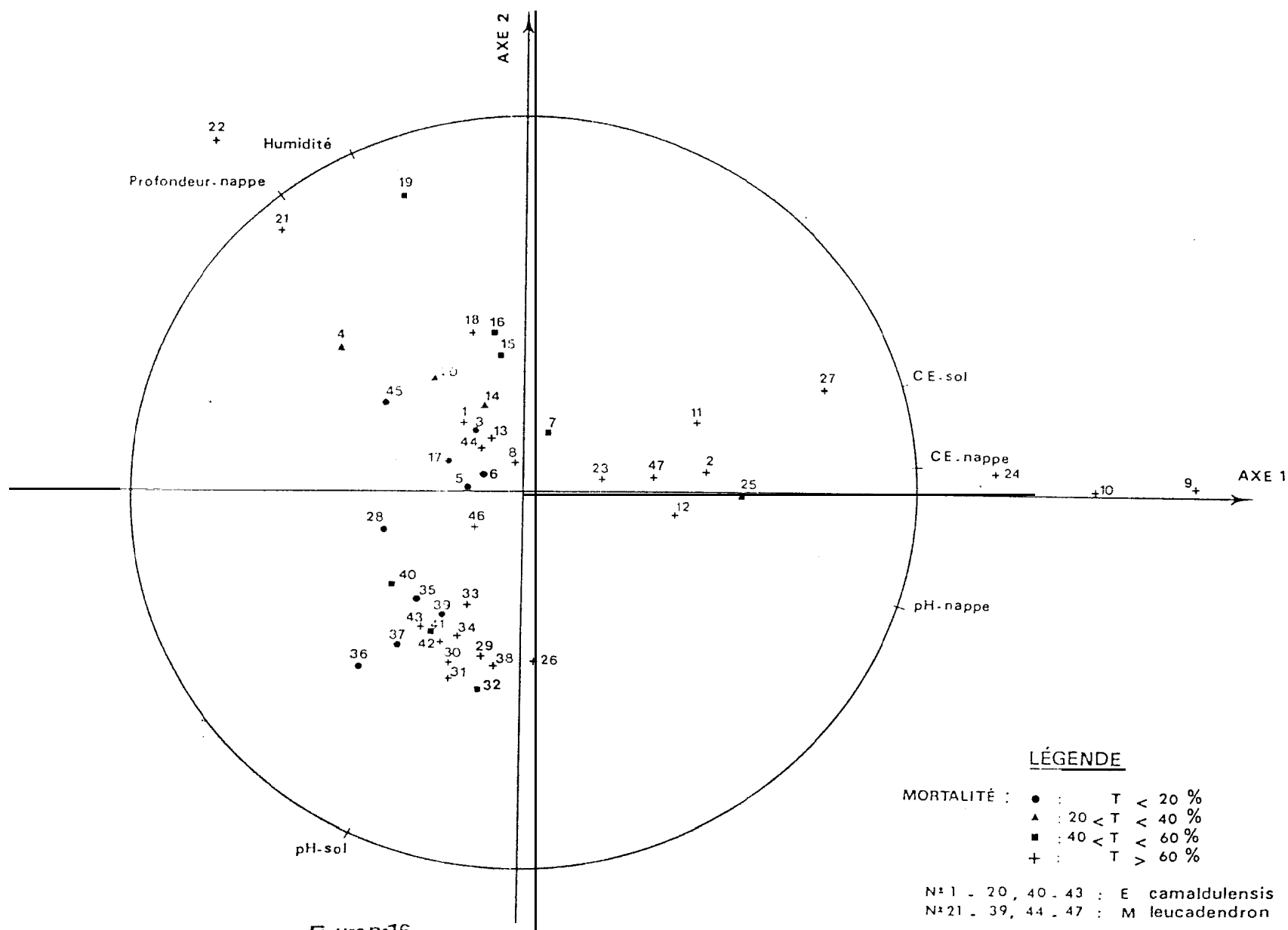
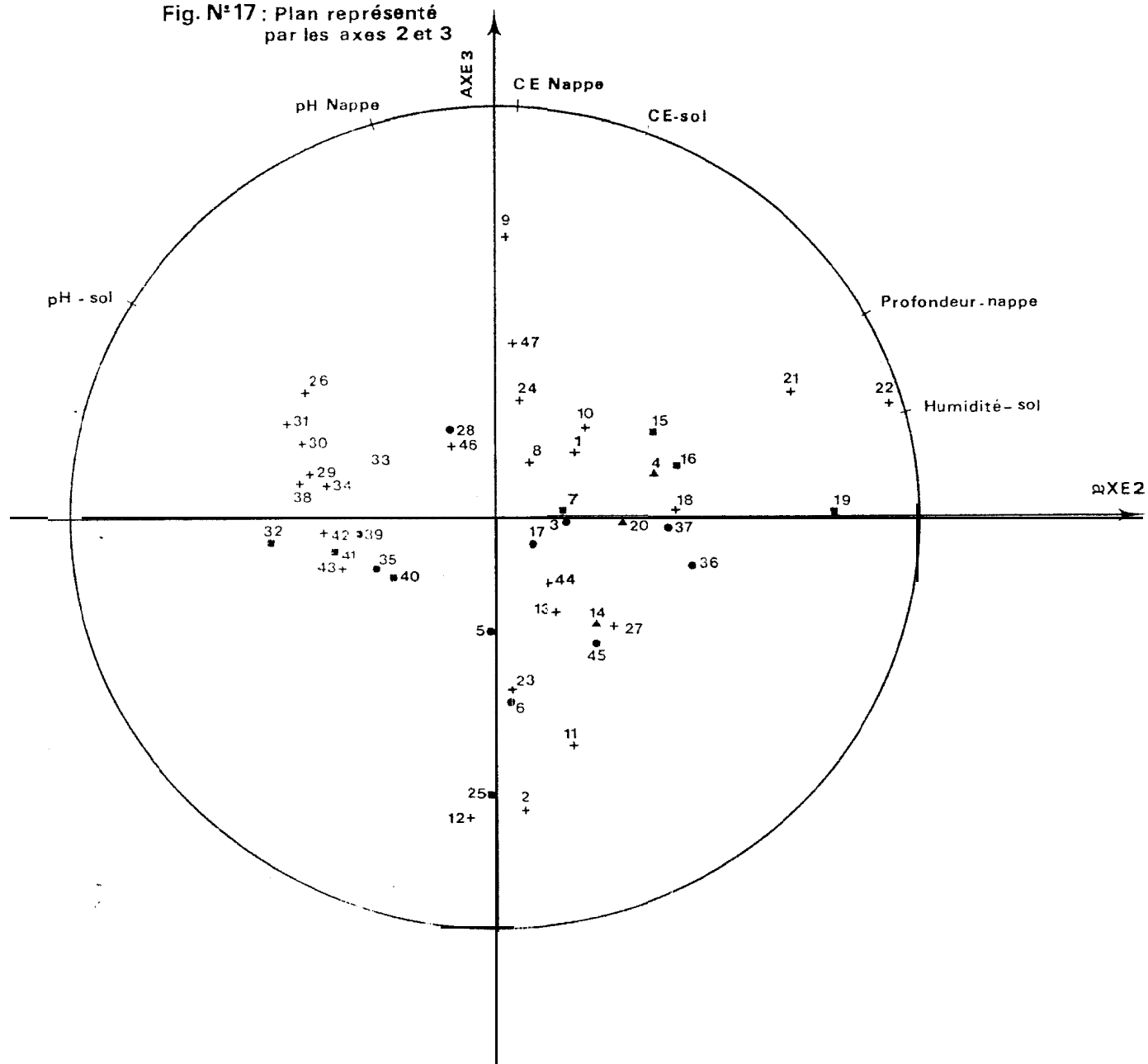


Figure n°16

Fig. N°17 : Plan représenté
par les axes 2 et 3



CHAPITRE III

DISCUSSIONS ET CONCLUSION

1 ■ DISCUSSIONS

L'analyse des résultats obtenus à travers les différents sites a permis de mettre en évidence une influence très nette de la salinité et de l'acidité sur la mortalité des arbres. Les autres facteurs tels que réserves hydriques et profondeur interviennent secondairement mais de manière très discrète à tel enseigne que leur mise en évidence paraît difficile, compte tenu des relations qui les unissent aux autres facteurs et dont l'action paraît plus déterminante.

Tous ces facteurs semblent être conditionnés par le pédoclimat. En effet, le déficit pluviométrique provoqué par la récente période de sécheresse persistante a contribué à l'amplification de l'influence de la salinité et de l'acidité sur le comportement des arbres. C'est ainsi que dans les sites des Niayes, le déficit pluviométrique apparu en 1977 et devenu permanent à partir de 1980, s'est traduit par une forte mortalité des arbres.

1.1. INFLUENCE DE LA SALINITE SUR LA MORTALITE DES ARBRES

Dans les différents sites la salinité a pour origine, soit seulement la nappe phréatique (lac Tanma), soit à la fois la nappe et le sol (Mboro, Ngan et Keur-Mactar).

L'influence de la salinité sur les arbres se manifeste soit par une forte mortalité, soit par le ralentissement de la croissance. Le comportement des arbres est plus lié à la nature de l'essence qu'au site, car quel que soit le site considéré, le seuil de tolérance est le même pour une essence donnée.

1.1.1. La salinité du sol

La salinité du sol ne peut pas être considérée isolément de celle de la nappe dans la mesure où elles sont fortement corrélées et agissent en même temps. Elle explique moins bien la mortalité des arbres que la salinité de la nappe, quoiqu'on constate une augmentation très significative du taux de mortalité avec le niveau de salinité. Dans tous les sols où la conductivité électrique moyenne ($E_{1/5}$) est supérieure à 4 mmhos/cm, on remarque une mortalité quasi-totale pour *Melaleuca* spp. (P.26, P.27, P.46 et P.47). Ce seuil avait été situé à 2,6 mmhos/cm par NIAN (1985) dans une étude menée à Keur-Mactar.

E. camaldulensis disparaît dès que la salinité ($E_{1/5}$) dépasse 2 mmhos/cm (P.9, P.10 et P.11). Son action paraît plus discrète que celle de la nappe, sauf lorsque la salinité de celle-ci ne dépasse pas le seuil de tolérance de l'essence. C'est ainsi qu'à Mboro, *Melaleuca leucadendron* accuse une forte mortalité en P.46 à une salinité de 3,8 mmhos/cm ($E_{1/5}$), malgré une conductivité électrique de la nappe relativement faible, égale à 23,5 mmhos/cm. Il s'est révélé un "effet horizon" très significatif dès que la conductivité électrique est supérieure à 4 mmhos/cm.

1.1.2. Salinité de la nappe

Son action s'est révélée partout déterminante sur la mortalité des arbres. Celle-ci augmente progressivement avec la salinité jusqu'à un seuil limite, à partir duquel on atteint un taux de 100 % et que l'on peut situer à 35 mmhos/cm pour *Melaleuca spp*; et à 15 mmhos/cm pour *E. camaldulensis*.

Les résultats montrent, d'autre part, que l'action de la nappe est fortement conditionnée par la profondeur. Plus la nappe est proche de la surface du sol plus son action sur l'arbre est importante. C'est ainsi que dans tous les cas des nappes très salées où la profondeur est inférieure à 260 cm et soumise à un fort battement, remontant pendant l'hivernage jusqu'à moins de 1 m de la surface du sol, on enregistre une forte mortalité.

Lorsque la nappe est très profonde, la mortalité est faible même à des salinités très élevées, supérieures à 35 mmhos/cm pour *Melaleuca spp.* et 15 mmhos/cm pour *E. camaldulensis*. Ces deux phénomènes sont très remarquables dans les sites du lac Tanma et de Ngan. Dans le premier cas, on enregistre une mortalité de 100 % à partir de 35 mmhos/cm avec *Melaleuca leucadendron* pour une profondeur inférieure à 260 cm, alors qu'il ne se passe rien en P.28 où la profondeur est de 330 cm. Il en est de même pour *E. camaldulensis* en P.40 et P.41 qui malgré une salinité 3 fois supérieure au seuil expérimental de tolérance, accuse une mortalité inférieure à 50%. Ceci signifie que la nappe située entre 310 et 340 cm est sans effet notable sur la zone rhizosphérique des arbres.

Dans le second site, c'est-à-dire Ngan, la profondeur limite de la zone d'influence de la nappe semble s'établir vers 270 cm. C'est ainsi que malgré une salinité de l'ordre de 57 mmhos/cm, *E. camaldulensis* résiste avec un taux de survie supérieur à 50 %.

L'étude du système racinaire a permis de montrer que dans le cas des nappes peu profondes, les racines des arbres plongent directement dans l'eau et subissent ainsi une influence plus directe de la salinité. Les nappes salées entraînent une forte mortalité, alors que les non salées sont favorables à une bonne alimentation hydrique qui se manifeste par une bonne croissance (P.5, P.6, P.36, P.37 et P.39).

L'étude n'a pas permis d'avoir une connaissance plus nette de l'influence des nappes profondes compte tenu du fait que la profondeur d'excavation du système racinaire ne dépasse pas 230 cm. Il est difficile dans la présente étude de se faire une idée plus nette sur la morphologie du système racinaire. Tout ce que l'on peut dire pour l'instant c'est que le comportement du système racinaire est plutôt lié aux propriétés physico-chimiques du sol qu'aux propriétés chimiques. Il réagit en fonction des contraintes physiques qui peuvent être dues à la compacité du sol, à la présence d'un obstacle ou à la disponibilité hydrique. C'est ainsi qu'au lac Tanma *Melaleuca spp.* présente un système racinaire très traçant limité aux horizons supérieurs (30-50 cm), alors que dans les sites de Mboro et Keur-Mactar,

celui-ci est plus à orientation oblique pénétrant plus profondément dans le sol. Dans tous les cas seul le pivot semble pénétrer jusqu'au-delà de 100 cm de profondeur. *E. camaldulensis* a un système racinaire plus comprimé et pivotant avec une pénétration racinaire plus importante qui dépasse dans certains cas 200 cm. Dans les sols sableux et argileux, il reste superficiel et traçant avec un pivot moins important que dans les autres cas.

La nappe intervient également par la qualité géochimique des eaux. En effet, les zones de forte mortalité correspondent généralement à la présence d'une nappe à eau soit chlorurée sodique, soit sulfatée. Il s'agit dans le premier cas de l'action néfaste de l'ion Na^+ qui intervient en augmentant la pression osmotique de la solution qui entraîne à son tour un déficit hydrique dans le milieu et un déséquilibre physiologique par hypertonie dans le tissu cellulaire (HAMZA, 1980), tandis que dans le second cas, c'est l'ion $\text{SO}_4^{=}$ qui agit en provoquant une toxicité au niveau des arbres. Tout⁴ ceci se traduit par un dessèchement total des feuilles, puis une mortalité complète.

L'augmentation de la pression osmotique diminue la force de succion de l'eau par les racines des plantes. Lorsque le milieu n'est pas très salé cet effet se traduit tout simplement par une diminution de la croissance ou par une faible mortalité. Mais lorsque celle-ci est très élevée en plus du déficit hydrique créé par une pression osmotique très importante, il se produit des phénomènes de toxicité dus aux ions Cl^- et Na^+ (FAO, 1977 ; HAGAN et al., 1967).

L'influence de la salinité de la nappe en fonction de sa qualité et de sa profondeur par rapport à la surface du sol, a été mise en évidence par BENARICHA (1985) dans une étude menée au lac Tanma. Cet auteur a constaté que la répartition de la mortalité des arbres correspondait parfaitement à celle de la salinité des nappes. Comme on peut le constater actuellement dans ce site, les seuls endroits où les arbres sont encore en bon état correspondent à des zones où la nappe est à eau douce ou peu salée.

1.3. ADAPTATION DES PLANTES A LA SALINITE

D'une manière générale, l'action des sels sur les plantes se manifestent par des modifications aussi bien morphologiques que structurales et métaboliques. Les modifications structurales intéressent les constituants membranaires et particulièrement les lipides (MOUNIRA ELLOUZE et al., 1980 ; FERGUSON, 1966).

L'effet immédiat de l'augmentation de la salinité est la diminution du gradient de potentiel hydrique entre la plante et la solution du sol, ce qui a pour conséquences une déshydratation et une perte de turgescence de la cellule (GREENWAY and MUNNS, 1980 ; BERNSTEIN, 1959). Ces modifications physiologiques dues à l'augmentation de la pression osmotique et à la présence excessive d'ions nocifs tels que Na^+ , Cl^- et $\text{SO}_4^{=}$, conduisent la plante à développer des mécanismes de résistance. Il peut se produire alors dans ce cas, un ajustement osmotique par accumulation de sels absorbés ou de substances organiques permettant le rétablissement du bilan hydrique

(HAMZA, 1980). Les études du métabolisme et de la compartimentation ionique montrent qu'au moins, chez les plantes résistantes, les ions toxiques sont exclus des sites sensibles de la cellule. L'exclusion, l'excrétion ou la dilution, sont des processus permettant d'éviter les fortes accumulations ioniques dans le cytoplasme (HAMZA, 1980). GREENWAY et al. (1980) ont montré que lorsque les concentrations en ions Na^+ et Cl^- du cytoplasme sont faibles, les plantes peuvent résister même à des salinités assez élevées. Certaines essences halophiles telles que *Avicennia nitida* ont la propriété de pouvoir véhiculer l'excès de sel à la surface des feuilles. Ceci est rendu possible grâce à un mécanisme de sélection des ions entre le xylème et le phloème (SNEDAKER, 1978).

L'adaptation des espèces halophytes en milieu salé peut être la propriété de substances telles que la proline, des sucres et des composés organiques (acides) ou azotés qui servent de régulateurs du potentiel osmotique du cytoplasme (HAMZA, 1980 ; CAMILLE et DASILVA, 1980).

On peut donc dire que la résistance à la salinité d'une plante est fonction de l'espèce et du milieu d'introduction, tel est le cas de *E. camaldulensis* qui s'est montré résistant à la salinité en Afrique du Sud, alors que dans le bassin méditerranéen, il est assez sensible (FAO, 1982). Certaines espèces ont la propriété de sélectionner les ions présents dans le milieu, d'autres se contentent, à partir de substances contenues dans leur tissu de réguler le potentiel hydrique.

1.3. INFLUENCE DE L'ACIDITE

Ce facteur, mis en évidence dans les sites de Ngan et Keur-Mactar, sur des sols anciennement occupés par la mangrove, joue un rôle très important dans la mortalité des arbres. C'est ainsi que l'on constate une mortalité générale aussi bien pour *E. camaldulensis* que pour *E. camaldulensis* à partir d'un pH = 4.0, quel que soit le site considéré ou la salinité du milieu. L'acidité dans ces milieux a deux origines qui sont les sulfates ($\text{SO}_4^{=}$) ou les ions aluminium (Al^{3+}), fer ferrique (Fe^{3+}) et les protons (H^+) que l'on trouve en abondance dans ces milieux. Ces ions présents en quantité importante dans le complexe d'échange, la solution du sol et dans la nappe, sont préférentiellement prélevés par les racines des arbres. Il se passe alors une toxicité au niveau des arbres qui finissent par disparaître par manque d'éléments nutritifs indispensables à la constitution des tissus végétaux (BOULE et FRICKER, 1969).

II - CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Le premier enseignement que nous tirons de cette étude est la complexité du milieu. Il existe une multitude de facteurs qui agissent en même temps. L'analyse en composantes principales se montre à cet effet comme une puissante méthode de discrimination des facteurs déterminants. Elle permet de mettre en évidence l'action prépondérante de la salinité et l'acidité. Les méthodes des statistiques classi

ques telles que la régression linéaire ne permettent pas de mieux discriminer les facteurs déterminants, comme l'ont montré DAFNI et NEGBI (1978) sur l'effet de la salinité sur la germination des graines de *Prosopis farcta* en Israël. Ils constatent une absence de corrélation entre les deux facteurs.

Toutefois, l'étude nous a permis, fort heureusement, de constater que la mortalité était complète d'une part, lorsque la salinité du milieu était supérieure aux seuils de tolérance trouvés expérimentalement au laboratoire et qui seraient de l'ordre de 30 mmhos/cm pour *Melaleuca* spp et de 10 mmhos/cm *E. camaldulensis* (S. SADIO, 1985), et d'autre part, quand le pH est inférieur à 4,0. Dans le cadre des reboisements des sols salés, la démarche doit se baser sur les considérations suivantes :

- 1/ Niveau de salinité du sol : sur les échantillons prélevés à la tarière pédologique, on fera des mesures de conductivité électrique sur extraits aqueux (1/5). Ces mesures ont pour but de connaître la salinité du sol en un point donné. La profondeur de prélèvement peut aller jusqu'à 150 ou 200 cm. Deux prélèvements sont conseillés dont l'un entre Mai-Juin et l'autre à la fin de la saison des pluies.
- 2/ Distribution spatiale de la salinité : afin de connaître la ~~variation~~ spatiale de la salinité, les prélèvements d'échantillons devront couvrir toute l'étendue concernée par la plantation.
- 3/ Etude des nappes phréatiques
 - a) Profondeur : A l'aide des sondages à la tarière pédologique, il faudra chercher à déterminer la profondeur de la nappe. Cette étude a pour but de pouvoir prévenir les effets néfastes des nappes peu profondes dont l'influence est notable dans la zone rhizosphérique.
 - b) Variation de la profondeur : La connaissance de la variation du niveau de la nappe est très importante car ce sont les nappes salées à fort battement pendant l'hivernage qui entraînent plus de dommages aux arbres. Ainsi, connaissant le type et la vitesse d'exploitation du système racinaire, on pourra déterminer l'âge à partir duquel les racines des arbres vont atteindre le plan d'eau. Cette étude peut se faire par des suivis de tubes piézométriques enfoncés dans le sol ou simplement par deux séries de sondage dont un en période sèche et un en hivernage.
 - c) Qualité de la nappe : A partir des sondages à la tarière, on prélèvera des échantillons d'eau sur lesquels seront mesurés le pH et la salinité et dosés les éléments majeurs. Un prélèvement au milieu de la saison sèche est suffisante compte tenu du fait que ces paramètres sont à leur maximum pendant cette période.

- 4/ Choix des essences à utiliser : Le choix des essences à introduire ne peut précéder les études conseillées aux points 1, 2 et 3a, 3b. Les essences doivent être choisies en fonction de la salinité et de l'acidité du sol, du comportement et de la qualité de la nappe phréatique d'une part, d'autre part en fonction de la résistance à ces facteurs de l'essence elle-même. Ainsi, pour des sols dont la salinité (Ext.saturé? est supérieure à 15 mmhos/cm, seul *Melaleuca* spp peut être utilisé, dans le cas contraire, on peut utiliser indifféremment les deux essences. Il n'est pas dit que d'autres essences ne peuvent pas être utilisées dans l'un ou l'autre cas, mais il s'agit seulement ici d'une comparaison entre les deux essences étudiées.

B 1 BL 1 OGRAP H 1 E

AUBREVILLE, A. - 1950 - Flore forestière soudano-guinéenne.
AOF - CAMEROUN - AEF.
ORSTOM/SOC.ED.GEOGR.-MAR-et-COL., PARIS 523 p.

BAULE, H. et FRICKER, C. - 1969 - La fertilisation des arbres forestiers.
BLV Verlagsgesellschaft, mbH, München 255 p.

BENARICHA, B. - 1985 - Etude pédologique du reboisement du Lac Tanna (région de Thiès).
Etude de l'influence de la salure sur la mortalité des différentes essences.
Rapport de stage d'élève - 2ème année -- ORSTOM, 76 p.

BERNSTEIN, L. - 1959 - Salt tolerance of vegetable crops in the West agricultural research.
Bull., 205, pp. 1-5.

CAMILLE, H. et J. Vieira DA SILVA - 1980 - Indicateurs métaboliques de contraintes mésologiques.
Physio-Vég., 18(1), pp. 45-53.

CPCS - 1967 - Classification des sols. Edition 1967, 96 p.

DAFNI, A. et NEGBI, I. - 1978 - Variability in Prosopis harcta in Israël : seed germination as affected by temperature and salinity.
Israël Journal of Botany, 27, 3/4, pp.147-159.

FAO - 1977 - La salinité - Séminaire de Bagdad.
Bulletin d'irrigation et de drainage n° 7, 271 p.

FERRISON, N.S. - 1966 - Salt induced changes in the composition of lipid classes in barley roots.
Can. J. Plant. Sc., 46, pp.639-646.

GIFFARD, P.L. - 1971 - Etude des possibilités d'afforestation des sols salés du Sine-Saloum - Rapport d'activité 1971, CTFT.

GREENWAY, H. and RANA MUNNS - 1980 - Mechanisms of salt tolerance in non halophytes. Ann. Rev. Plant Physiol., 31, pp. 149-190.

HAGAM, R. M. ; HAISE, H. R., and EDMISTER, T.W. - 1967 - Irrigation of agricultural lands.
Agronomy - Am. Soc.of Agronomy. Wisconsin - USA, 1180 p.

HAMZA, M. - 1980 - Réponses des végétaux à la salinité.
Physio-Vég., 18(1), pp. 69-81.

MAIGNIEN, R. - 1965 - Carte pédologique du Sénégal au 1/1 000 000 - Notice explicative, ORSTOM, 63 p.

LEROUX, M., 1980 - Le climat - In : atlas du Sénégal.
Ed. Jeune Afrique, pp. 12-17, 72 p.

MARIUS, C. - 1979 - Les mangroves du Sénégal.
Ecologie, Pédologie, Utilisation.
ORSTOM/DAKAR - Ronéo., 84 p.

MICHEL, P. - 1973 - Les bassins du fleuve Sénégal et Gambie. Etude
géomorphologique.
Mémoire-ORSTOM n° 63 - PARIS, TI et TII.

MOUNIRA Ellouze et al. - 1980 - Action de NaCl sur la composition
lipique des feuilles de Tournesol (*Helianthus annuus* L.) et de la
line rangepur (*Citrus limonia* Osbeck).
Ame. Rev. Physiol. Veg., 18(1), pp. 1-10.

NIANG, A. I. - 1985 - Etude des reboisements sur les terres salées
du Sine-Salou (Sénégal). Bilan et perspectives de 12 années de re-
cherches
Mémoire de fin d'études, 2ème année ESTA - Montpellier, 126 pages.

SADIO, S. - 1985 - Recherches sur la tolérance aux sels des essences
forestières.
Rapport d'activité : Mai 1984 - Mai 1985- ORSTOM/DAKAR, 18 p.

Samuel C. SNEDAKER - 1978 - Les mangroves : leur intérêt et leur
conservation. In : Nature et Ressources - UNESCO - Vol. XIV,
n° 3 - pp. 7-15, 39 p.

PEREIRA-BARRETO S. - (1961) - Etudes pédologiques des
abords N-E du Lac Tanma. (En vue de l'implantation d'un
village pionnier) - ORSTOM, 20 p.

A N N É X E S I

PROFILS TYPES DES SOLS
DES SITES D'ÉTUDES

REBOISEMENT DE MBORO

/

/

Profil n° SMB P2 : Sol peu évolué, d'origine non climatique, d'apport colluvio-
alluvial, sur matériaux sableux à sablo-argileux.

Description du profil type (SMB. P 2)

- 0 - 20 cm : Horizon sec, gris brun très foncé (10 YR 3/2) avec présence de matière organique en surface, texture limono-sableuse, structure **massive** à tendance compacte. Porosité bonne, présence de racines d'herbacées. Transition progressive.
- 20 - 60 cm : Horizon peu sec à frais, beige foncé (10 YR 5/3) texture sablo-argileuse, structure **massive**; porosité bonne, présence de racines de Melaleuca. Transition progressive.
- 60 - 105 cm : Horizon très frais, gris-beige clair (10 YR 6/3) avec des taches ocres (10 YR 5/8) - texture sablo-argileuse à structure **massive**. Porosité bonne. Présence de quelques racines de Malaleuca de taille moyenne et petite.

Profil n° SMB.P3 - Sol halomorphe peu salé, matériaux argilo-sableux

Description :

- 0 - 10 cm : Horizon sec, gris brun peu clair, texture limono-argileuse, structure faiblement grumuleuse à la partie supérieure et massive vers la partie inférieure, porosité très bonne, présence de quelques racines de graminées. Transition progressive - pH = 7,0 et CE = 0,8 mmhos/cm.
- 10 - 20 cm : Horizon sec à peu frais, gris clair avec quelques taches jaune-ocre diffuses présence d'inclusions sableuses et de grains de quartz brillants, texture limono-sableuse, structure massive à compacte, porosité bonne ; présence de racines vivantes de Melaleuca leucadendron, transition peu nette. pH = 7,3 ; CE 0,4 mmhos/cm.
- 20 - 50 cm : Horizon frais ; gris brunâtre avec des taches jaune-ocre à orientation verticale, texture argilo-sableuse ; structure compacte à tendance cimentée par les argiles et les oxydes de fer. Porosité bonne à moyenne ; présence de racines vivantes et mortes de Melaleuca leucadendron ; transition nette : pH 7,2 et CE = 1,0 mmhos/cm.
- 50 - 70 cm : Horizon très frais à humide, gris-beige avec quelques taches noires ; texture sablo-argileuse, peu structuré. Porosité très bonne. Présence de racines vivantes de petite taille. Transition nette - pH = 7,4 ; CE = 0,3 mmhos/cm.
- 70 - 130 cm : Horizon très frais à humide, gris-beige avec beaucoup de taches jaune-ocre et ocre-rouge, texture argilo-sableuse, structure compacte à tendance cimentée. Porosité moyenne ; pas de racines. pH = 7,2 et CE = 1,4 mmhos/cm.
- 130 - 200 cm : Humide, sables de couleur beige avec quelques taches jaune-ocre ; pH = 6,9 et CE = 0,3 mmhos/cm.
- 200 - 250 cm : Très humide, sables de couleur beige et très taché jaune-ocre ; pH = 3,5 et CE = 1,7 mmhos/cm.
- 250 - 300 cm : Hydromorphe, sables argileux de couleur gris-verdâtre ; pH = 2,9 et CE = 1,7 mmhos/cm.

Profil n° SMB. P4 : Sol halomorphe moyennement salé,
à taches sur matériaux limono-sableux.

Description :

- 0 - 15 cm : Horizon sec surmonté d'une mince couche de matière organique gris brun peu foncé, texture limoneuse, structure faiblement feuilletée en surface (sur les 5 premiers centimètres) et faiblement grumeleuse en dessous. Porosité très bonne, présence de nombreuses racines mortes de graminées et d'herbacées. Transition progressive. pH = 5,1 et CE = 2,6 mmhos/cm.
- 15 - 25 cm : Horizon sec à peu frais, gris brumâtre très taché ocre-rouille et rouge, texture limono-sableuse à argilo-sableuse vers la partie inférieure, structure massive à éclats fragiles. Porosité bonne avec présence de racines mortes de Melaleuca leucadendron et de quelques plantes herbacées. Transition progressive : pH = 5,7 et CE = 0,7 mmhos/cm.
- 25 - 80 cm : Horizon plus frais, brun très foncé à noir avec des taches jaune-ocre plus larges et nombreuses à la partie inférieure, texture argilo-sableuse à structure massive à éclats polyédriques à tendance compacte. Porosité moyenne, présence de quelques racines mortes. Transition progressive : pH = 6,6 ; CE = 0,9 mmhos/cm.
- 80 - 135 cm : Horizon plus frais, diffère du précédent par la présence de très peu de taches et une texture plus argileuse. Porosité moyenne à faible, pas de racines. Transition nette : pH = 6,9 ; CE = 2,3 mmhos/cm.
- 135 - 170 cm : Horizon très frais à humide, gris-beige très taché ocre et jaune, texture sablo-argileuse à structure massive. Porosité bonne, pas de racines : pH = 5,6 ; CE = 0,6 mmhos/cm.
- 170 - 200 cm : Humide, sables beiges sans taches. pH = 4,3 ; CE = 0,6 mmhos/cm.
- 200 - 250 cm : Très Humide, sables gris-verdâtres (Gley) plus argileux. pH = 4,6 et CE = 1,1 mmhos/cm.
- 250 - 300 cm : Identique au précédent mais hydromorphe. pH = 2,9 et CE = 1,5 mmhos/cm.

REBOISEMENT DU LAC TANMA

Profil n° SLT. P4 - Sol peu évolué, d'origine non climatique, d'apport alluvio-colluvial, humifère à faciès hydromorphe, sur terrasses sableuses.

GECRIPTION :

- 0 - 10 cm : Horizon sec, humifère, constitué d'une couche de matière organique mal décomposée mélangée à des débris de coquillages, de couleur gris-brun très foncée (10 YR 4/2). Présence de racines de plantes herbacées. Transition nette. pH = 7,1 - CE = 1,0 mmhos/cm.
- 10 - 42 cm : Horizon sec, constitué d'amas de coquillages blancs, peu altérés, mélangés à du sable de couleur beige-clair (10 YR 7/3), structure particulière. Transition progressive. pH = 7,4 - CE = 0,3 mmhos/cm.
- 42 - 60 cm : Horizon sec à frais, beige-clair (10 YR 7/3), présence de nombreux coquillages altérés, mélangés à du sable à structure particulière. Porosité très bonne, présence de racines de Melaleuca spp. Transition progressive. pH = 7,9 - CE = 0,2 mmhos/cm.
- 60 - 75 cm : Horizon frais, beige-clair (10 YR 7/3), texture sablo-limoneuse, structure massive à tendance particulière. Porosité très bonne, présence de nombreuses racines mortes de Melaleuca spp. Transition progressive. pH = 7,5 - CE = 0,1 mmhos/cm.
- 75 - 130 cm : Horizon frais, beige (10 YR 6/3), très taché ocre (10 YR 6/6) et taches jaune-rouille (10 YR 4/8) texture sableuse, structure massive à éclats fragiles. Porosité très bonne. Présence de nombreuses petites racines mortes. pH = 6,9 - CE = 0,2 mmhos/cm.

Profil n° SLT. P5 : Sol peu évolué d'origine non climatique, d'apport alluvio-colluvial, humifère faciès hydromorhe, humifères sur terrasses sableuses.

DESCRIPTION

- 0 - 20 cm : Horizon sec, très humifère avec une bonne incorporation de matière organique, couleur gris brun foncé (10 YR 4/2) devenant plus claire à la partie inférieure, texture sablo-lumineuse avec quelques grains de quartz blancs, structure en agrégats moyens à fins assez fragile. Présence de racines de Melaleuca et de graminées. Bonne porosité, avec une macroporosité assez importante (traces de racines mortes de graminées). Transition progressive. pH = 7,1 - CE = 1,0 mmhos/cm.
- 20 - 25 cm : Horizon sec, gris-beige (7,5 YR 7/2), peu humifère, présence de coquilles de mollusques marins de petites tailles, texture sableuse, structure particulière, porosité très bonne, présence de racines, transition nette. pH = 7,4 - CE = 0,3 mmhos/cm.
- 25 - 35 cm : Horizon sec, intermédiaire entre celui au-dessus et celui au-dessous, gris (10 YR 6/1), sablo-argileux, structure massive, porosité moyenne, présence de coquilles peu nombreuses et très décomposées, limite et transition nette, présence de petites racines mortes. pH = 7,9 - CE = 0,2 mmhos/cm.
- 35 - 47 cm : Horizon sec, gris-beige (7,5 YR 7/2) plus clair que l'horizon 20-28 cm auquel il est identique, par la couleur, la texture, la structure et la présence de coquilles de mollusques. pH = 7,9 - CE = 0,2 mmhos/cm.
- 47 - 60 cm : Horizon sec constitué d'amas de coquillages blancs, peu altérés. Présence de sable de couleur beige-clair (10 YR 7/3), structure particulière, transition progressive. pH = 7,5 - CE = 0,2 mmhos/cm.
- 60 - 92 cm : Horizon constitué d'amas de débris de coquilles et de coquillages très altérés mélangés à du sable argileux de couleur grise (10 YR 6/1). Transition progressive. pH = 7,5 - CE = 0,2 mmhos/cm.
- 92 - 105 cm : Horizon sec, beige-clair (10 YR 7/3), présence de coquillages entiers surtout à la partie supérieure, texture sableuse, structure particulière, porosité très bonne, présence de petites racines mortes. Transition progressive. pH = 6,9 - CE = 0,2 mmhos/cm.
- 105 - 150 cm : Horizon frais, beige (10 YR 6/3), très taché ocres (10 YR 6/6) et taches jaunes, rouille (10 YR 4/8), texture sableuse, structure particulière, porosité très bonne, présence de racines mortes. pH = 6,9 - CE = 0,2 mmhos/cm.

Profil n° SLT. P9 - Sol peu évolué d'apport alluvio-colluvial, sous-groupe hydromorphe a taches de pseudogley, faciès humifère peu coquillier sur terrasses sableuses.

DESCRIPTION

- 0 - 10 cm : Horizon sec, très humifère, quelque litière en surface couleur gris-noir (10 YR 4/1), texture sablo-limoneuse, structure en agrégats, grossière, fragile, présence de grains de quartz délavés, porosité très bonne tubulaire, macroporosité biologique (traces de racines mortes de Melaleuca) importante, présence de racines mortes (1 - 2 cm) traçantes de Melaleuca et de plantes herbacées. Limite ondulée, transition nette. pH 7,5 - CE = 0,4 mmhos/cm.
- 10 - 50 cm : Horizon sec, beige clair (10 YR 7/3), texture sableuse, structure massive à éclats fragiles, porosité très bonne, macroporosité biologique très importante due à de nombreuses traces de racines mortes de Melaleuca, transition diffuse. pH = 8,0 - CE = 0,2 mmhos/cm.
- 50 - 100 cm : Horizon sec, beige (10 YR 6/3) très taché ocres (10 YR 5/6) et olive (5 Y 5/3), surtout dans la partie inférieure de l'horizon, texture sableuse, présence de nombreux coquillages marins mélangés au sol, structure massive, porosité très bonne, transition diffuse, présence de petites racines mortes. pH = 7,4 - CE = 0,3 mmhos/cm.
- 100 - 115 cm : Horizon sec, beige (10 YR 6/3) nombreuses taches de couleur olive (5 Y 5/3), rouilles (5 YR 4/8) surtout à la partie inférieure de l'horizon et des taches ocres (10 YR 5/8). Texture sableuse, structure massive, présence de nombreux coquillages plus ou moins décomposés. Porosité bonne. Transition progressive. pH = 7,5 - CE = 0,3 mmhos/cm.
- 115 - 126 cm : Horizon sec frais, brun olive (2,5 Y 4/4), peu de taches rouilles (5 YR 4/8), nombreux amas de coquillages en voie d'altération et mal décomposés, porosité moyenne limite ondulée, transition nette. pH 7,5 - CE = 0,4 mmhos/cm.
- 126 - 140 cm : Horizon frais, diffère du précédent par l'aspect plus altéré des coquillages qui sont transformés en petits débris couleur brun-olive (2,5 Y 4/4). pH = 7,7 - CE = 0,5 mmhos/cm.

Profil n° SLT. P7 - Sol peu évolué d'apport alluvio-
colluvial, sous-groupe hydromorphe, faciès humifère coquillier,
sur terrasses sableuses.

DESCRIPTION :

- 0 - 10 cm : Horizon sec, humifère, constitué de matière organique mal décomposée, mélangée aux coquillages fins, couleur gris-brun-foncé (10 YR 4/2), texture sableuse à limoneuse, structure à tendance particulière. Porosité bonne, présence de racines de graminées. Transition nette. pH = 7,5 - CE = 0,32 mmhos/cm.
- 10 - 57 cm : Horizon sec, constitué d'amas de coquillages blancs peu altérés, mélangés à un peu de sable de couleur beige-clair (10 YR 7/3). Transition progressive. pH = 7,5 - CE = 0,4 mmhos/cm.
- 57 - 80 cm : Horizon sec, constitué d'amas de débris de coquilles très altérés, mélangés à du sable argileux de couleur grise (10 YR 6/1). Transition progressive. pH = 8,1 - CE 0,2 mmhos/cm.
- 80 - 90 cm : Horizon frais, gris-beige (10 YR 6/3), présence de coquilles. Texture sableuse faiblement argileux, structure massive à éclats fragiles. Porosité bonne. Transition progressive. pH = 8,3 - CE = 0,2 mmhos/cm.
- 90 - 130 cm : Horizon frais, gris-beige (10 YR 6/3), présence de nombreuses taches ocres et rouilles, nombreux coquillages altérés et des coquilles de mollusques. Texture sablo-argileuse. Structure massive à éclats. pH = 8,1 - CE 0,4 mmhos/cm.

Profil n° SLT. P17 - Sol peu évolué 'd'apport alluvio-
colluvial, sale, sur Terrasses sableuses.

DESCRIPTION :

- 0 - 13 cm : Horizon sec, humifère avec une matière organique bien décomposée surmontée d'une faible litière de feuilles de *Melaleuca* spp., gris-brun-foncé (10 YR 5/2), texture limono-sableuse, structure en agrégats fragiles à tendance grumeleuse moyenne. Porosité très bonne, présence de petites racines de *Melaleuca* spp. et de plantes herbacées. Transition nette. pH = 7,3 - CE = 0,2 mmhos/cm.
- 13 - 40 cm : Horizon sec à frais, brun-jaunâtre (10YR 6/4), constitué de coquillages entiers et altérés, mélangés à de la terre fine. Transition nette. pH = 7,6 - CE = 0,3 mmhos/cm.
- 40 - 77 cm : Horizon sec à frais, constitué de coquillages très altérés, mélangés à la terre fine, sable de couleur beige-claire (10 YR 8/2). Structure particulière. Porosité très bonne. Présence de racines de *Melaleuca* spp. Transition nette. pH = 7,9 - CE = 0,4 mmhos/cm.
- 77 - 100 cm : Horizon frais, gris-beige (10 YR 6/3), taches jaune-ocre (10 YR 5/8) et brun-olive (2,5 Y 4/4). Texture sableuse, structure particulière. Porosité très bonne. Transition progressive. pH = 7,3 - Ce = 1,1 mmhos/cm.
- 100 - 142 cm : Horizon frais, gris-'beige (10 YR 6/3), très taché jaune-ocre (10 YR 5/8), rouge-ocre (5 YR 4/6) et brun-olive (2,5 4/4). Texture sableuse, présence de débris de coquillages très altérés. Structure massive. pH = 7,3 - CE = 1,1 mmhos/cm.

ELEMENTS MAJEURS DES SOLS (Ext. 1/5) : Echantillons prélevés le 25/05/84

Echantillons	Horizons	PH	CE (mmhos/cm)	cl-	SO ₄ ⁻⁻	CO ₃ H -	CO ₃ ⁻⁻	Ca + +	Me + +	K +	Na +
SLT. P4	0 - 10cm7	7,25	0,36	1,8	0,37	1,66	0,0	2,06	0,56	0,31	0,75
	10 - 42	7,7	0,195	1,0	0,10	1,66	0,0	2,08	0,20	0,07	0,39
	42 - 60	7,94	0,135	0,6	0,0	1,6	0,0	1,81	0,13	0,04	0,13
	60 - 75	7,87	0,115	0,4	0,0	0,8	0,0	0,91	0,16	0,04	0,10
	75 - 130	7,41	0,255	1,8	0,10	0,40	0,0	0,63	0,44	0,06	1,18
SLT. P7	0 - 10	7,51	0,32	1,0	0,45	2,0	0,0	2,10	0,20	0,25	0,75
	10 - 57	7,47	0,41	-							
	57 - 80	8,05	0,145	0,30	0,10	1,76	0,0	1,45	0,20	0,07	0,39
	80 - 90	8,25	0,176	0,8	0,0	1,64	0,0	1,14	0,34	0,11	0,65
	10 - 130	8,14	0,35	2,38	0,10	1,22	0,0	0,98	0,46	0,20	1,88
SLT. P9	0 - 10	7,48	0,38	-							
	10 - 50	7,97	0,23	0,8	0,17	2,20	0,0	2,13	0,59	0,16	0,28
	50 - 100	7,37	0,255	1,15	0,10	0,94	0,0	1,21	0,43	0,21	0,39
	100 - 115	7,46	0,34	1,10	0,30	1,72	0,0	1,04	0,65	0,22	1,23
	115 - 126	7,48	0,40	-							
	126 - 140	7,73	0,53	2,80	1,34	0,68	0,0	1,44	0,65	0,33	2,38
SLT. P17	0 - 13	7,33	0,245	0,8	0,6	1,04	0,0	1,37	0,28	0,28	0,49
	13 - 40	7,64	0,26	0,65	1,15	1,08	0,0	1,54	0,21	0,13	1,06
	40 - 77	7,88	0,38	0,20	2,10	0,94	0,0	1,13	0,34	0,18	1,63
	77 - 100	7,33	1,05	2,20	8,33	0,25	0,0	6,69	1,02	0,33	2,94
	100 - 142	7,25	1,65	3,15	13,90	0,05	0,0	10,63	1,44	0,38	4,75

REBOISEMENT DE NGAN

Profil n° SNG. p3 - Sol peu évolué d'apport colluvio-alluvial:
sous-groupe modal, famille sur glacis de raccordement, sur mate-
riaux sablo-argileux à argileux.

DESCRIPTION

- 0- 17 cm : Horizon sec, brun-grisâtre (10 YR 5/2), sablo-limo-neux, structure en agrégats, très bonne porosité, avec une microporosité importante. Présence de racines de graminées sur la partie supérieure de l'horizon et de racines (ϕ : 2 à 3 cm) d'Eucalyptus camaldulensis, traçantes et obliques. Transition graduelle. pH = 6,0 - CE = 0,02 mmhos/cm.
- 17 - 45 cm : Horizon sec à frais, brun-jaunâtre (10 YR 5/6) foncé, taches ocre, sablo-argileux, structure massive à éclats fragiles, très bonne porosité (surtout microporosité). Présence de racines vivantes de graminées et d'Eucalyptus traçantes et verticales. Transition graduelle. pH = 5,7 - CE = 0,04 mmhos/cm
- 45 - 70 cm : Horizon frais, gris-jaunâtre (10 YR 6/4), nombreuses taches ocre-rouilles, sablo-argileux, plus riche en argile que l'horizon précédent, structure polyédrique fine à tendance légèrement compacte et une faible cimentation due au fer lié aux argiles. Très poreux avec une importante macroporosité due à l'organisation du fer et de l'argile. Présence de quelques racines d'Eucalyptus. Transition graduelle. pH = 5,4 - CE = 0,04 mmhs/cm.
- 70 - 110 cm : Horizon frais, gris-brun pâle (10 YR 7/4), nombreuses taches ocre-rouille, sablo-argileux à argilo-sableux à la partie inférieure, structure polyédrique fine, fragile à tendance compacte due à la cimentation de fer lié aux argiles. Bonne porosité avec une macroporosité importante. Présence de quelques fentes verticales de retrait sur tout l'horizon. pH = 5,6 - CE = 0,02 mmhos/cm.

Profil n° SNG.P10 : Sol peu évolué d'apport colluvio-alluvial
sous-groupe modal, famille sur terrasse sableuse.

DESCRIPTION

- 0 - 20 cm : Horizon sec, brun jaunâtre clair avec quelques taches ocres diffuses, texture limono-sableuse, structure en agrégats à tendance faiblement grumeleuse à la partie supérieure. Porosité très bonne. Transition progressive. Racines de graminées. pH = 4,9 - CE = 0,04 mmhs/cm.
- 20 - 50 cm : Horizon sec, jaune-brunâtre foncé, avec des taches ocres et gris-clair, texture limoneuse, structure massive à éclats fragiles. Porosité très bonne. Transition progressive. pH = 4,9 - CE = 0,03 mmhos/cm.
- 50 - 110 cm : Horizon frais, grisâtre très taché rouge-ocre, (dépôts d'oxydes de fer formant un horizon rouge intermédiaire entre 60 - 80 cm), texture sableuse grossière, structure élémentaire, porosité très bonne. Transition progressive, pas de racines. pH = 4,2 - CE = 0,06 mmhos/cm.
- 110 - 130 cm : Horizon frais, jaunâtre avec des taches (étalées) gris-ocre, texture sableuse grossière, structure élémentaire, porosité, porosité très bonne. Transition peu nette, pH = 3,9 - CE = 0,22 mmhos/cm.
- 130 - 140 cm : Horizon humide, gris-beige, taché noir, ocre-rouille et jaune-ocre. Texture sablo-argileuse, porosité très bonne. pH = 3,9 - CE = 0,34 mmhos/cm.

Profil n° SNG. P8 - Sol peu évolué d'apport colluvio-alluvial,
sous-groupe hydromorphe à pseudogley, famille sur terrasse sableuse

DESCRIPTION

- 0 - 20 cm : Horizon sec, gris-brun légèrement foncé (10 YR 6/2), T.S.L., structure massive à éclats fragile, s porosité très bonne. Présence de racines et de graminées. Transition graduelle. pH = 5,6 - CE = 0,03 mmhos/cm.
- 20 - 45 cm : Horizon sec, gris-brun (10 YR 5/3) taches ocres assez nombreuses. Texture sablo-argileuse, structure massive, porosité très bonne. Transition graduelle. pH = 4,8 - CE = 0,07 mmhos/cm.
- 45 - 63 cm : Horizon frais, gris-beige (10 YR 7/2) clair, quelques taches ocres, texture sablo-argileuse, Structure massive. Porosité très bonne. Transition graduelle. pH = 4,7 - CE = 0,09 mmhos/cm.
- 63 - 95 cm : Horizon très frais, brun-jaunâtre (10 YR 5/6) avec des taches grises et ocres. Transition graduelle. pH = 4,7 - CE = 0,36 mmhos/cm.
- 95 - 140 cm : Horizon humide à mouillé à la partie inférieure, gris-beige (2,5 Y 7/2) avec quelques taches ocres texture sablo-argileuse, structure massive, porosité moyenne. pH = 4,0 - CE = 1,30 mmhos/cm.

Profil n° SNG.P4 - Sol halomorphe, à taches, groupe
sur tanne herbacé, sur matériaux sablo-argileux

DESCRIPTION

- 0 - 7 cm : Horizon sec, brun-grisâtre (10 YR 5/2) avec des taches ocres, texture sablo-limoneuse, structure à tendance lamellaire, se débitant en agrégats fragiles. très bonne porosité avec une macroporosité importante due aux phénomènes d'évaporation. Présence de racines de phyloxerus spp. et de E. camaldulensis. Limite légèrement ondulée et transition nette. pH = 6,4 - CE = 0,1 mmhos/cm.
- 7 - 50 cm : Horizon sec à frais, gris-jaunâtre (10 YR 6/4) légèrement foncé, très bariolé de nombreuses taches jaune-ocre (10 YR 6/8) surtout à la partie supérieure de l'horizon et des taches ocres et rouges (2,5 YR 4/6). Les taches diminuent progressivement de la partie supérieure à la partie inférieure où on observe une petite couche d'environ 5 cm d'épaisseur (45 - 50 cm) très ondulée de couleur rouge (2,5 YR 4/8) humide, constituée de dépôts d'oxydes de fer. L'horizon est plus clair vers la partie inférieure où la couleur devient plus gris-clair (10 YR 7/3). Texture sablo-argileuse. Porosité bonne. Transition progressive. pH = 5,4 - CE = 1 mmhos/cm.
- 50 - 80 cm : Horizon humide, grisâtre (10 YR 7/4) avec de nombreuses taches jaune-paille de jarosite qui donnent un aspect marbré à l'horizon. (2,5 Y 8/4). Texture argilo-sableuse. Structure polyédrique moyenne à la partie supérieure et polyédrique grossière à la partie inférieure à angle émoussé. Porosité moyenne à faible. Transition nette. pH = 5,6 - CE = 1,5 mmhos/cm.
- 80 - 126 cm : Horizon humide, grisâtre (2,5 Y 6/2) légèrement foncé, très bariolé de taches ocre-rouille (10 YR 5/6) surtout l'horizon et violettes (5 R 5/2). Texture argilo-sableuse structure prismatique et sous-structure polyédrique grossière à faces légèrement luisantes. Porosité faible à nulle. Présence de fentes horizontales, et verticales. pH = 5,6 - CE 1,6 mmhos/cm.

Profil n° SNG.P5 - Sol halomorphe sursalé à efflorescences salines parasulfaté acide, à taches, groupe sur tanne vif, sur matériaux argileux

DESCRIPTION

- 0 - 5 cm : Horizon sec frais, gris-beige (10 YR 6/4) légèrement foncé, sable d'apport alluvial, surmonté d'une petite croûte de sels précipités en surface, structure masssive. Très bonne porosité avec une macroporosité due à des remontées capillaires. Limite et transition nettes. pH = 6,0 - CE = 11,0 mmhos/cm.
- 5 - 40 cm : Horizon frais, grisâtre foncé (10 YR 6/2), marbré de taches jaune-paille (2,5 Y 7/4) sur tout l'horizon, et quelques taches jaune-ocre, texture sablo-argileuse, structure massive. Porosité très faible. Transition graduelle. pH = 4,9 - CE = 7,8 mmhos/cm.
- 40 - 65 cm : Horizon humide, brun-grisâtre (10 YR 6/2) plus foncé que le précédent, texture argileuse structure à consistance de beurre (purée de marron). Porosité nulle. Limite et transition nettes. pH = 4,1 - CE = 13,0 mmhos/cm.
- 65 - 120 cm : Horizon très humide à mouille à la partie inférieure, gris bleuté (5 Y 5/1), texture argileuse, structure massive, et plastique. Nombreuses racines pourries de palétuviers (ancienne zone de mangroves). Racines à orientation verticale.
pH = 4,1 - CE = 7,3 mmhos/cm.

Profil n° SNG.P7 - Sol halomorphe très salé, sulfaté acide, groupe sur tanne vif, sur matériaux argilo-sableux.

DESCRIPTION

- 0 - 10 cm : Horizon sec, gris brun noir (10 YR 5/2) quelques taches ocres diffuses, texture sablo-limoneuse, structure massive, porosité très bonne avec une macroporosité importante. Présence de racines de graminées et de *Phyloxerus* spp. Limite légèrement ondulée, transition nette. pH = 4,1 - CE = 3,8 mmhos/cm.
- 10 - 45 cm : Horizon frais, gris-beige (10 YR 7/2) quelques taches ocres, texture sableuse, structure massive. Porosité très bonne. Quelques racines de *Phyloxerus* sp. Limite très ondulée (5/10 cm). Transition nette. pH = 4,4 - CE = 1,5 mmhos/cm.
- 45 - 70 cm : Horizon très frais, gris-noir (10 YR 3/1), texture argileuse, structure polyédrique moyenne à angle émoussé, compacte. Porosité bonne à moyenne. Limite ondulée, transition nette. pH = 3,9 - CE = 2,2 mmhos/cm.
- 70 - 110 cm : Horizon humide à mouillé à la partie inférieure, grisâtre (7,5 YR 3/2), nombreuses taches rouges (2,5 YR 4/8) et taches jaune-ocre (10 YR 6/6). Texture argileuse, consistance de beurre. pH = 3,8 - CE = 2,0 mmhos/cm.

Profil n° SNG.P6 - Sol halomorphe sur sulfate acide
à jarosite, groupe sur tanne vif, sur matériaux argileux

DESCRIPTION

- 0 - 30 cm : Horizon sec à frais, croûte de sels en surface, rouge foncé (2,5 YR 4/4) avec des taches grises, texture argilo-sableuse, structure massive à tendance polyédrique fine, porosité moyenne. Transition graduelle. pH = 3,9 - CE = 12,0 mmhos/cm.
- 30 - 75 cm : Horizon frais à humide, grisâtre foncé (10 YR 6/2), très taché jaune-paille, marbré. Texture argileuse, structure à consistance de beurre (purée de marron). Porosité nulle, transition graduelle. pH = 4,2 - CE = 8,30 mmhos/cm.
- 75 - 110 cm : Horizon humide à moillé à la partie inférieure, gris bleuté clair (5 Y 6/1) avec de nombreuses taches jaune-ocre (10 YR 6/6) et des taches jaune-paille. Texture argileuse, structure massive, et plastique. Traces d'anciennes racines de palétuviers complètement décomposées. pH = 3,7 - CE 8,5 mmhos/cm.

Profil n° SNG.P11 - Sol halomorphe, sursalé à structure
poudreuse en surface, sulfaté acide, - groupe sur taupe
Vif, sur matériaux argilo-sableux

DESCRIPTION

- 0 - 30 cm : Horizon sec, gris-brun foncé avec des taches ocre-rouge et gris-clair très étalées vers la partie inférieure, texture limoneuse, structure compacte et poudreuse en surface, porosité bonne à moyenne. Transition progressive, racines d'Eucalyptus.
pH = 4,2 - CE = 17,3 mmhos/cm.
- 30 - 70 cm : Horizon très frais, grisâtre foncé, avec des taches gris-clair étalées et taches jaune-ocre sous forme de veines verticales, texture argilo-sableuse, structure massive à débit polyédrique fin, porosité moyenne à faible. Racines à la partie supérieure.
pH = 4,0 - CE 16,3 mmhos/cm.
- 70 - 140 cm : Humide, couleur "purée de marron" avec des taches jaune-pâle et ocres, texture argilo-sableuse; structure à consistance de beurre vers la partie inférieure. Porosité faible à nulle. Pas de racines. pH = 3,6 - CE = 16,3 mmhos/cm.

ESSAIS DE KEUR-MACTAH

Profil n° SKM. P7 - Sol hydromorphe à taches de pseudogley, acide, sur matériaux limono-sableux à argileux.

DESCRIPTION

- 0 - 5 cm : Horizon sec à frais, présence d'une couche de matière organique bien humifiée, brun très foncé. Texture limono-argileuse, structure feuilletée à tendance lamellaire, fragile. Porosité bonne, présence de nombreuses petites racines mortes et vivantes de *Melaleuca leucadendron* et de graminées. Transition nette. pH = 4,8 - CE = 0,3 mmhos/cm.
- 5 - 22 cm : Horizon humide, jaune-rougeâtre avec de nombreuses taches de couleur rouge-violacée et jaune-ocre. Texture sablo-limoneuse, structure massive à éclats polyédriques fragiles. Porosité bonne, présence de racines mortes. Transition nette. pH = 3,9 - CE = 0,1 mmhos/cm.
- 16 - 22 cm : Horizon humide, gris-verdâtre avec des taches jaune-ocre, gris-clair, violacées et des concrétions ferriques rouilles. Texture limono-argileuse, structure polyédrique fine. Porosité moyenne, présence de racines mortes et vivantes de *Melaleuca*. Transition progressive. pH = 3,9 - CE = 0,2 mmhos/cm.
- 44 - 77 cm : Horizon très humide, gris verdâtre, diffère du précédent par des concrétions ferriques, des taches violacées, et par l'apparition de taches rouilles. pH = 4,0 - CE = 0,2 mmhos/cm.

Profil n° SKM Pl - Sol halomorphe sursalé à structure
poudreuse, en surface sulfaté acide, sur terrasses sableuses

DESCRIPTION

- 0 - 5 cm : Horizon sec, gris-beige constitué de sables d'apport éolien. La structure devient poudreuse pendant la saison sèche à cause des remontées de sels. pH = 5,5 - CE 2,3 mmhos/cm.
- 5 - 8 cm : Horizon sec à frais, noirâtre, texture sablo-limoneuse, structure en petits agrégats fragiles. Porosité bonne, présence de racines mortes. Transition progressive. pH = 4,5 - CE = 7,9 mmhos/cm.
- 8 - 16 cm : Horizon frais, brun-noirâtre avec des taches diffuses ocres et gris-clair. Texture limono-sableuse, structure massive à éclats faiblement polyédriques. Porosité bonne, présence de racines mortes décomposées. Transition progressive. pH = 4,5 - CE = 2,6 mmhos/cm.
- 16 - 22 cm : Horizon frais très frais, brun foncé avec des taches diffuses ocres et gris-clair. Texture sablo-limoneuse, structure massive. Porosité bonne à très bonne. Transition nette. pH = 4,6 - CE = 1,7 mmhos/cm.
- 22 - 33 cm : Horizon très frais à humide, brun-beige. Texture sableuse, structure particulairr. Porosité bonne, transition nette. pH = 4,6 - CE = 2,4 mmhos/cm.
- 33 - 53 cm : Horizon humide, beige avec des taches jaune-ocre et: rouilles. Texture sablo-limoneuse, structure massive. Porosité bonne. Transition progressive. pH = 4,6 - CE = 3,9 mmhos/cm.
- 53 - 62 cm : Horizon humide, beige-jaunâtre avec de nombreuses taches ocres-rougeâtre et rouilles. Texture sablo-argileuse, structure faiblement polyédrique. Porosité bonne. Transition nette. pH = 4,0 - CE = 3,1 mmhos/cm.
- 62 - 72 cm : Horizon très humide, gris-noir, vase argileuse à consistance fluide et collante. Transition peu nette. pH = 3,8 - CE = 8,8 mmhos/cm.
- 72 - 93 cm : Horizon hydromorphe, gris-noir avec des taches jaunâtres et ocres, et des concrétions ferriques. Texture argileuse, structure à consistance de beurre. Porosité très faible. Transition progressive. pH = 3,8 - CE = 14,0 mmhos/cm.
- 93 - 109 cm : Horizon très hydromorphe, gris-noir, diffère du précédent par la présence de vésicules constituées d'accumulation de sables liés aux argiles. Transition nette. pH = 3,7 - CE = 23,5 mmhos/cm.

- 109 - 112 cm : Horizon mouillé, jaunâtre avec de nombreuses petites concrétions ferrugineuses rouilles et friables. Texture sablo-argileuse, structure massive. Transition nette. pH = 4,1 - CE = 5,8 mmhos/cm.
- 112 - 126 cm : Horizon mouillé dû à la présence de la nappe, beige-clair, texture sableuse avec présence de restes de coquilles d'animaux marins, structure particulière. Porosité bonne. pH = 6,0 - CE = 5,3 mmhos/cm.

Profil n° SKM p5 - Sol halomorphe sursallé, sulfaté très acide à-jarosite, sur matériaux argilo-sableux à limoneux.

DESCRIPTION

- 0 - 5 cm : Horizon sec, constitué de sables d'apport éolien. Il devient poudreux pendant la saison sèche, dû à des remontées de sels en surface. Transition nette. pH = 4,2 - CE = 10,0 mmhos/cm.
- 5 - 11 cm : Horizon sec à frais,, brun-noirâtre avec des taches ocre. Texture limono-sableuse, structure en agrégats fragiles. Porosité bonne, présence de racines mortes. Transition progressive. pH = 3,5 - CE = 11,5 mmhos/cm.
- 11 - 25 cm : Horizon frais, brun-noir avec des taches rouilles. Texture limono-sableuse, structure massive. Porosité bonne, présence de racines. Transition graduelle. pH = 3,7 - CE = 4,3 mmhos/cm
- 25 - 40 cm : Horizon très frais, se différencie du précédent par la couleur plus brun-clair. Transition nette. pH = 3,9 - CE = 1,7 mmhos/cm.
- 40 - 45 cm : Horizon très frais, gris-foncé avec des taches ocre et rouilles. Texture argilo-sableuse, structure massive à éclats polyédriques. Porosité bonne. Transition progressive. pH = 3,6 - CE = 3,0 mmhos/cm.
- 45 - 63 cm : Horizon très frais à humide, grisâtre avec de petites taches jaune-ocre. Texture argilo-sableuse, structure faiblement polyédrique. Porosité moyenne. Transition progressive. pH = 3,5 - CE = 2,4 mmhos/cm.
- 63 - 93 cm : Horizon humide, gris-jaunâtre avec des taches ocre, jaunes et rouilles. Texture argilo-limoneuse, structure polyédrique fine à tendance compacte. Porosité moyenne à faible, présence de petites racines de Melaleuca. Transition progressive. pH = 3,2 - CE = 3,2 mmhos/cm. ,
- 93 - 102 cm : Horizon humide, diffère du précédent par la couleur plus foncée à tendance brune et par la présence de concrétions ferriques. Transition nette. pH = 3,3 - CE 3,2 mmhos/cm.
- 102 - 117 cm : Horizon hydromorphe, gris-jaunâtre avec des taches jaune-paille (jarosite) assez nombreuses sur tout l'horizon. Texture sablo-limoneuse, structure massive à tendance particulaire. Porosité très bonne. Limite peu nette, transition progressive. pH = 3,6 - CE = 2,0 mmhos/cm.

117 - 165 cm : Horizon très hydromorphe, gris-verdâtre (gley) avec des taches jaune-ocre! et jaune paille (jarosite) sous forme de poches verticales, texture argilo-sableuse, structure faiblement polyédrique. pH = 3,5 - CE = 2,1 mmhos/cm.

Profil n° SKM P4 - Sol alcalin à complexe sodique (Solontchak)
salé en profondeur sur matériaux sablo-argileux.

DESCRIPTION

- 0 - 5 cm : Horizon sec, brun foncé avec des taches ocres et gris clair. Texture limono-sableuse à structure en petits agrégats fragiles. Porosité bonne, présence de racines mortes, de plantes herbacées. Transition graduelle. pH = 6,6 - CE = 0,6 mmhos/cm.
- 5 - 11 cm : Horizon sec à frais, brun-clair avec des taches ocres et rouilles. Texture sablo-limoneuse avec une structure massive. Porosité bonne, présence de nombreuses traces de racines mortes et décomposées. Limite faiblement ondulée, transition peu nette. pH = 7,7 - CE = 0,1 mmhos/cm.
- 11 - 22 cm : Horizon plus frais, diffère du précédent par sa couleur beige clair et la forme des taches qui sont plus vésiculaires. Transition graduelle. pH = 8,2 - CE : 0,1 mmhos/cm.
- 22 - 33 cm : Horizon très frais, gris-beige avec de nombreuses taches gris-clair et ocres, des poches de sables très tachés de couleur jaune-ocre. Texture sablo-limoneuse avec une structure massive. Porosité bonne à moyenne. Limite ondulée, transition nette. pH = 7,8 - CE = 0,1 mmhos/cm.
- 33 - 62 cm : Horizon humide, beige foncé avec des taches jaunâtres et rouilles. Texture sableuse, structure particulière. Porosité forte. Limite et transition nettes. pH = 7,9 - CE = 0,1 mmhos/cm.
- 62 - 97 cm : Horizon très humide, jaune-beige avec des taches jaunâtres et concrétions ferriques jaune-rouille. Texture sableuse grossière, structure élémentaire. Porosité forte. Transition nette. pH = 7,8 - CE = 0,8 mmhos/cm.
- 97 - 102 cm : Horizon hydromorphe, jaunâtre avec des taches jaune-ocre et grises, des concrétions ferriques de petite taille (diamètre = 5 mm). Texture argilo-sableuse, structure massive à tendance compacte. Porosité moyenne à faible. Transition nette. pH = 8,2 - CE = 5,9 mmhos/cm.
- 102 - 110 cm : Horizon mouillé (présence de nappe), gris-verdâtre avec des taches ocres et grises, des concrétions ferriques jaune-rouille. Texture argileuse, structure massive à consistance plastique et collante. Porosité très faible. pH = 8,1 - CE = 5,6 mmhos/cm.

ANNEXES II

, COMPOSITION GÉOCHIMIQUE DE L'EAU DE MER

, ANALYSE EN COMPOSANTES PRINCIPALES

. Composition géochimique de l'eau de mer : éléments majeurs

pH	CE mmhos/cm	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	i	A	C
7.9	46.0	550.0	50.6	2.3	0.0	13.5	90.0	12.4	490.0		602.9	605.9

. Rapports entre éléments

Cl/SO ₄ :	10,9
Ca/Mg :	0,2
Na/K :	39,5
$\frac{Na + K}{Ca + Mg}$:	4,9
SO ₄ /Cl :	0,09
Ca/Cl :	0,03
Mg/Cl :	0,16
Na/Cl :	0,89
K/Cl :	0,02

POINTS D'OBSERVATION REFERENCE		SOL (Extrait 1/5)			NAPPES			E. Camaldulensis		
		Humidité (cm)	PH	CE (20°C)	Profondeur (cm)	PH	CE (20°C)	Mort. (%)	H moy. (cm)	c. moy. (cm)
P1	T1 NGN.1	16,2	6,5	1,0	200,0	6,9	47,0	97,0	770,0	28,0
P2	T2 NGN.2	4,4	4,2	1,0	220,0	2,0	24,0	100,0		
P3	T3 NGN.3	10,6	5,2	0,9	270,0	7,1	35,0	14,0	730,0	26,0
P4	T4 NGN.4	15,0	5,5	0,9	330,0	870	22,0	25,0	920,0	30,0
P5	sNG.12 NGN.5	7,3	4,5	0,5	227,0	7,3	15,0	8,0	540,0	18,0
P6	SNG.9 Ncar.6	9,0	4,7	0,1	200,0	691	8,9	10,0	550,0	17,0
P7	SNG.4 NGN.7	8,2	4,4	0,9	273,0	6,9	51,0	40,0	430,0	14,0
P8	SNG.20 NGN.8	7,5	5,4	1,0	320,0	7,1	51,0	60,0	360,0	11,0
P9	sNG.16 NCIN.9	3,0	4,8	9,8	150,0	3,2	140,0	100,0	-	-
P10	SNG.17' NGN.10	5,0	3,9	9,6	150,0	2,6	92,0	100,0	-	-
P11	SNG.19 NGN.11	6,5	4,1	2,3	230,0	2,8	22,0	100,0	-	-
P12	NGN.12	4,5	4,8	0,4	200,0	2,2	19,5	100,0	-	-
P13	SNG.1 NGN.13	4,3	4,8	0,6	400,0	5,6	23,0	100,0		-
P14	SNG.3 NGN.14	6,2	4,3	0,8	380,0	6,8	34,0	30,0	490,0	16,0
P15	SNG.5 NGN.15	9,9	4,3	1,1	360,0	7,4	57,0	45,0	370,0	12,0
P16	sNG.6 Na.15	11,0	4,3	1,1	360,0	7,0	49,0	40,0	400,0	13,0
P17	SNG.7 NGX.17	4,8	4,5	0,7	360,0	7,7	28,0	15,0	470,0	16,0
P18	SNG.8 NGN.18	7,0	4,0	1,1	460,0	6,7	38,0	80,0	580,0	20,0
P19	SNG.10 NGN.19	16,6	4,3	1,4	430,0	6,0	27,5	43,0	430,0	14,0
P20	SNG.11 NGN.20	9,5	4,6	0,9	360,0	7,4	32,0	38,0	490,0	16,0

Points d'Observation	SOL (Extrait 1/5)			Nappes superficielles			M. viridiflora		
	Humidité (%)	pH	CE (20°C) (mmhos/cm)	Profondeur (cm)	pH	CE (20°C) (mmhos/cm)	Mort. (%)	H. moy. (cm)	C. moy. (cm)
P21 T1	16,5	6,3	0,7	540,0	6,8	33,0	69,0	830,0	32,8
P22 T2	20,3	5,7	1,2	550,0	7,4	18,0	69,0	540,0	26,8
P23 T4	9,8	6,0	2,1	200,0	3,9	22,5	94,0	760,0	37,0
P24 SKM 1	5,4	4,4	9,5	135,0	4,0	100,0	100,0	-	-
P25 PSKM 13	5,0	3,8	1,0	140,0	2,8	32,0	45,0	320,0	11,0
P26 PSKM 4	7,8	7,8	4,0	140,0	8,0	56,0	100,0	-	-
P27 PSKM 5	8,5	3,6	4,3	165,0	3,2	51,0	100,0	-	-

POINTS D'OBSERVATION	SOL (Extrait 1/5)			NAPPES			ESSENCES FORESTIERES		
	pH	CE (20°C) (mmhos/cm)	Profondeur (cm)	pH	CE (20°C) (mmhos/cm)	T Y P E	Mort. (%)	H. moy. (cm)	C. moy. (cm)
P28	8,0	0,4	330,0	7,0	37,0	M. leucodendron	0,0	120,0	34,2
P29	8,1	0,3	260,0	7,2	50,0	"	100,0		
P30	8,6	0,1	260,0	6,9	44,0	"	100,0		
P31	8,3	0,5	250,0	7,3	35,0	"	100,0		
P32	7,6	0,2	200,0	7,1	27,9	"	48,5	120,0	34,2
P33	7,6	0,4	310,0	6,8	43,0	"	100,0		
P34	7,6	0,4	260,0	7,3	35,0	"	100,0		
P35	7,3	0,3	280,0	6,6	15,5	"	0,0	630,0	34,5
P36	7,8	0,3	250,0	7,8	3,3	"	0,0	900,0	52,0
P37	8,1	0,6	200,0	7,4	15,6	"	0,0	510,0	51,2
P38	7,9	0,6	230,0	6,9	40,0	"	100,0		
P39	7,5	0,8	200,0	7,1	21,0	"	0,0	370,0	39,8
P40	8,1	0,3	340,0	7,0	32,0	E. camaldulensis	40,6	12-14 m	40,2
P41	8,1	0,3	310,0	6,8	33,0	"	47,6	14-17 m	48,9
P42	7,6	0,3	260,0	7,3	31,1	"	100,0		
P43	7,6	0,3	260,0	7,8	34,0	"	100,0		

Points d'Observation	SOL (Extrait 1/5)			N A P P E S			M. leucadendron		
	Humidité (%)	pH	CE (20°C) (mmhos/cm)	Profondeur (cm)	pH	CE (20°C) (mmhos/cm)	Mort. (%)	H. moy. (cm)	C.moy. (cm)
P44 SMB.1 MBN.1	8,0	6,3	2,5	380,0	6,5	35,0	75,6	650,0	36,5
P45 SMB.2 MBN.2	15,0	5,2	0,4	200,0	6,8	1,9	0,0	12	67,1
P46 SMB.3 MBN.3	10,0	7,7	3,3	273,0	6,8	23,5	61,0	450,0	29,7
P47 SMB.4 RBN.4	6,0	6,0	7,6	300,0	7,4	38,0	100,0	-	-

Humidité PH et CE (20° c) des différents horizons du sol
(NGAN)

chantillons	Profondeur (cm)	Humidité	PH - Sol	CE (20° c) (mmhos/cm) (Ext. 1/5)
1	0 - 30	11,0	5,3	0,4
2	30 - 60	15,0	5,3	0,4
3	60 - 90	17,3	5,5	0,8
4	90 - 120	18,4	5,7	1,1
5	120 - 150	19,3	6,2	1,1
6	0 - 30	2,4	5,6	0,2
7	30 - 60	2,5	5,5	0,2
8	60 - 90	2,5	4,9	0,2
9	90 - 120	5,3	4,4	0,2
10	120 - 150	8,3	3,1	0,7
11	0 - 30	2,3	5,1	0,3
12	30 - 60	5,0	4,9	0,6
13	60 - 90	15,3	4,6	0,8
14	90 - 120	14,2	4,9	1,2
15	120 - 150	16,2	5,3	1,1
16	0 - 30	6,8	4,3	0,6
17	30 - 60	11,2	4,5	0,7
18	60 - 90	16,5	4,5	1,0
19	90 - 120	19,1	4,5	1,0
20	120 - 150	21,4	4,8	1,1
21	0 - 30	3,7	4,9	0,1
22	30 - 60	3,2	4,9	0,2
23	60 - 90	6,4	4,6	0,3
24	90 - 120	8,4	4,0	0,7
25	120 - 150	14,8	3,9	1,0
26	0 - 30	2,7	5,0	0,04
27	30 - 60	5,2	5,1	0,03
28	60 - 90	8,6	4,7	0,03
29	90 - 120	11,2	4,1	0,10
30	120 - 150	17,3	4,6	0,20
31	0 - 30	0,8	4,5	0,7
32	30 - 60	3,2	4,7	0,4
33	60 - 90	6,2	4,7	0,4
34	90 - 120	13,3	4,0	1,4
35	120 - 150	17,5	4,0	1,3

ECHANTILLONS	Profondeur	Humidité	PH du Sol	(mmhos/cm)
36	0 - 30	1,6	6,4	0,1
37	30 - 60	2,9	5,4	0,6
38	60 - 90	10,4	5,0	1,5
39	90 - 120	10,6	5,6	1,6
40	120 - 150	12,0	5,6	1,6
41	0 - 30	2,3	6,0	11,0
42	30 - 60	2,2	4,9	7,2
43	60 - 90	3,0	4,1	13,0
44	90 - 120	4,5	4,1	7,3
45	0 - 30	2,4	3,9	12,0
46	30 - 60	2,5	4,2	8,3
47	60 - 90	6,8	4,0	8,4
48	90 - 120	2,3	3,7	8,5
49	0 - 30	1,5	4,1	3,8
50	30 - 60	3,0	4,4	1,5
51	60 - 90	7,9	3,9	2,2
52	90 - 120	9,1	3,8	1,9
53	120 - 150	11,0	3,8	2,0
54	0 - 30	2,4	5,6	0,03
55	30 - 60	2,5	4,2	0,1
56	60 - 90	3,3	4,6	0,1
57	90 - 120	4,5	4,7	0,4
58	120 - 150	6,3	4,0	0,3
59	0 - 30	7,2	4,7	1,5
60	30 - 60	5,8	4,2	0,4
61	60 - 90	5,7	4,8	0,1
62	90 - 120	4,5	4,7	0,3
63	0 - 30	1,5	5,2	0,04
64	30 - 60	3,5	4,3	0,3
65	60 - 90	9,1	4,6	0,4
66	90 - 120	7,9	4,0	0,7
67	120 - 150	9,0	2,7	2,6

ECHANTILLONS :	PROFONDEUR :	HUMIDITE :	PH :	Sol (mmHg)	cm)
68	O - 30	2,8	4	,2	1,9
69	30 - 60	9,8	4,8	0	5
70	60 - 90	11,0	4,2		1,3
71	90 - 120	16,0	4,1		1,6
72	O - 30	2,3	4,9		0,3
73	30 - 60	12,2	4,3		0,6
74	60 - 90	15,3	4,1		1,6
75	90 - 120	14,2	3,9		1,8
76	O - 30	1,8	4	,6 0	4
77	30 - 60	4,7	4	,a	0,3
78	60 - 90	3,6	4	, 4	0,8
79	90 - 120	9,1	4	, 1 1	,4
80	O - 30	2,3	4	,1	1,1
a1	30 - 60	3,4	4	, 4	0,7
a2	60 - 90	4,7	4,2		0,4
a3	90 - 120	10,5	3,6	1	,7
64	120 - 150	14,1	3,4		1,8
85	O - 30	6,2	4,4		1,9
a6	30 - 60	10,3	4,3		0,9
a7	60 - 90	21,a	4	, 3	1,3
88	g o - 120	21,7	4		,4
89	120 - 150	23,0	4,0		1,6
90	O - 30	2,7	4,6		1,4
91	30 - 60	5,9	5,1		0,3
92	60 - 90		4		0
93	90 - 120	13,6	4,5		0,9
94	120 - 150	17,9	4,1		1,3