

Institut Sénégalais
de Recherches
Agricoles

C.N.R.F.

15
F00000.94

Institut Français
de Recherche Scientifique
pour le Développement
en Coopération

O.R.S.T.O.M.

F00000.94
1984
CALCONE

RAPPORT D'ACTIVITE

"RECHERCHES SUR LA TOLÉRANCE AUX SELS

DES ESSENCES FORESTIÈRES"

("in situ" et au, laboratoire)

MAI 1984 - MAI 1985

SYAKA SADIO

MAI 1985.

1 INTRODUCTION

Ce présent rapport fait le point des principales activités de recherches et professionnelles **entreprises** durant la période de mai 1984 **à mai 1985. Ces activités entrent** dans le cadre du programme qui a été défini par le Comité ad hoc ISRA-ORSTOM qui s' était réuni à l' ORSTOM Hann le 12 mai 1984 et avait décidé de mon accueil dans la section de Pédologie de l'ORSTOM, conformément à la nouvelle orientation de l'Organisme de pouvoir **intégrer** en son sein des chercheurs sénégalais pour une durée variable. Au cours de **cette réunion**, il a été indiqué de mener des recherches sur les **possibilités de reboisement des sols salés**. Cela a conduit donc **à des recherches** sur les reboisements existant en milieu salé et à des études expérimentales de tolérance aux sels **des essences forestières**.

Le rapport comprend trois parties **essentielles** :

1. Activités de recherches
2. Activités de formation
3. Activités de service.

1. ACTIVITÉS DE RECHERCHES

Ces activités sont de deux ordres :

- Recherches sur les plantations forestières réalisées sur sol;; salés pour expliquer les causes de mortalité des arbres ;
- Recherches au laboratoire sur les "seuils de tolérance aux sels de diverses essences forestières utilisées, dans le reboisement".

Elles couvrent la période de **mai 1984 à mai 1985**.

1.1 PEDO-DIAGNOSTIC DES CAUSES DE MORTALITE DES ESSENCES FORESTIERES INTRODUITES SUR SOLS SALES

Depuis **mai 1984**, nous avons entrepris des recherches dan;; diverses plantations forestières effectuées sur sols salés afin de déterminer la nature des facteurs qui sont à l'origine de la mortalité constatée. C'est ainsi que nous avons cherché à caractériser les différents paramètres physico-chimiques des sols sur lesquels reposent les **plantations en mettant l'accent** sur la salinité, le pH et la nature du sol dans un premier **temps, et** dans un second **temps**, nous avons effectué des sondages de nappes phréatiques afin de déterminer leur profondeur et leur qualité (pH, salinité et composition).

1.1.1 Caractérisation des sites

a) Présentation

Après inventaire des reboisements effectués en milieu salé à travers le pays, nous avons retenu 5 sites :

1°/ Plantation irriguée de Nianqa/Podor (CNRF-ISRA). Il s'agit d'une plantation de recherche sur les **techniques** d'irrigation des essences forestières. Les essais ont démarré en 1980. Les résultats **ne sont pas** présentés dans ce rapport.

2°/ Plantation des Niayes de Mboro (Thiès) ; Il s'agit d'une parcelle de 45 ha reboisée en Melaleuca leucadendron (Niaouli) et Casuarina equisetifolia (Filao) entre 1965 et 1966 par le secteur des-Eaux et Forêts de Tivaouane. La plantation se situe à 2 km de la mer, de part et d'autre de la route en allant vers la plage de Mboro.

3°/ Plantation du Lac Tanma (Thiès) ; Il s'agit d'une plantation située sur la bordure nord du Lac Tanma et effectuée avec du Melaleuca leucadendron, Casuarina equisetifolia et Eucalyptus camaldulensis. Le Niaouli est l'essence principale utilisée. Le périmètre reboisé couvre une superficie totale de **264** ha et a été réalisé entre 1965-1967 par le secteur des Eaux et Forêts de Tivaouane. Il est situé à environ 3 km de la mer.

4°/ Bois villageois de Ngan (Gandiaye - Sine-Saloum) : C'est une parcelle d'*Eucalyptus camaldulensis* d'une superficie de 20 ha, effectuée en 1980 sur les tannes. Elle se trouve à environ 20 km de Kaolack et a été réalisée par le secteur des Eaux et Forêts de Kaolack.

5°/ Station du Centre National des Recherches Forestières (CNRFF-ISRA) de Keur-Mactar (Sine-Saloum) : Il s'agit d'une station de recherches sur le reboisement des Tannes du Sine-Saloum. Nous ne nous sommes intéressés qu'à la partie occupée par les sols salés et plantée en Niaouli avec les trois espèces (*M. Zeucadendron*, *M. quinquinerva*, *M. viridiflora*) en 1973. La station est située à 24 Km de Kaolack, sur la route de Sokone.

b) Le Climat

1°/ Mboro et Lac Tanna : font partie du climat sahélio-côte sénégalaise ou climat de la grande côte sénégalaise (A. AUBREVILLE, 1950 ; M. LEROUX, 1980). C'est un climat azonal soumis à l'influence de l'Atlantique nord durant la majeure partie de l'année et pendant une courte saison des pluies sous l'influence de la mousson. Le tableau n° 1 montre la répartition mensuelle des précipitations, températures moyennes et des valeurs de l'évaporation Piche. Ces données sont du Service Régional de la Météorologie de Thiès.

Tableau 1 : Précipitations, Températures et Evaporation Piche
(moyennes mensuelles)

	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy. an
Pluviométrie (mm) (1975-1982)	3,1	0,4	-	0,2	0,1	29,9	81,8	188,3	138,2	27,6	10,0	2,6	482,2
Températures moyennes (°C) (1977-1982)	24,1	24,3	26,3	26,2	26,5	27,9	28,1	27,8	27,9	28,7	27,3	25,9	26,8
Evaporation Piche (mm) (1977-1982)	195,3	198,8	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 précipitations annuelles varient entre 280 mm et 630 mm, avec la plus faible valeur en 1977 (288,1 mm/29 jours) et la plus élevée en 1979 (626,5 mm/51 jours).

Les températures moyennes mensuelles varient entre 23° 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.

1 °/ *Naan et Keur-Mactar* : Le climat général est de type sahélo-soudanais ou sahélo-sénégalais dominé par l'influence de l'harmattan et soumis à une faible influence de l'alizé maritime.

Le tableau n° 2 montre les valeurs moyennes mensuelles de la 1975 à 1983 des précipitations, des températures moyennes et de l'évaporation Piche.

Tableau 2 : Précipitations, Températures et Evaporation Piche (moyennes mensuelles)

	Janv	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Dec	Moy. an
Pluviométrie (mm) (1975-1983)	0,1	0,3	0,3	-	5,7	23,7	138,2	177,2	126,3	33,0	4,5	1,5	510,4
Température moyenne (°C) (1977-1982)	25,8	27,4	29,5	30,7	30,9	30,5	29,6	28,4	28,8	29,8	28,3	25,8	28,8
*Evaporation Piche (mm) (1977-1982)	246,4	266,7	292,6	235,5	218,0	136,9	102,9	74,3	70,7	121,5	194,9	231,7	182,7

La saison des pluies débute en juin et se termine en octobre, avec le maximum des précipitations en juillet (27 %), août (35 %) et septembre (25 %). Les mois les plus chauds sont avril, mai et juin avec des températures de l'ordre de 31°C. Les mois de décembre et janvier sont les plus "froids". Quant à l'évaporation Piche, elle est plus élevée entre décembre et mai.

c) Géologie et sols

1 °/ *Mboro* :

Les sols sont hérités des grandes phases géologiques qui ont fortement marqué les différentes formations. C'est ainsi que :

- la *Transgression inehiricenne* a abouti à la formation des ergs constitués de dunes, vers 18 000 BP et qui ont subi une rubéfaction pendant le post-Nouakchottien ;
- la *Transgression nouakchottienne*, qui a entraîné la formation de petits golfes avec envahissement des terres par l'eau salée de mer et qui se sont ensuite transformés en petites lagunes dans les entailles des dunes ogoliennes le long du littoral ;
- et la *grande dérive littorale* engendrée par la houle venant du NNW et qui a provoqué la fermeture des anciens golfes (P. MICHEL, 1973).

Les sols sont en majorité d'apport, d'origine maritime et éolienne. Par endroits, on trouve des alluvions déposées au niveau des anciennes vallées ou dépressions.

Les sondages effectués au niveau de la plantation ont permis de différencier les sols suivants :

- ☒ Les sols halomorphes : Ils sont peu représentés dans la zone et se trouvent localisés dans certains bas-fonds assez ouverts aux abords des grandes dunes ogoliennes. On distingue des sols salés avec une conductivité électrique comprise entre 1 et 2 mmhos/cm et des sols très salés, avec une CE* de l'ordre de 5 à 11 mmhos/cm et caractérisés par des efflorescences salines et une structure poudreuse en surface. Ces sols occupent une faible partie de la plantation.
- ☒ Les sols peu évolués d'apport : Humifères, non ou peu salés en profondeur (CE < 1 mmhos/cm). Ces sols sont caractérisés par une faible évolution et sont assez sableux. Les horizons se différencient par la couleur. Ils occupent la plus grande partie du reboisement.
- ☒ Les sols hydromorphes à pseudogley : Non salés et peu salés (CE < 1 mmhos/cm). Ils sont marqués par une hydromorphie temporaire de moyenne profondeur manifestée par la présence de taches gris clair, ocres à ocre rouille. Ils occupent une superficie assez importante de la plantation.

2°/ Lac Tanma :

L'histoire géologique est pratiquement identique à celle qui s'est déroulée dans la zone de Mboro. Pendant la Transgression nouakchottienne, un golfe plus vaste que celui de Mboro s'est établi dans la dépression du Lac Tanma. La mer arrivait alors presque au pied de la Cuesta de Thiès. Une terrasse sableuse fossilière borde par endroits le lac (P. MICHEL, 1973). La fermeture du lac semble ancienne, puisque les dunes littorales se sont étendues sur plusieurs km au niveau des anciens golfes.

Les sols sont formés sur des sédiments sableux contenant des amas artificiels de coquillages, composés surtout d'*Arcas senilis*, jalonnant les rivages des anciens golfes (P. MICHEL, 1973) et des alluvions sur le creusement du lac. Le reboisement se situe sur les sols sableux sédimentaires.

Les sols se répartissent dans les classes suivantes :

- ☒ Sols peu évolués d'apport éolien : Situés dans la partie haute du reboisement constituant le glacis de raccordement avec le plateau. Ils sont très sableux sur tout le profil avec une faible présence de coquillages.
- ☒ Sols peu évolués d'apport, sur terrasses sableuses : Très humifères. La présence d'une couche assez importante (5 à 10 cm) hologanique (Niaouli) leur confère un caractère calcimorphe. Ils sont sableux sur tout le profil ou en mélange avec des dépôts de coquillages. On distingue des sols à profil constitué d'amas de coquillages sur une épaisseur de 1 m et même plus, et des sols à profil caractérisé par un dépôt superficiel de coquillages sur une épaisseur de 30 à 40 cm ou de profondeur. Dans ce cas,

* : La conductivité électrique (CE) a été mesurée sur l'extrait 1/5.

les horizons sableux peuvent se situer au-dessus ou au-dessous de l'horizon coquiller. Ces sols occupent la plus grande partie du reboisement.

- Sols isohumiques : Situés aux abords du plateau sous forêt d'Acacia Spp et Ziziphus Spp et caractérisés par une bonne incorporation de matière organique dans le profil.

Les sols ne sont pas salés sur une épaisseur d'environ 2 m, au-delà de laquelle la salinité commence à se manifester.

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*.

- Les sols peu évolués :

t Sous-groupe modal, famille sur glacis de raccordement :

Le profil est de type AC présentant souvent une compacité à partir de 50 cm et qui augmente 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 ocres et ocre rouille. On remarque en profondeur une certaine cimentation due à l'organisation du fer et de l'argile.

+ 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 pâle (jarosite) et un type caractérisé par la présence d'un faible horizon à oxydes de fer de couleur rouge vif.

+ Sous-groupe hydromorphe sur terrasses sableuses :

Ils occupent les petites buttes qui leur confèrent une position relativement surélevée 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 pseudogley.

- Sols hydromorphes minéraux : Ces sols occupent souvent des positions **basses et sont fortement marqués** par une hydromorphie temporaire due à l'eau des pluies qui stagnent dans ces bas-fonds. Ils sont non ou très peu salés à cause de l'accumulation de l'eau des pluies. 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 micromhos/cm.

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

- des tannes herbacés,
- des tannes vifs.

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

Ces sols présentent comme **caractéristiques** morphologiques : une couleur grisâtre à jaunâtre, de nombreuses taches et un bariolage en profondeur avec parfois de la jarosite, une texture sablo-argileuse à argileuse en profondeur. Certains sont non ou peu salés dans la partie supérieure.

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

Les sols des tannes vifs sont des sols très salés provenant de l'évolution, avec le temps, des sols de mangroves (C. MARIUS, 1977) et dont on trouve dans certains profils d'anciennes racines ferrugineuses ou des fibres mal décomposées. On distingue deux types :

+ Les sols salés à efflorescences salines :

Sableux en surface et argileux en profondeur, de couleur souvent gris beige avec des taches de teintes vives ocre 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 dans la partie supérieure du profil, dus aux alluvionnements pendant les hautes marées du marigot.

+ Les sols 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, présentant 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) et des **sols sulfatés acides très salés** (CE : 8 - 12 mmhos/cm).

4°/ *Keur-Mactar* :

Les sols sont 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 dont le maximum s'est produit vers 5 500 BP. La légère régression marine survenue **après** a permis une émergence des **vasières** et la transformation des mangroves en tannes.

Les sols se répartissent dans les classes suivantes :

- Sols hydromorphes non ou peu salés : 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.
- Sols halomorphes : 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 et des CE variables entre 1 et 4 mmhos/cm, des *sols sulfatés acides* à pH compris entre 4,0 et 3,0, et parfois même moins se répartissant en sols sulfatés acides salés (CE: 1 et 5 mmhos/cm) 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).

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

- Sols 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.

d) Conclusion

La salinité constatée dans les différents sites prospectés est d'origine essentiellement marine et résulte de la grande Transgression nouakchottienne qui a provoqué l'invasion des terres par les eaux salées de la mer. Après la dernière régression, les sels et les nappes salées sont restés piégés dans le sol et subissent depuis lors une certaine évolution. La salinisation se fait par deux processus fondamentaux qui sont : *salinisation par remontée de la nappe salée* et *salinisation directe par les eaux salées des marigots* pendant la période des hautes-eaux.

Dans les sites de Kboro et du Lac Tanma, c'est le premier processus qui domine dans la mesure où ces deux vallées ne communiquent plus avec la mer. Par contre dans le Sine-Saloum, les deux processus sont très actifs ; le second est peut-être plus dominant dans la mesure où les nappes sont elles-mêmes alimentées par les marées hautes. La zone des tannes vifs et semi-herbacés est constamment envahie par les hautes-eaux salées. Ce qui semblerait expliquer le caractère plus salé de ces deux sites par rapport à ceux de la grande côte.

1.1.2 Etude et suivi des nappes phréatiques

a) Méthodes d'étude

A l'aide de la tarière pédologique, nous avons procédé à des sondages de nappes en prenant comme principal critère le comportement de la végétation (vivante et morte). La profondeur de la nappe est mesurée, et sur l'échantillon prélevé on mesure au laboratoire le pH et la conductivité électrique (CE). Ces sondages nous ont permis de déterminer la qualité des eaux et leur répartition spatiale dans les plantations.

Dans le but d'étudier les variations saisonnières de la profondeur, du pH et de la salinité de ces nappes, nous avons installé au niveau de chaque plantation des tubes piézomètres dont la longueur varie entre 4 et 6 m. Ils ont été installés à l'aide d'une tarière pédologique de 80 mm de diamètre, munie d'allonges démontables de 120 cm de long.

La pose de ces tubes s'est déroulée en deux périodes : les premiers ont été placés en juin 1984 dans les sites de Keur-Mactar et Ngan, à raison de 5 tubes dans le premier cas et de 3 tubes dans le second (tableau n° 3) ; la deuxième série a été placée au mois d'août 1984 à Mboro et au Lac Tanma, avec respectivement 3 tubes et 8 tubes.

Dans toutes les stations, ces tubes ont fait l'objet de suivi périodique à raison d'une mesure du niveau de la nappe tous les 15 jours et un prélèvement d'eau tous les mois pour mesurer le pH et la conductivité électrique.

La composition et la variation saisonnière des éléments majeur. ont été déterminées par les dosages des ions tels que Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , à raison de 2 à 3 analyses par nappe.

b) Profondeur des nappes

▣ Distribution spatiale des nappes : Les sondages effectués au niveau des sites ont montré qu'au niveau d'un même site, les nappes se situaient à des profondeurs assez variables. C'est ainsi qu'à Mboro et au Lac Tanma, les nappes se situent entre 2 et 4 m de profondeur ; à Ngan, elles se trouvent entre 110 cm et 330 cm, et enfin à Keur-Mactar, entre 200 et 540 cm.

▣ Variation saisonnière du niveau des nappes : Dans tous les sites, les études ont montré que les nappes étaient sujettes à une variation plus ou moins importante au cours de l'année. Les nappes ont généralement tendance à remonter près de la surface pendant l'hivernage. En comparant le niveau le plus profond et celui le plus proche de la surface du sol (tableau n° 3), on constate que :

+ A Mboro, c'est la nappe **SMBT2** qui présente la variation la plus sensible, Au moment de l'installation du tube, la nappe se trouvait à 380 cm de profondeur, puis elle remonte jusqu'à 220 cm de la surface à la fin octobre, pour ensuite commencer à descendre. Les autres nappes subissent de légères variations.

Tableau n° 3 : Profondeur, pH et CE (ms/cm) des nappes étudiées à partir des piézomètres

		Mboro			Lac Tanma						Ngan			Keur-Mactar			
		SMBT1	SMBT2	SMBT3	SLT1	SLT2	SLT4	SLT5	SLT6	SLT7	SLT8	SNGT1	SNGT2	SNGT3	SKMT1	SKMT2	SKMT3
Profondeur (cm)	(1)	400	380	313	277	290	267	390	340	232	202	200	220	336	540	550	500
	(2)	320	220	272	237	260	119	269	315	182	166	56	115	272	307	233	281
pH	(1)	7.2	7.4	6.8	7.3	7.7	7.4	7.7	7.7	7.9	7.6	7.2	3.9	7.1	7.0	7.9	7.3
	(2)	6.5	6.3	6.5	6.8	6.8	6.8	7.0	6.8	7.0	7.1	6.3	2.0	5.3	6.0	7.1	7.5
CE	(1)	36.0	6.8	23.5	39.0	50.0	56.0	38.0	36.0	40.0	22.9	47.0	24.0	38.0	34.0	25.0	32.0
	(2)	35.0	2.9	21.7	37.0	37.0	49.0	34.0	28.5	34.0	28.5	34.0	17.5	35.0	32.0	18.0	30.0

(1) : Valeur la plus forte
(2) : Valeur la plus faible.

- + Au Lac Tanma, ce sont les nappes SLT4 et SLT5 situées près du lit du lac qui ont subi une variation sensible de 150 cm entre août et octobre pour le premier et de 120 cm pour le second. Cette variation, plus importante que dans les autres nappes, pourrait s'expliquer par l'influence du niveau de remplissage du lac en hivernage.
- + A Ngam, la séquence étudiée montre que la fluctuation de la nappe devient plus faible lorsqu'on passe des tannes au glacis de raccordement. C'est la nappe SNGT1, nettement influencée par les eaux du marigot, qui a subi la variation la plus importante. Elle passe de 200 cm de profondeur en juin à 56 cm de la surface à la fin de l'hivernage (octobre), tandis qu'au même moment les nappes SNGT2 et SNGT3 passent respectivement de 220 à 115 cm et de 330 à 270 cm.
- t A Keur-Mactar, on constate un fort battement des nappes. SKMT1 passe de 540 cm en juin à 300 cm en octobre, soit une variation de 240 cm ; SKMT2 remonte au même moment de 550 cm à 230 cm de la surface, tandis que SKMT3 passe de 500 cm à 150 cm. Il s'agit d'une séquence qui va du glacis de raccordement avec le plateau (SKMT1) aux tannes semi-herbacées (SKMT3). On voit que c'est la nappe située dans les tannes qui est soumise à la plus grande variation. Cela est dû à l'influence des eaux du marigot dont le niveau permet l'inondation temporaire des tannes vifs pendant l'hivernage.

c) pH

Dans la plupart des cas, la nappe a un pH neutre à légèrement acide, situé entre 5,6 et 7,8. Cependant, dans les sites de Ngam et Keur-Mactar, on rencontre des nappes très acides à pH compris entre 4 et 2,5. Ces nappes correspondent à des sols sulfatés acides formés sur d'anciennes vasières de mangroves.

Au cours de l'année, le pH des nappes varie très peu. La variation pour une même nappe est inférieure à 1/2 unité pH.

d) Salinité des nappes

La salinité des nappes a été mesurée par la conductivité électrique exprimée en millimhos/cm à 20°C.

Les résultats montrent une très grande variabilité au sein d'un même site. C'est ainsi qu'à Mboro la salinité des nappes est comprise entre 3 et 35 mmhos/cm ; au Lac Tanma, elle se situe entre 3 et 50 mmhos/cm ; à Ngam, de 8 à 57 mmhos/cm et à Keur-Mactar, de 18 à 58 mmhos/cm.

Cette différence tient peut-être au fait que certaines nappes bénéficient pendant l'hivernage d'un apport d'eau douce qui dilue le milieu. Cela tient à l'écoulement latéral des nappes et au contact entre le biseau d'eau salée et de l'eau douce.

Le suivi des tubes piézomètres a révélé une nette variation de la salinité de la nappe au cours de l'année. Celle-ci a surtout lieu pendant l'hivernage. Les résultats du tableau n° 3 mettent en évidence cette variation qui, dans certains cas, peut atteindre 13 mmhos/cm (SLT2). Cependant,

certaines nappes telles que SMBT1, SMBT3, SLT1, SKMT1 et SKMT3 varient très peu. La diminution de la salinité ne dépasse jamais 3 mmhos/cm.

Cette variation de la salinité semble mettre en évidence l'influence des eaux de pluie sur le comportement des nappes. Nous avons constaté, plus haut, que pendant l'hivernage la nappe avait tendance à remonter plus près de la surface du sol. Cette remontée de la nappe s'accompagne, en effet, d'une baisse parfois très sensible de la salinité.

e) Bilan ionique

Afin de connaître la composition ionique des différentes nappes et d'en apprécier la qualité, nous avons effectué des analyses d'eau en dosant les éléments : Cl^- , $\text{SO}_4^{=}$, HCO_3^- , $\text{CO}_3^{=}$, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ et Na^+ . Les éléments se classent généralement dans l'ordre décroissant suivant : $\text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{SO}_4^{=} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+ > \text{HCO}_3^- > \text{CO}_3^{=}$. Dans le cas des eaux acides, ce sont les sulfates qui dominent et le classement se fait dans l'ordre suivant : $\text{SO}_4^{=} > \text{Cl}^- > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{K}^+$. Ces eaux ne contiennent pas de bicarbonates ou carbonates. Les eaux sont à base de chlorures ou de sulfates. L'utilisation des rapports $\frac{\text{Cl}^-}{\text{SO}_4^{=}}$ et $\frac{\text{Na} + \text{K}}{\text{Ca} + \text{Mg}}$ nous a permis

de caractériser les eaux des nappes. Ainsi, on a affaire à :

- Mboro : eaux chlorurées sodico-magnésiennes et chlorurées sodiques ;
Lac Tanma : eaux chlorurées sodico-magnésiennes, eaux chlorurées sodiques et sulfato-sodiques ;
- Ngan : eaux chlorurées sodiques, sulfato-sodiques et chlorurées sodico-magnésiennes ;
- Keur-Mactar : eaux chlorurées sodiques et eaux sodico-calcimagnésiennes.

1.1.3 Influence de la salinité sur la croissance et la mortalité des arbres

Les résultats obtenus dans les différents sites ont mis en évidence une nette influence de la salinité sur le comportement de la végétation. Nous avons vu dans les paragraphes précédents que la salinité dans le site avait deux origines : sol et nappe phréatique. Suivant les stations, on peut avoir seulement à faire à la salinité de la nappe ou les deux à la fois.

A Mboro, la mortalité a eu lieu sur les sols halomorphes où la salinité était supérieure à 5 mmhos/cm (extrait 1/5), correspondant à des nappes de l'ordre de 40 mmhos/cm. Dans les autres cas, la salinité n'a pas entraîné de mortalité mais a affecté sensiblement la croissance. C'est ainsi qu'à une CE de nappe de l'ordre de 7 mmhos/cm, la hauteur moyenne des arbres est de 11 m. Elle est de 3 m pour une CE de 35 mmhos/cm et de 5 m pour une CE de 23 mmhos/cm.

Au Lac Tanma, la mortalité constatée est essentiellement due à la salinité de la nappe, le sol n'étant pas salé jusqu'à 180 cm de profondeur. Les résultats de sondages ont montré que les seuls endroits où les

arbres sont encore vivants correspondaient à la présence d'une nappe soit d'eau douce, soit d'eau salée avec une CE dont la valeur ne dépasse pas 40 mmhos au cours de l'année. Cependant, les arbres sont affectés par la salinité qui a tendance à diminuer la croissance. C'est ainsi que dans les milieux à eau douce ou peu saumâtre, les arbres sont bien venants avec une hauteur supérieure à 10 m, alors que dans les zones dont la CE de la nappe est supérieure à 20 mmhos/cm, on avait des arbres mal vivants avec une hauteur comprise entre 3 et 5 m.

Plus la nappe est proche de la surface, plus les arbres sont affectés par la salinité. Lorsque la nappe se situe au-delà de 300 cm, son effet sur la végétation est très faible. C'est ce qui explique que l'*E. camaldulensis* est encore vivant alors que la nappe en dessous a une CC de l'ordre de 36 mmhos/cm.

A Ngan, la mortalité est due à deux facteurs essentiels : la salinité et l'acidité. Quant à la salinité, nous avons constaté que l'*E. camaldulensis* avait été totalement éliminé des tannes très salés dès les premières années de plantation. Sur les tannes herbacés, la mortalité apparaît à partir d'une CE supérieure à 2 mmhos/cm. Sur les sols peu salés où l'*E. camaldulensis* avait donné de bons résultats les premières années, la salinité de la nappe proche de la surface a entraîné une forte diminution de la croissance des arbres et parfois une mortalité assez importante à partir d'une CE supérieure à 13 mmhos/cm.

Sur les sols sulfatés acides, l'acidité du sol et surtout de la nappe ont entraîné une très forte mortalité qui s'est installée dès que les racines des arbres ont plongé dans la nappe. Rappelons que ces nappes se trouvent très près de la surface du sol (100 à 150 cm).

A Keur-Mnctar, on retrouve la même situation qu'à Ngan avec la seule différence que les niveaux de salinité à partir desquels on constate la mortalité sont plus élevés. Cela tient à la différence des essences forestières utilisées. C'est sur les sols sulfatés acides que la mortalité est plus importante. Dans les autres cas, les arbres étaient très peu ou pas affectés par la salinité jusqu'à des valeurs de l'ordre de 35 mmhos/cm.

1.1.4 Conclusion

Cette étude a permis de faire une première approche sur le comportement des essences forestières en milieu salé. Elle montre que la tolérance aux sels varie en fonction de l'essence utilisée et du niveau de la salinité du milieu. L'influence de cette salinité peut se traduire, selon son importance, par une mortalité ou tout simplement par la diminution ou le ralentissement de la croissance des arbres. Mais elle n'a pas encore permis de définir de manière définitive les seuils de tolérance. Elle met également en évidence l'importance qu'il faut accorder à la qualité et à la profondeur de la nappe dans le reboisement des sols salés. Même si la salinité du sol n'est pas très élevée pour influencer la croissance des arbres, la présence d'une nappe salée, peu profonde, peut entraîner la mortalité des arbres dès que leurs racines commencent à s'alimenter à partir de celle-ci.

Compte tenu de la croissance assez rapide des racines des arbres, surtout sur sol perméable, la mortalité peut se produire dès les 3 ou 4 années suivant le reboisement. Le comportement des nappes et la résistance aux sels des différentes essences font que cette étude nécessite des suivis plus ou moins longs suivant le site et l'essence utilisée.

Du fait que ces recherches se soient déroulées sur des plantations d'âges différents et après le démarrage de la mortalité des arbres, nous n'avons pas pu cerner de manière très précise tous les facteurs qui sont à l'origine de cette mortalité. Pour cela, nous nous proposons d'installer de nouvelles parcelles en utilisant d'autres essences en plus des trois étudiées, dans les sites du Sine-Saloum. Ces parcelles feront l'objet de suivis périodiques de la salinité du sol, des nappes et de la croissance des arbres (partie aérienne et système racinaire).

1.2 ETUDE EXPERIMENTALE DE LA TOLERANCE AUX SELS DES ESSENCES FORESTIERES

1.2.1 Objectif

Le manque de données sur la tolérance aux sels des diverses essences actuellement utilisées dans le reboisement en milieu salé ou exondé nous a conduit à entreprendre des expériences au laboratoire en vase de végétation. L'étude a pour principal but de définir des seuils de tolérance aux sels de diverses essences forestières afin de permettre un meilleur choix dans le cadre de reboisement des sols salés.

1.2.2 Protocole

a) Dispositif

Nous avons utilisé des seaux plastiques de 12 l de capacité, remplis avec un sol sablo-limoneux de forêt. Les seaux sont percés d'un trou dans lequel est soudé un tuyau (tubecristal) de 5 mm de diamètre, relié à raison de six seaux à un jerricane de 10 l. Les seaux reposent sur des planches en bois déposées sur des tréteaux métalliques de 80 cm de haut.

b) Traitements

Six traitements ont été appliqués à chaque essence avec 6 répétitions par essence et par traitement. Ces traitements sont obtenus à partir de l'eau de mer pure et diluée. On a : T1 = eau douce ; T2 = eau salée à CE = 2 mmhos/cm ; T3 = eau salée à CE = 5 mmhos/cm ; T4 = eau salée à CE = 10 mmhos/cm ; T5 = eau salée à CE = 20 mmhos/cm et T6 = eau de mer à CE = 46 mmhos/cm.

c) Essences utilisées :

Nous avons utilisé 5 essences qui sont :