

REPUBLICQUE DU SENEGAL

MINISTERE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

(M.R.S.T.)

INSTITUT SENEGALAIS DE
RECHERCHES AGRICOLES

(I.S.R.A.)

DEPARTEMENT SYSTEMES DE PRODUCTIONS
ET TRANSFERT DE TECHNOLOGIES
EN MILIEU RURAL

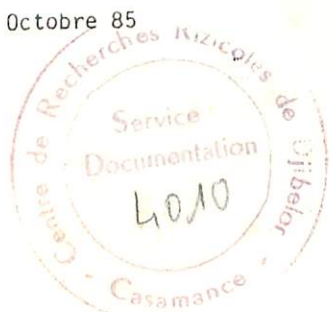
BILAN DE TROIS ANNEES DE SUIVIS HYDROAGRIQUES
DU BARRAGE - ECLUSE DE GUIDEL
BASSE CASAMANCE (SENEGAL)

Par : *Boubacar BARRY (Hydraulicien)*
Joshua L. POSNER (Agronome)

Communication à présenter au III^{ème} Symposium International sur les sols
sulfatés - acides

Dakar 6 - 11 Janvier 1986

Octobre 85



PROGRAMME DE MISE EN VALEUR DES BASSINS VERSANTS DES BOLONGS
DE BASSE CASAMANCE
CENTRE DE RECHERCHES AGRICOLES DE DJIBELOR

RESUME

Bilan de Trois Années de suivis Hydroagricoles du Barrage-Ecluse de Guidel, Basse Casamance (Sénégal)

B. BARRY et J.L. POSNER

La sécheresse, persistante des quinze dernières années s'est progressivement installée dans la région Sud du Sénégal. Pour répondre à ce problème, le Gouvernement du Sénégal préconise un vaste programme de mise en valeur de 70.000 ha de terres basses salées en amont des barrages anti-sel. Le Barrage Ecluse de Guidel est le premier ouvrage à voir jour, et à ce titre il est considéré comme un projet pilote devant permettre la récupération et la mise en valeur rizicole de 1150 ha de terres salées.

Depuis trois ans, les eaux de surface, de la nappe et le sol, ont été suivis afin de mieux cerner l'impact du barrage sur le dessalement et de dégager un modèle de gestion de l'ouvrage. Les résultats des suivis sont présentés et un modèle de gestion proposé.

SUMMARY

Assesment of three years of monitoring the Guidel Anti-Salt Dam, Basse Casamance, Senegal

B. BARRY and J.L. POSNER

Southern Senegal has been suffering from 15 years of below average rainfall. In order to combat this problem the Government of Senegal plans to develop 70.000 ha of rice land above anti-salt dams. The Guidel dam with 1150 ha is the first one finished and therefore is considered a pilot project.

For the past three years the salinity and pH of the river water, water table and surface soil has been monitoreu. Preliminary results and a proposed water gate control program are presented.

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
INTRODUCTION	1
I - CADRE GEOGRAPHIQUE	2
I.1 Présentation technique du Barrage - écluse de Guidel et de son modèle d'exploitation	2
I.2 Principaux types de sol	4
I.2.1. Vasière à Mangrove	4
I.2.1.1. Sols potentiellement sulfatés-acides	4
I.2.1.2. Sols sulfatés-acides	4
I.2.2. Sols de tannes	4
II - ETUDE COMPARATIVE DES PARAMETRES DU CYCLE DE L'EAU DURANT LES ANNES 83, 84 et 85	5
II.1 Précipitations	6
II.2 Evapotranspiration	7
II.3 Eau de surface	7
II.3.1. Analyses qualitatives des eaux de surface	7
II.3.1.1. Salinité des eaux du marigot	7
II.3.1.2. Stratification des eaux du marigot	9
II.3.1.3. Variations spatiales de la salinité des eaux de surface	10
II.3.2. Analyse quantitative des eaux de surface	12
II.3.2.1. Volumes d'eau et quantités de sels évacués en 1984	12
II.3.2.2. Volumes d'eau et quantités de sels admis ou évacués en 1985	13
II.4. Eau de nappe	13
II.4.1 Hauteur de nappe en 83-84 et 85	13
II.4.2. Salinité des eaux de nappe en 83-84 et 85	14
II.4.3. pH des eaux de nappe en 83-84 et 85	14
III - ETUDE COMPARATIVE DE L'EVOLUTION DE LA SALINITE DES SOLS DURANT LES CAMPAGNES 83,84 et 85	16
III.1. Salinité du sol EC _{1/5}	16
III.1.1. Horizon 0-10 cm	16
III.1.2. Horizon 50-60 cm	18
IV - ETUDE COMPARATIVE DU pH DES SOLS DURANT LES CAMPAGNES 83,84 et 85	18
V - MODELE DE GESTION DU BARRAGE - ECLUSE DE GUIDEL ET SYSTEME D'AMENAGEMENT DES TERRES SALEES SITUÉES EN AMONT.	19
LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES	
BIBLIOGRAPHIE	

LISTE DES TABLEAUX ET FIGURES

TABLEAUX

- Tableau n° 1 : Répartition mensuelle des précipitations (Ziguinchor - Vallée de Guidel)
- Tableau n° 2 : Répartition mensuelle de l'évapotranspiration interannuelle ziguinchor
- Tableaux n° 3 : Profile du dessalement des eaux du marigot de Guidel au niveau du Pont de Soukouta
1983 - 1984 - 1985 (Basse Casamance)
- Tableau n° 4 : Stratification des eaux du Bolong de Guidel sur deux sites (1) Pied amont du Barrage -
(2) Pont de Soukouta (Basse Casamance)
- Tableau n° 5 : Variation spatiale de la salinité des eaux de surface S ‰. Casier de Soukouta
(Basse Casamance)
- Tableau n° 6 : Quantités de sels évacuées en 1984
- Tableau n° 7 : Volumes d'eau et quantités de sels évacués en 1985.

FIGURES

- Figure n° 1 : Pluviométrie de Ziguinchor
- Figure n° 2 : Etude comparative de la salinité des eaux de surface sur deux sites en 1984 et 1985 -
Pont de Soukouta (Bolong de Guidel) - Maoua (Bolong de Sindone)
(Basse Casamance)
- Figure n° 3 : Etude comparée de la salinité et du pH des eaux de nappe durant les campagnes 83, 84
et 85 (Soukouta 7)
Casier de Soukouta Bloc V - Parcelle 15 - Guidel - Basse Casamance
- Figure n° 4 : Etude comparée de la salinité et du pH des sols durant les campagnes 83, 84 et 85 -
(Soukouta 7)
Casier de Soukouta Bloc V - parcelle 15 - Guidel - Basse Casamance

BILAN DE TROIS ANNEES DE SUIVIS HYDROAGRIQUES
DU BARRAGE - ECLUSE DE GUIDEL EN
BASSE CASAMANCE (SENEGAL)

INTRODUCTION

La sécheresse, persistante des quinze (15) dernières années, dans tous les pays du Sahel s'est progressivement installée dans la région Sud du Sénégal se manifestant d'une part par une baisse des quantités de pluies tombées et d'autre part par une très mauvaise répartition de ces dernières aussi bien dans le temps que dans l'espace.

Les conséquences directes de ce grave phénomène sont les pertes de rizières sur les terres basses des différentes vallées de Basse Casamance ; pertes causées essentiellement par l'intrusion de plus en plus grande des eaux saumâtres du Fleuve Casamance à l'intérieur des terres en marée haute.

Ceci, constitue à l'heure actuelle un problème préoccupant quant à l'extension et l'intensification de la riziculture aquatique dans cette région.

Les superficies abandonnées n'ont cessé d'augmenter au fil des années. On estime en effet à 180.000 hectares les superficies occupées par les terres salées de Basse Casamance (mangroves + tannes) dont 100.000 hectares environ pourraient être récupérées à des fins rizicoles.

L'une des solutions retenues pour la récupération et la mise en valeur des terres salées du domaine fluvio-marin, a été la construction de barrages et digues anti-sel sur les différents bolongs (marigots) de Basse Casamance.

C'est ainsi qu'un grand nombre d'ouvrages hydrotechniques ont été réalisés sur les affluents primaires ou secondaires du Fleuve Casamance.

Le Barrage-Ecluse de Guidel que nous présentons dans ce document est le premier ouvrage anti-sel à voir le jour au Sénégal. Mis en service depuis 1982, il est destiné d'une part à accélérer le processus de dessalement et d'autre part à empêcher l'oxydation et l'acidification des sols sulfatés-acides pendant la contre-saison, grâce à l'admission d'eau salée du fleuve en marée haute.

Le projet d'aménagement de la vallée de Guidel est considéré par le Gouvernement du Sénégal comme un projet - test qui doit précéder et préparer un vaste programme de mise en valeur rizicole de 70.000 hectares de terres basses salées (mangroves et tannes) dans les lits majeurs des quatre marigots de Bignona, Soungrougrou, Baïla et Kamobeul.

.../...

L'objectif visé dans cette présente communication, est de :

- dégager un premier bilan hydrosalin après 3 années de suivis ;
- évaluer les niveaux de dessalement des sols en amont de barrage dans une parcelle aménagée ;
- proposer un modèle de gestion du barrage - écluse.

I - CADRE GEOGRAPHIQUE

Le Barrage - écluse est construit sur le marigot de Guidel, un des affluents de la rive gauche de la Casamance, soumis comme tous les marigots de la Casamance maritime, à l'influence des marées.

Il est situé non loin du point de confluence (moins de 4 km) près du village de Niaguisse à environ 10 km à l'Est de Ziguinchor.

Le Bassin Versant du marigot de Guidel couvre une superficie totale de 145 km² s'étendant entre le 12°25' et le 12°35' latitude Nord.

Le Projet d'aménagement de la vallée de Guidel vise à protéger contre le sel, et à aménager pour la riziculture 1150 hectares bruts (860 ha nets) de terres salées, essentiellement localisées sur la rive gauche du marigot où la mangrove prend toute son importance.

Les pentes sont en général faible dans le lit majeur et elles varient entre 2 ‰ et 4 ‰.

I-1 - Présentation technique du Barrage - écluse de Guidel et de son modèle d'exploitation :

L'ouvrage hydrotechnique de protection contre le sel est constitué d'un barrage-écluse en béton armé situé dans le lit mineur du marigot et d'une digue semi-circulaire en terre et latérite corrosable de 960 m de longueur, largeur à la crête de 3 m et de 2,75 m de hauteur.

La route du sud reliant Ziguinchor à Kolda traverse tout le lit majeur du Bolong de Guidel.

Un système de quatre (4) ouvertures ou passes permet à l'eau de circuler librement soit du fleuve vers l'intérieur des terres, soit dans le sens inverse en fonction des opérations d'ouvertures ou de fermetures effectuées au niveau du barrage.

Chaque ouverture est équipée vers l'amont d'une vanne glissant verticalement, se manoeuvrant par crics destinée à assurer la fermeture du barrage et vers l'aval une porte fonctionnant comme un clapet.

A vannes ouvertes, les portes s'ouvrent automatiquement à marée basse sous la pression de l'eau douce du marigot et se ferment automatiquement à marée haute sous la pression de l'eau salée en provenance de la Casamance et de la mer.

Les portes peuvent être bloquées en position ouverte ce qui permet le passage de l'eau du fleuve et sa remontée dans les rizières en saison sèche. Elles peuvent également être bloquées en position fermée ce qui permet le stockage d'eau douce dans les rizières.

Le principe de fonctionnement du barrage-écluse de protection anti-sel, comme on peut le voir est directement lié à la configuration générale de l'hivernage.

MODELE D'EXPLOITATION PROPOSE POUR UNE BONNE GESTION

DU BARRAGE EN ANNEE NORMALE (1547 mm)

. Décembre / Avril : Lessivage des sols

L'eau salée du fleuve passe librement en marées hautes et se retire en marées basses.

Il en résulte : - un lessivage constant des sols ;

- l'élimination de toute acidité des terres de rizières.

. Mai / Juin : Labours à sec

L'eau salée des marées ne passe plus, les vannes étant fermées. On labour à sec le sol salé des rizières.

. Juillet : dessalement des sols :

Les vannes étant ouvertes, les portes libres se ferment à marée haute et s'ouvrent à marée basse.

- à marée haute, l'eau de pluies accumulée lessive les terres labourées.

- à marée basse, l'eau douce des rizières ainsi chargée de sel dissout est évacuée vers l'aval

. Août / Septembre : repiquage du riz :

Maintien d'une nappe d'eau douce dans les rizières. Il n'y a plus d'eau salée dans le fleuve. Les vannes sont ouvertes et les portes laissées libres.

- à marée basse, l'eau des rizières excédentaires est évacuée et le niveau d'eau dans les rizières est ainsi abaissé.

- à marée haute, le niveau d'eau douce se reconstitue dans les rizières, les portes se refermant.

. Octobre / Novembre : Culture et stockage d'eau douce :

Les vannes étant fermées, l'eau douce est stockée (pluies). En cas de pluies exceptionnelles, le trop plein d'eau douce nuisible aux cultures est évacué après ouverture.

..../...

I-2 - Principaux types de sol :

La synthèse des résultats obtenus et des observations effectuées au niveau des fosses pédologiques a permis l'élaboration des cartes pédologiques de la vallée de Guidel avec une inventarisation des différents types de sols.

Nous ne présentons dans cette communication que les sols situés entre le lit mineur du marigot et le bas de versant, c'est-à-dire les sols du domaine sulfatés acides : (vasières à Mangrove et Tannes).

Ce sont des dépôts fluvio-marins récents et actuels qui occupent les parties moyennes et inférieures de la vallée de Guidel et constituent :

I.2.1 - La vasière à Mangrove : Elle est caractérisée par deux types de sols : - sols potentiellement sulfatés acides et sols sulfatés-acides.

I.2.1.1. les sols potentiellement sulfatés - acides :

Ce sont des sols peu évolués d'apport organique alluvial riche en fibres, radicules et racines, riches en sulfure sous forme de pyrite qui restent réduits tant que la submersion s'y maintient et le pH neutre. Ils sont par ailleurs très riches en matière organique constituant des supports intéressants pour la riziculture.

Ces sols sont localisés le long du marigot dans le lit mineur et représentent le domaine du peuplement des palétuviers, surtout Rhizophora. La sécheresse des dernières années a conduit à un rétrécissement de la bande des sols potentiellement sulfatés-acides.

I.2.1.2. les sols sulfatés acides : Leur domaine s'est élargi au détriment de celui des sols potentiellement sulfatés-acides, du fait de l'oxydation et de l'acidification subie soit à cause du drainage artificiel (aménagement ILACO) soit à un abaissement naturel du plan d'eau dû au cycle de sécheresse. Ils sont généralement occupés par de nombreux Avicennia associés à des tapis discontinus d'halophytes (Sesuvium, Phylloxérus).

Au plan physique, ces sols sont assez peu évolués en surface (sur quelques centimètres) et en profondeur ils reposent sur des couches de sols potentiellement sulfatés-acides.

La mise en valeur de ces sols est rendue difficile par la présence d'une nappe phréatique très salée (salinités-supérieures à celle de la mer) et riche en produits sulfurés et sulfatés.

I-2-2 - Les sols de Tannes : Ils sont situés directement dans le prolongement de la zone de terrasse et ne sont atteints que par des marées de vives-eaux. Ils sont occupés selon le degré de salinité soit par des herbacées en zone de bordure, ou sur des flots (tanne herbacée et à halophytes, Paspalum Scirpus...) soit par le sol nu à structure poudreuse ou à croûte saline (tanne vif). Ces unités forment le domaine des sols parasulfatés acides relativement évolués par rapport à la vasière et ayant subi une maturation physique. Les sols de Tannes reposent très souvent sur des couches

argileuses ou argilo-sableuses et se situent en légère élévation sur la vasière. Leur pH varie entre 3,5 et 4,5.

Les sols de tannes occupent 23 % des superficies des terres basses directement soumises à l'influence du Barrage - Ecluse de Guidel (environ 1150 hectares de terres basses salées).

II - ETUDE COMPARATIVE DES PARAMETRES DU CYCLE DE L'EAU DURANT LES ANNES 83-84-85

II-1 - Précipitations fig. n° 1

Les principaux résultats des mesures de précipitations effectuées au cours des 3 dernières hivernages au Poste de l'ASECNA à Ziguinchor : hauteurs des précipitations mensuelles, nombre de jours de pluie dans la saison ; hauteur de l'averse maxim journalière, total des précipitations mesurées.

Ces résultats sont analysés et comparés à la Normale établie par l'ORSTOM (Yves BRUNET MORET) sur une période de 49 ans allant de 1931 à 1960 (Normale de 1547 mm). Cette normale a servi au calcul hydraulique du Barrage-écluse de Guidel.

Tableau n° 1 : Répartition mensuelle des précipitations - Ziguinchor et Vallée de Guidel (mm)

Mois	Ziguinchor				Vallée de Guidel	
	Normale 1931-1960	1983	1984	1985	1983	1984
Mai	10,8	7,6	0	0	11,9	0,3
Juin	125,1	108,2	264,5	46,5	89,5	278,3
Juillet	362,7	212,1	393,3	390,7	174,2	316,9
Août	532,4	135,0	227,2	399,2	196,6	208,1
Septembre	361,0	320,5	302	358,7	242,4	188,0
Octobre	146,0	22,9	45,3	107,3	25,4	25,4
Novembre	9,0	0	2,0	0	0	0
Total	1547 mm	806,4 mm	1234,6 mm	1302,4 mm	740 mm	1017,0 mm

L'analyse des résultats obtenus montre que par rapport à la normale, l'hivernage a été déficitaire à Ziguinchor durant les 3 dernières années respectivement : 48 % en 1983, 20 % en 1984 et 16 % en 1985.

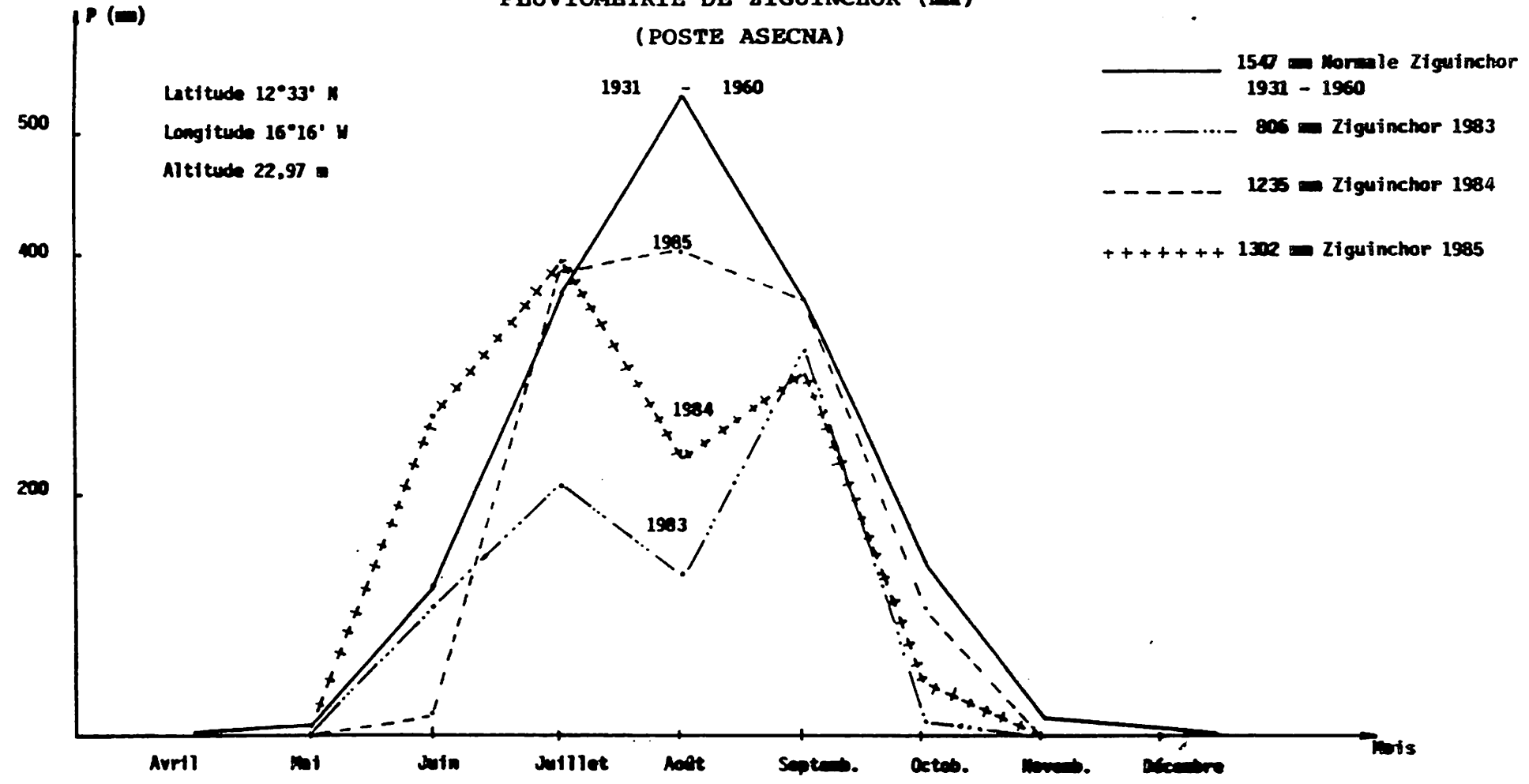
Ce déficit s'est traduit d'une part par un rétrécissement de la durée de l'hivernage par rapport à la normale (72 j en 83, 92 J en 84 et 78 j en 85 et par une diminution des quantités de pluies tombées.

Fig. n° 1

PLUVIOMETRIE DE ZIGUINCHOR (mm)
(POSTE ASECNA)

50

Latitude 12°33' N
Longitude 16°16' W
Altitude 22,97 m



Sur le bassin versant de Guidel où 5 postes pluviométriques ont été installés dont 2 sur la rive droite (Guidel village et Niaguissse et 3 sur la rive gauche (Baraka-Bounao - Soukouta et Boulomp). Nous avons noté un déficit moyen de 50% en 1983 de 35 % en 1984 et de 20 % en 1985.

En 1984, les précipitations ont été relativement plus abondantes au Nord du Bassin Versant. L'évolution spatiale de la pluviométrie s'était traduite également par une diminution du nombre annuel de jours de pluies du Nord au Sud.

Le maximum de précipitation, reçues en 24 heures a atteint en 1984, 123,4 mm à Ziguinchor le 19 septembre et 120,7 mm le 22 juillet 1985. Les épisodes pluvieux où plus 50 mm de précipitations ont été enregistrées, ont été plus nombreuses en 1985 (8 en 1985 contre 7 en 1984 et 1 en 1983).

II-2 - Evapotranspiration :

Pour les données relatives à l'évaporation, nous avons utilisé celles qui ont été enregistrées à la station de Djibélor. En appliquant à ces valeurs un coefficient de correction égal à 0,8 (valeur couramment admise, l'évapotranspiration potentielle interannuelle se répartit mensuellement comme suit :

Tableau n° 2 : Répartition mensuelle de l'évapotranspiration interannuelle

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total (mm)
* ETP													
Total (mm)	201,5	225,4	227,7	197,4	208,6	155,7	119,6	123,7	111,7	115,6	121,2	156,6	1964,7
mm/jour	6,5	7,7	7,3	6,6	6,7	5,2	3,8	4,0	3,7	3,7	4,0	5,0	5,4

E.T.P.* = calculée sur une période de 15 ans (1970 - 1984).

II-3 - EAUX DE SURFACE

Le suivi des eaux de surface durant les 3 campagnes a concerné non seulement l'aspect qualitatif des eaux (pH, salinité, sels minéraux) mais également celui quantitatif (volumes stockés, admis ou évacués après chaque manipulation des vannes du barrage). Les résultats obtenus sont comparés avec ceux du Bolong de Sindone considéré comme point zéro (Bolong de référence). Le Bolong de Sindone comme celui de Guidel est un affluent primaire de la Casamance située sur la rive gauche. Il a un régime d'écoulement libre.

II.3.1. Analyses qualitatives des eaux de surface :

II.3.1.1. Salinité des eaux du maricot : Fig. 2 - tableau n° 3.

Tableau n° 3 : Profile du dessalement des eaux du marigot au niveau du Pont de Soukouta (campagnes 83, 84 et 85). Marigot de Guidel - Basse Casamance.

Années	Période de dessalement (§ % ≤ 5)	Pluviométrie (mm) accumulée avant cette date	Nombre de jours
1983	-	-	0 jours
1984	30/09 - 06/10	1197 mm	7 jours
1985	23/08 - 25/10	836 mm	55 jours

En 1983, aucun taux de salinité ≤ 5 ‰ n'a été observé sur le Bolong de Guidel à cause de la pluviométrie très déficitaire enregistrée. En 1984, bien que la pluviométrie soit redevenue relativement bonne, le dessalement des eaux du marigot n'a pu se faire qu'à la fin de l'hivernage et pour une période de temps relativement courte (7 jours). En 1985, la période de dessalement a été beaucoup plus longue.

Les bonnes pluies enregistrées en juillet et août 85 ont permis de baisser considérablement les niveaux de salinité des eaux du marigot. Des valeurs de 2 ‰ ont été régulièrement enregistrées

La remontée du niveau de salinité n'a commencé à se faire ressentir que vers la fin de la deuxième décennie du mois d'octobre 85. Il est donc assez clair que les eaux du marigot en années normales peuvent être utilisées pour une irrigation complémentaire des parcelles de riz. Ce qui est du reste un des objectifs du barrage-écluse de Guidel.

Si nous comparons la Station de Maoua sur le Bolong de Sindone à celle de Soukouta sur le marigot de Guidel (fig. 2) nous constatons qu'en 1984, le dessalement a eu lieu plutôt à Maoua le 12/09/84 et s'est maintenu pendant 45 jours. En 1985, les valeurs enregistrées montrent un net dessalement à partir du 23/08/85 (où la valeur 0 ‰ a été relevée) et jusqu'au 15/10/85.

Ces résultats sont d'autant plus frappant que le Bolong de Sindone a un régime d'écoulement non-barré.

Cependant, l'explication d'un tel phénomène pourrait être, la profondeur des eaux. En effet, au niveau de Maoua, le marigot est beaucoup moins profond (moins d'un mètre) que celui de Guidel, que les pentes longitudinales et transversales ^{sont} plus prononcées, ce qui fait que les échanges d'eaux se font très facilement, évitant ainsi tout risque de confinement.

II.3.1.2. Stratification des eaux du Bolong de Guidel :

L'étude de la salinité d... ont... tel a fait apparaître
 et très intéressante qui se... la... out le... du marigot.

Nous présentons dans le tableau n° 4, les valeurs notées au cours des deux dernières campagnes de mesure.

Les niveaux de prélèvement sont : -en surface et en profondeur pour les stations (1) - Pied de barrage amont et Pont de Soukouta (2) distant de 3 km.

Tableau n° 4 / Stratification des eaux du Bolong de Guidel sur deux sites.

(S ‰) (1) Pied du Barrage amont
(2) Pont de Soukouta à 3 km.
Salinité gm/l

Mois	Oct. 84		Décem. 84		Juin 85		Août 85		Sept. 85		Oct. 85	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
En surface	10	6	25	21	69	70	8	6	4	2	4	4
Fond	16	11	44	22	72	70	16	12	4	2	6	5

Les variations de salinité entre les couches supérieures et celles situées en profondeur sont beaucoup plus marquées au pied du barrage. (1) - A cet endroit précis, les eaux sont beaucoup plus profondes (4 m de profondeur) alors qu'au niveau du Pont de Soukouta (2) la profondeur moyenne du marigot est de 1,50 m pour les périodes considérés. Ceci explique du reste les variations moins prononcées qui ont été observées à cet emplacement (2).

Il est également intéressant de noter qu'avec l'installation progressive de l'hivernage, et les opérations répétées d'ouvertures et de fermetures des vannes du barrage, on assiste à une homogénéisation de la salinité.

L'origine de la stratification serait due d'une part à l'évaporation des eaux de surface et surtout à la nappe phréatique très salée et acide qui s'écoule depuis le versant vers le lit mineur du Bolong. L'écoulement des eaux de nappe est très marqué au moment des vidanges de la retenue en marée basse, à cause des variations de pressions ainsi créées.

II.3.1.3. Variations spatiales de la salinité des eaux de surface :

Une analyse de la variation de la salinité le long du Bolong de Guidel montre que les niveaux de salinité des eaux dans la partie protégée par le Barrage-écluse décroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'ouvrage (tableau n° 4). Si on considère les couches supérieures (tranche de 1 m de grosseur), les variations sont en général très faibles durant toute l'année avec cependant, quelques différences assez nettes entre la saison sèche (variation de l'ordre de 5 ‰) et la saison des pluies (variations de l'ordre de 10 ‰).

Les couches situées en profondeur enregistrent quant à elles des variations beaucoup plus grandes selon qu'on s'éloigne ou non du barrage - écluse.

Ces variations de salinité sont également liées aux changements de profondeurs tout le long du Marigot de Guidel.

Selon, qu'on considère les eaux de surface recueillies au niveau/lit mineur du Bolong où dans les casiers aménagés par les paysans, ou même dans les drains construits par ILACO, les taux de salinités sont extrêmement variables.

Le tableau n° 5 redonne les niveaux de salinité des eaux de surface dans chacun des endroits cités et durant les 3 dernières années.

Tableau n° 5 : Variation spatiale de la salinité des eaux de surface S ‰. Casier de Soukouta
Guidel - Basse - Casamnce

Années	Mois	S ‰. Eaux de surface		
		Bolong	Drain.	Casier
1983	Juillet	21	28	11
	Octobre	16	19	20
	Décembre	39	47	40
1984	Juillet	24	30	8
	Octobre	10	13	12
	Décembre	23	27	28
1985	Juillet	50	58	12
	Octobre	4	6	10

Il faut noter que la variation spatiale de la salinité est directement liée à la configuration de l'hivernage. En 1985, par exemple, le mois de juin a été très mauvais 46,5 mm de pluies entraînant des niveaux de salinité très élevés en début juillet mais, avec le bon déroulement de l'hivernage par la suite le 25 Octobre encore on avait dans le Bolong 4 ‰.

L'eau dans les casiers est au début moins salée que celle dans le marigot et dans les drains, mais au fur et à mesure que les sels de la solution du sol passent dans l'eau de submersion et que la nappe remonte on assiste à une situation inverse, le Bolong devient moins salé que l'eau dans les drains et les casiers.

L'eau dans les drains est au début de l'hivernage plus salée que celle du marigot parce qu'en ce moment, le niveau du plan d'eau dans la retenue est relativement bas et les drains fonctionnent alors correctement. L'élévation progressive de l'eau ; les drains sont remplis

progressivement à cause de la remontée des eaux dans le marigot, on assiste alors à une baisse de la salinité des eaux du drain.

Les sels dans les drains n'étant pas totalement éliminés faute de système de vidange complète des eaux drainées, on observe pendant la saison sèche une forte remontée des niveaux de salinité.

II-3 - Analyse quantitative des eaux de surface :

Le but d'une telle analyse est de cerner avec plus de précisions les quantités d'eaux stockées, évacuées ou admises au cours d'une année de gestion du barrage afin de dresser un bilan hydrosalin correcte du Bassin versant en amont.

II.3.1. Volumes d'eau et quantités de sel évacués durant l'hivernage 84 :

Au cours de l'hivernage 84, le barrage a été ouvert 4 fois.

Tableau n° 6 : Quantités de sels évacués en 1984

Opérations	1ère vidange	2ème vidange	3ème vidange	4ème vidange
Volume initial	3,7 10 ⁶ m ³	3,7 10 ⁶ m ³	4,3 10 ⁶ m ³	4,5 10 ⁶ m ³
Volume final	0,5 10 ⁶ m ³	1,1 10 ⁶ m ³	3,1 10 ⁶ m ³	3,30 10 ⁶ m ³
Volume d'eau évacué	3,2 10 ⁶ m	2,6 10 ⁶ m ³	1,2 10 ⁶ m ³	1,2 10 ⁶ m ³
Teneur moyenne en sel g/l	38	17	15	8
Quantité de sels évacuée (tonnes)	121,600	44,200	18,000	10,096

Toutes les 4 vidanges ont permis d'éliminer un total de 193.896 tonnes de sel.

Tableau n° 7 : Volumes d'eau et quantités de sels admis ou évacués au cours de l'année 85.

Opérations	1ère admis. (7.02.85)	2e admis. (6.03.85)	1ère vidange (28.06.85)	2e vidange (24.07.85)	3e vidange (8.08.85)	4e vidange (8.09.85)
Volume admis.	0,20 10 ⁶ m ³	0,950 10 ⁶ m ³				
Volume évacué	-	-	1,4 10 ⁶ m ³	1,3 10 ⁶ m ³	3,5 10 ⁶ m ³	1,7 10 ⁶ m ³
Teneur en sel g/l	49 g/l	50 g/l	46 g/l	40 g/l	9 g/l	3 g/l
Quantité de sel admis (t)	9800	47500	-	-	-	-
Quantité de sels évacués		-	64.400	52.000	31.500	5.100

Total quantités de sels admis en 1985 = 57.300 tonnes

Total quantités de sels évacué en 1985 = 153.000 tonnes.

Les quantités de sels évacuées en 1984 dépassent largement celles de 1985, ce qui montre l'existence d'une tendance à la baisse au fil des années, qu'il faudrait peut être analyser avec le profil de l'hivernage.

Le total des vidanges inclut cependant, aussi du sel de l'eau salée du marigot qui se trouve au dessous du niveau 0,90 m + MPP* qui est la côte de la crête du deversoir.

Apparemment la plupart du sel évacué vient de l'eau du marigot et en partie aussi des sels du sol montant vers la surface par ascension capillaire entre deux vidanges.

II-4 - EAUX DE NAPPE : figure n° 3

Le suivi des eaux de nappe a été effectué au niveau des piézomètres installés dans les casiers de Boulomp et de Soukouta, tous deux situés en amont de barrage et sur la rive gauche du marigot.

Le casier de Boulomp est situé à mi-chemin entre le barrage et le Pont de Soukouta. Le casier de Soukouta nouvellement défriché couvre une superficie de 20 hectares bruts, il est situé en amont du Pont de Soukouta.

II.4.1. Analyse de la hauteur de la nappe phréatique durant les années 83-84 et 85 : fig.n° 3

Le suivi effectué sur les deux casiers sus-mentionnés au cours des trois dernières années a permis de constater que la pente piézométrique est faible dans le lit majeur et qu'elle était presque identique à celle du terrain 3 ‰. La nappe a son toit orienté vers le marigot.

* M.P.P. = il s'agit des bornes installées par la Mission de Prospection Pétrolière. Toutes les côtes du B.V. sont rattachées à ces bornes.

Pour une étude comparative de la nappe phréatique durant les 3 dernières années nous prendrons comme piézomètre de référence, celui de Soukouta 7. Il est localisé dans le casier de Soukouta, dans le bloc V, parcelle 15.

En 1983, la nappe phréatique n'a pas affleuré du tout à la surface du sol. Au cours de l'hivernage 84 on a observé un affleurement des eaux de nappe pendant une durée de 50 jours (1er septembre - 20 Octobre).

Cette période correspond du reste à une bonne pluviométrie (804 mm au 1/09 et 1017 mm au 20/10/84).

En 1985, la nappe a affleuré plus tôt que les années précédentes (mois de Juillet) avant d'amorcer une baisse due au pompage des eaux dans les drains, ceinturant la parcelle.

A partir du 19 septembre et même jusqu'au 18 Octobre, les eaux de nappe sont restées à la surface du sol malgré des séries répétées de pompage.

II.4.2. Analyse comparée de la salinité des eaux de nappe : fig. n° 3 campagne 83,84 et 85 :
Piézomètre \$ 7 - Bloc V - Parcelle 5 casier de Soukouta :

(conductivité électrique)

Au début de l'hivernage, les eaux de nappe sont extrêmement salées $\widehat{CE} > 80$ mmhos/cm * au fur et à mesure que l'hivernage s'installe, on observe un dessalement progressif avec cependant, des valeurs presque toujours insupportables pour le riz. Durant les campagnes 83 et 84, les plus faibles niveaux de salinités se situaient à la troisième décade du mois de septembre avec des valeurs de 25 mmhos/cm.

En 1985, grâce à la bonne pluviométrie enregistrés et aux effets du pompage répété des eaux de drainage le niveau de dessalement de la nappe a été beaucoup plus important.

Les plus faibles valeurs de salinités ont été enregistrées à partir de la mi-Août et jusqu'au début du mois d'Octobre. (environ 15 mmhos/cm).

Avec l'arrêt des pluies en fin septembre (83 et 84) et début Octobre en 1985, la tendance du niveau de salinité à remonter est très nette. Malheureusement à cette période précise, la nappe affleure à la surface du sol, bloquant le processus de dessalement du sol.

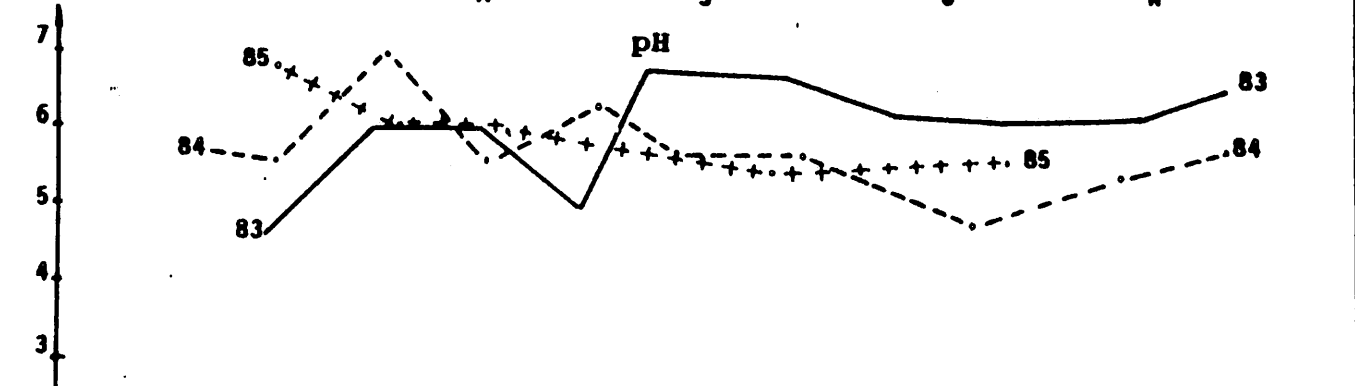
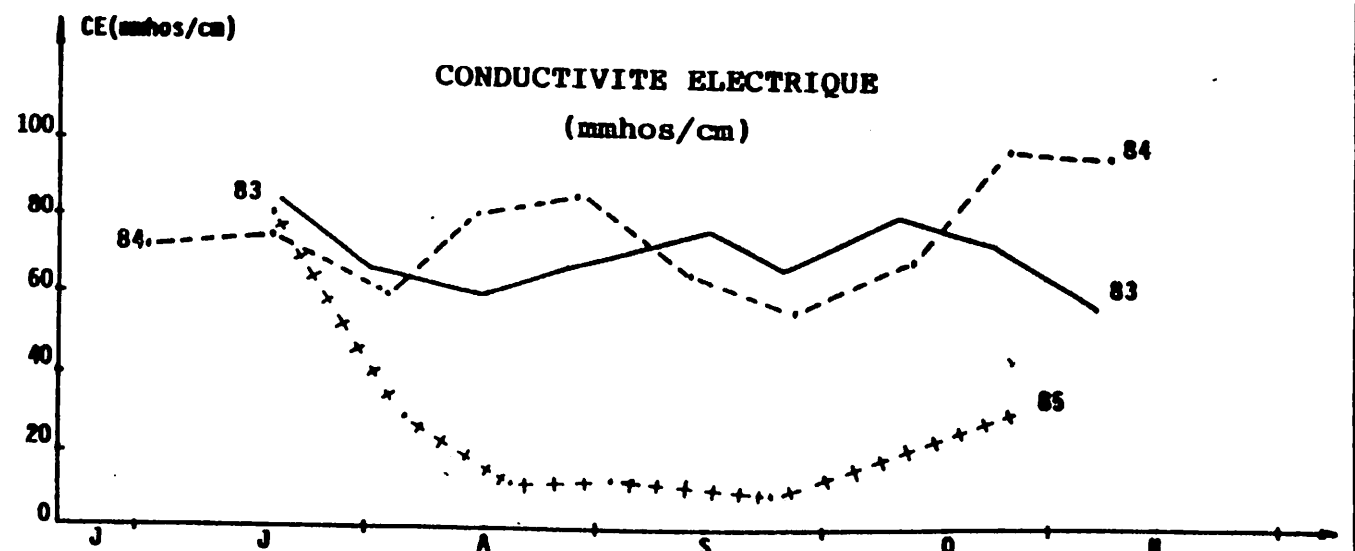
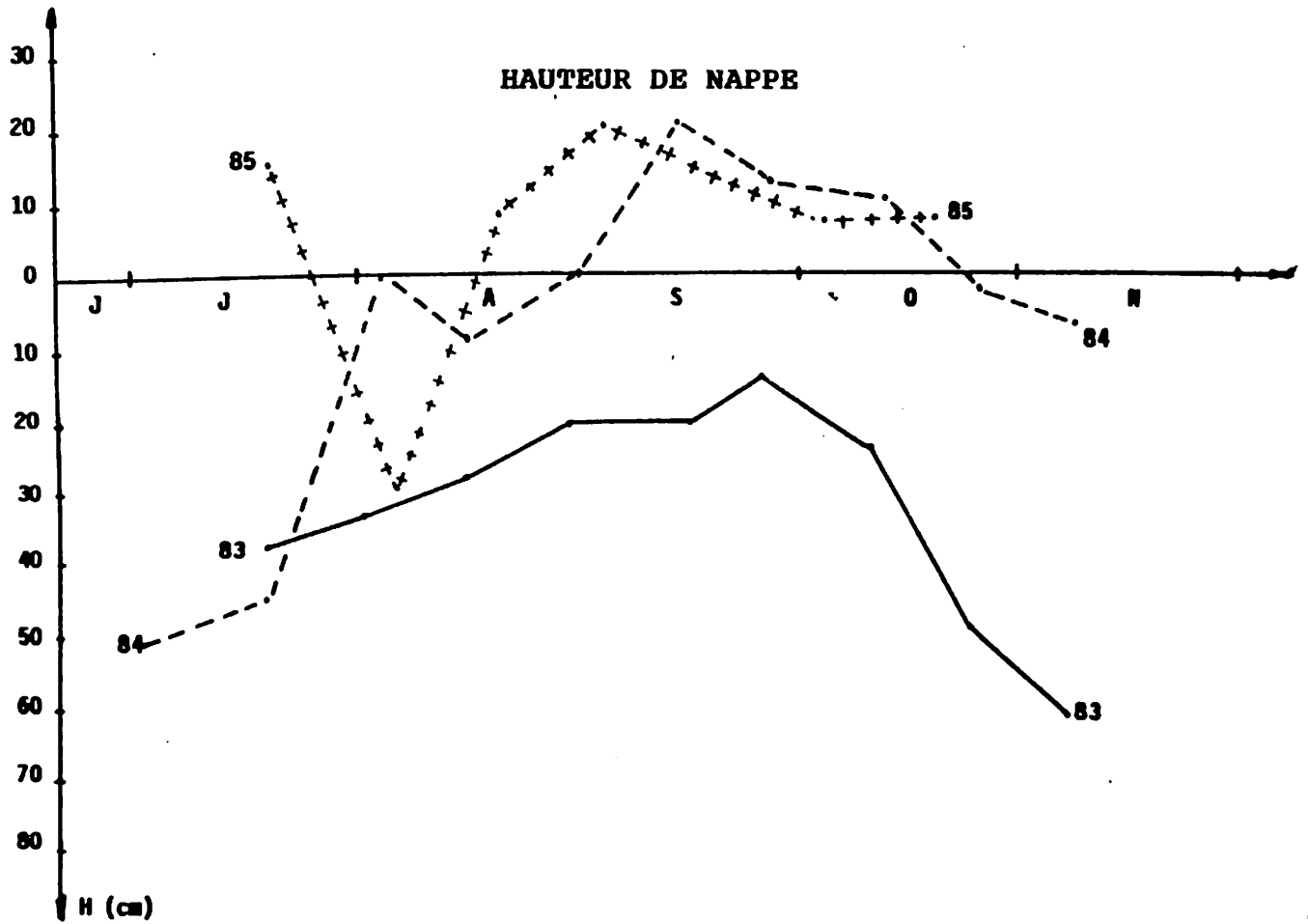
II.4.3. Analyse comparée du pH de la nappe phréatique durant les années 83, 84 et 85 : fig.3

Le pH des eaux de nappe est restée sensiblement le même durant les 3 campagnes de mesure. Les valeurs sont comprises la plupart du temps entre 4,5 et 7, toutefois les plus grandes valeurs ont été enregistrées durant le mois de septembre (pH = 7,0 le 08/09/83 ; pH = 6,8 le 02/09/84 et pH = 6,8 le 13/09/85).

* Le facteur de conversion est $1 \text{ mmhos/cm} = 0,75 \text{ g/l}$.

Fig. n°3

ETUDE COMPARATIVE DE LA NAPPE PHREATIQUE DURANT
LES CAMPAGNES 83-84-85
PIEZOMETRE SOUKOUTA 7 BLOC V PARCELLE 15



III - ETUDE COMPARATIVE DE L'EVOLUTION DE LA SALINITE DES SOLS DURANT LES CAMPAGNES 83,84 et 85 : fig. 4

(Soukouta 7) parcelle V - 15 Casier de Soukouta.

La parcelle choisie pour le suivi de la salinité et du pH du sol est la même que celle au niveau de laquelle la nappe phréatique a été étudiée. Elle est située dans le lit majeur du bolong à une côte légèrement supérieure à celle du marigot. Les sols sont sulfatés - acides et on rencontre en profondeur des racines de Rhizophora.

Au cours de l'hivernage 85, la parcelle d'essai a été endiguée et drainée sur les 4 côtés. L'évacuation des eaux de drainage a été effectuée grâce à une motopompe - type Guinard - équipée d'un moteur Bernard. Le débit de la motopompe est de 80 m³/heure.

La technique de préparation de sol utilisée au cours des 3 années d'études est le billonnage avec le kayendo.

Nous analyserons la salinité et le pH des horizons - 0-10 cm et 50-60 cm.

0-10 cm correspond à la couche intéressant le repiquage du riz et 50-60 cm est celle située immédiatement en dessous des drains.

III-1 - Salinité du sol : EC₁₅ (mmhos/cm) Fig. n° 4

III.1.1. Horizon 0-10 cm :

Si on compare les campagnes 83 et 84 où la parcelle d'essai n'a été ni aménagée ni drainée, on constate que le dessalement des couches superficielles a été plus intense durant l'hivernage 84 du fait de la bonne pluviométrie enregistrée aux mois de juin et juillet. Pendant plus de 15 jours on a noté que la conductivité électrique à l'extrait 1/5 était inférieure ou égale à 5 mmhos/cm (période du 20/07/84 au 15/08/84 puis du 10/09/84 au 30/09/84). Cette valeur est cependant largement supérieure au seuil de tolérance du riz EC_{1/5} = 1 mmhos/cm.

La remontée de la salinité observée durant la deuxième quinzaine du mois d'Août 84 s'explique en majeure partie par le déficit pluviométrique observé durant ce mois.

Les valeurs de C.E. les plus faibles enregistrées au cours de l'hivernage 84 se situent au mois de septembre avec CE_{1/5} = 2,5 mmhos/cm le 12/09/84).

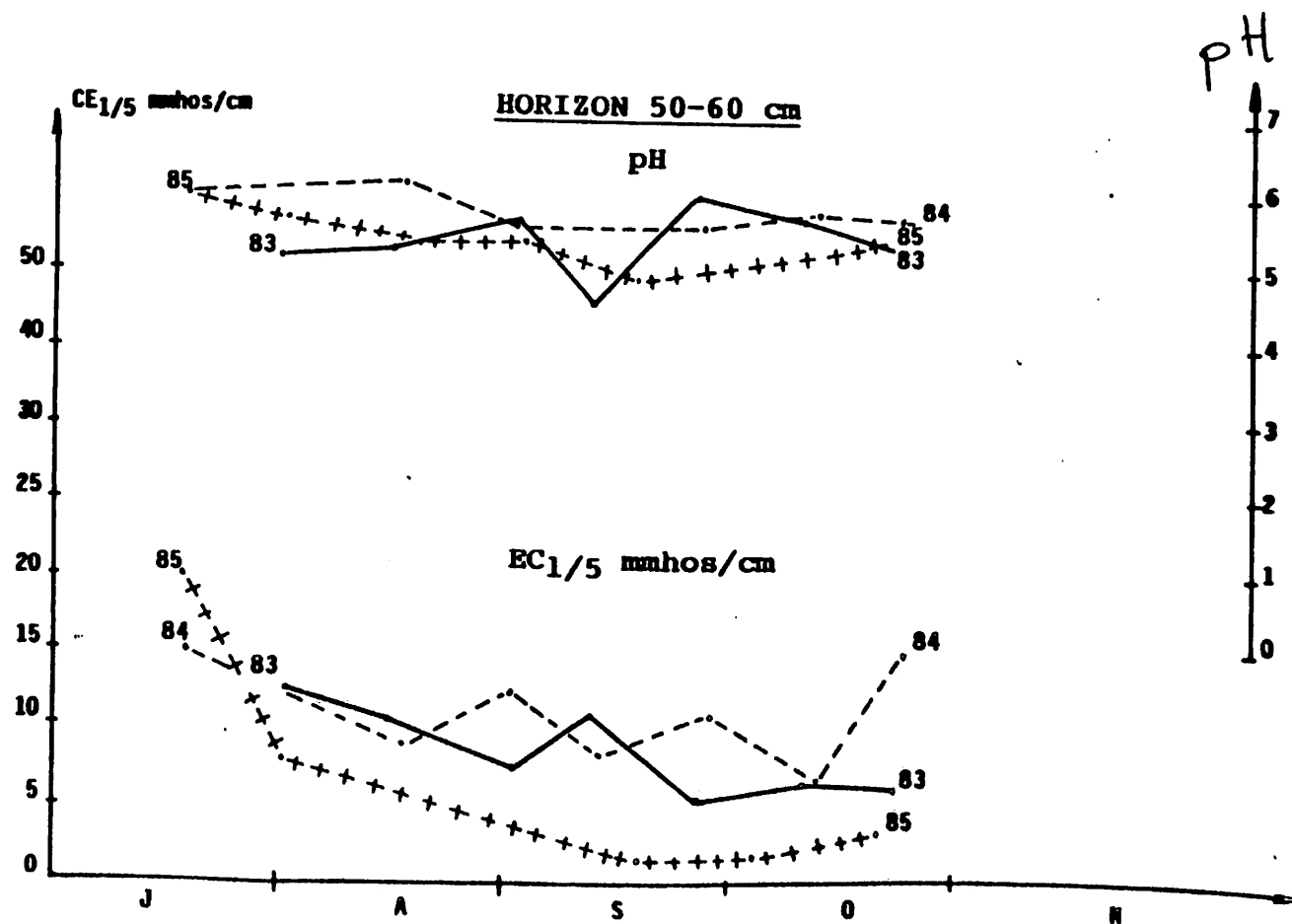
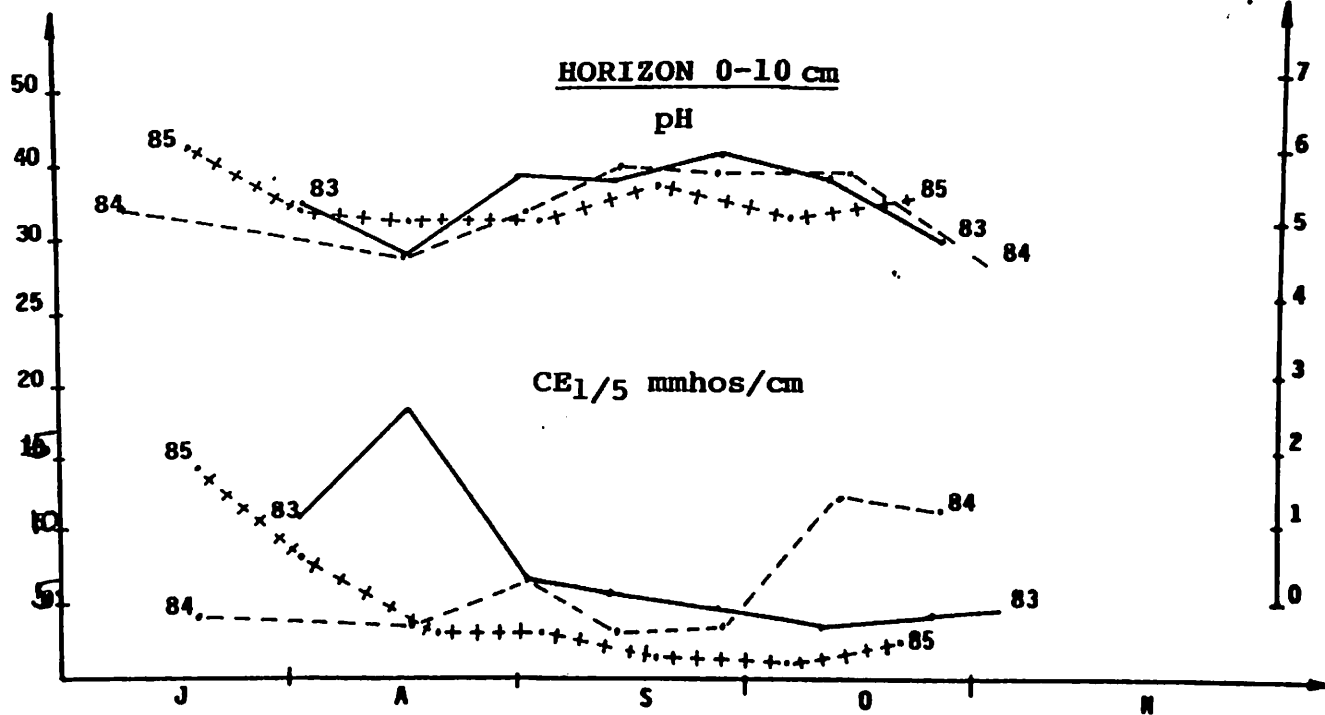
En 1983, les valeurs de conductivités < 5 mmhos/cm) ont été enregistrées pour une période relativement courte (15 jours) et à la fin de l'hivernage seulement (après 740 mm) (période du 10/10/83 au 25/10/83).

Si on compare la remontée de la salinité à la fin de l'hivernage pour les campagnes 83 et 84 on note une plus rapide remontée en 84. Les écarts de valeurs se situent régulièrement au-dessus de 5 mmhos/cm, dès le mois d'Octobre.

.../...

Fig.n°4

ETUDE COMPARATIVE DE L'EVOLUTION DU pH ET DE LA SALINITE DES SOLS DURANT LES CAMPAGNES 83-84-85
BLOC V PARCELLE 15



Cette rapide recrudescence de la salinité est surtout due à la présence de la nappe phréatique extrêmement salée à la surface du sol et également au fait que les portes du barrage soient restées fermées durant une période plus longue de temps favorisant davantage un confinement des eaux.

Dès le mois de Décembre on assiste à une situation inverse due cette fois à une admission d'eau salée du Fleuve en 83.

La situation en 1985 est totalement différente de celle observée les deux années précédentes. En effet, la parcelle d'essai a été aménagée et drainée sur les 4 côtés, l'hivernage 85 a été également meilleur du point de vue total pluviométrique (1302,4 mm à Ziguinchor).

C'est ainsi qu'on peut noter que le niveau de salinité de la couche 0-10 cm était au début de l'hivernage (18/06/85) à 24 mmhos/cm, mais avec les séries de pompage effectuées et grâce à la bonne pluviométrie du début du mois de juillet, la conductivité électrique est retombée à 14 mmhos/cm un mois plus tard (le 18/07/85). A la mi-Août (le 19/08/85) date qui correspond théoriquement à la période de repiquage du riz dans les rizières salées de Basse Casamance, la conductivité n'était plus que de 3 mmhos/cm et à la fin du mois de septembre elle était de 1,15 mmhos/cm.

Durant l'hivernage 85, les valeurs de conductivités électriques à l'extrait 1/5 \leq 5 mmhos ont été enregistrées pour une période allant du 20/07/85 au 03/10/85.

III.1.2. Horizon 50-60 cm :

Le phénomène observé en 84 est presque tout à fait identique à celui de la campagne 83. Les sols sont restés très salés (conductivité électrique à l'extrait 1/5 toujours supérieure à 5 mmhos/cm, même après les fortes pluies de juin, juillet et septembre 84).

Au cours de l'hivernage 85, on a noté cependant, un fort dessalement de cette couche située au niveau du plafond des drains. En effet, au début de l'hivernage la conductivité électrique affichait des valeurs relativement élevées $EC_{1/5}$ 15 mmhos/cm pour baisser en début juillet jusqu'à 6 mmhos/cm (période de pompage) et à la fin de l'hivernage (le 03/10/85) à 2 mmhos/cm.

La courbe de dessalement de cet horizon (fig. n° 4) est régulière. Les valeurs de conductivité électrique $EC_{1/5} \leq$ 5 mmhos/cm ont été enregistrées pour la période du 20/08/85 au 3/10/85. Ce qui du reste n'était pas le cas en 83 et en 84.

IV - ETUDE COMPARATIVE DU pH DES SOLS DURANT LES CAMPAGNES 83-84 et 85 (fig. n° 4)

(Soukouta 7) PARCELLE V-15 CASIER DE SOUKOUTA

Le pH est resté acide pour les deux horizons considérés (pH entre 4,8 et 6,2) et ceci durant les 3 années de suivis.

Il n'y a presque pas eu de grandes variations au cours des 3 hivernages considérés et les bonnes valeurs de pH permettent d'apprécier un certain degré d'évolution des sols sur une couche de 60 cm. Elles permettent également d'affirmer sans risque de se tromper que le facteur limitant

* Dans la parcelle située juste à côté (non aménagée et non drainée) les valeurs suivantes de $CE_{1/5}$ ont été enregistrées. Sur l'horizon 0 - 10 cm : 23 mmhos/cm le 18/06/85 ; 17 mmhos le 18/07/85 ; 9 mmhos/cm le 19/08/85 ; 4 mmhos/cm le 12/10/85.

à Soukouta n'est pas à l'heure actuelle, le risque d'acidification mais plutôt l'hypersalinité des eaux de nappe et des sols.

Ceci est d'autant plus vrai que, durant les années 83 et 84, malgré plusieurs dates de repiquage avec des plants d'âge différent, et des variétés de tolérance différente à la salinité, la mortalité a été totale moins d'une semaine après chaque repiquage. Les taux de salinité des sols et des eaux de submersion des casiers de même que celles de la nappe phréatique restaient toujours supérieurs au seuil de tolérance du riz.

En 1985, la parcelle d'essai repiquée le 09 septembre a vu le riz reprendre et résister à l'agression du sel pendant 50 jours environs, mais l'évaporation très forte à partir du mois d'Octobre et la présence de la nappe salée a provoqué une concentration des sels dans les eaux de submersion pénalisant gravement les plants de riz. La mortalité au 25 Octobre 85 est supérieure à 75 %.

V - MODELE DE GESTION DU BARRAGE - ECLUSE DE GUIDEL ET SYSTEME D'AMENAGEMENT DES TERRES SALEES SITUEES EN AMONT

Dans ce paragraphe, nous proposons pour la gestion du barrage - écluse de Guidel un modèle pratique qui a été testé depuis l'hivernage 84, de même que le système d'aménagement que nous pensons être le plus efficace pour une récupération rapide et une mise en valeur sûre des terres basses actuellement très salées.

En effet, à cause de la stratification des eaux dans la retenue phénomène très accentué aux cours des mois de juin, juillet et Août, il est recommandé que les différentes vidanges se fassent par ouverture partielle des vannes du barrage. Les eaux salées situées en profondeur parce que plus lourdes, sont alors éliminées en priorité et les couches supérieures moins salées sont retenues. L'ouverture totale telle qu'elle était pratiquée au cours de l'hivernage 83 provoquait un glissement des eaux moins salées en surface sur celles plus salées en profondeur. Par la méthode d'ouverture partielle on peut espérer atteindre plus rapidement de faibles valeurs de salinité et une homogénéisation des sels sur le profil (situation en septembre 84 et 85).

Les vidanges par le fond ont également une conséquence directe sur la nappe. On observe à cet effet (à cause des variations de pressions) un écoulement plus rapide de la nappe qui débouche dans le lit mineur et contribue en majeure partie au phénomène de stratification.

L'ouverture partielle des vannes du barrage provoque donc une vidange des eaux de la nappe phréatique très salée, par conséquent un rabattement du toit de cette dernière.

Si nous analysons de près, la situation des deux dernières années 84 et 85, nous constatons qu'il se dégage un certain nombre d'éléments pour la gestion du Barrage - Ecluse de Guidel. Une troisième expérimentation en 1986 permettrait de mesurer l'efficacité de la méthode proposée qui s'établit comme suit :

.../...

Au cours de l'hivernage :

. Le Barrage est fermé et les portes bloquées dans cette position dès le mois de juin (1ère décade). On attend que le niveau du plan d'eau atteigne la cote 1,40 + MPP avant de procéder à la première vidange. Cette cote permet d'inonder l'ensemble des rizières salées des terres basses. On peut alors espérer qu'une partie des sels du sol passeront dans l'eau de submersion des casiers et seront vite éliminés avec la vidange qui, elle, s'effectuera par ouverture partielle des vannes.

Le niveau du plan d'eau après vidange devra atteindre la cote 0,90 m + MPP. En année moyenne, la cote 1,40 m + MPP est atteinte en début juillet (1ère décade), après 300 mm de précipitations ;

. Entre la première vidange et la date du repiquage du riz qui se situerait vers le 10/09/85, on aura procédé à plusieurs séries d'ouvertures chaque fois que la cote du plan d'eau aura atteint 1,40 m + MPP. Théoriquement on aura procédé à 3 autres vidanges, au maximum, en année moyenne.

- 2ème vidange : fin juillet (après 600 mm de pluies)
- 3ème vidange : Mi-Août (après 800 mm de pluies)
- 4ème vidange : Fin Août début septembre (1000 mm de pluies).

. Après la 4ème vidange, dans la première décade du mois de septembre, les sols dans les casiers aménagés se seront suffisamment dessalés pour permettre un repiquage du riz. Le Barrage sera alors fermé les pluies du mois de septembre feront alors monter le niveau du plan d'eau jusqu'à la cote 1,50 m + MPP qui peut être atteinte à la fin de l'hivernage (début Octobre). A cette date les niveaux de salinité du marigot seront très bas pour permettre une série d'irrigation de complément si le besoin se fait sentir.

Si on considère que l'évaporation moyenne journalière se situe à 5 mm environ, on peut alors penser qu'on aura de l'eau à la cote 1,00 m + MPP jusqu'en février sans pour autant admettre de l'eau salée du Fleuve. Les sols potentiellement sulfatés - acides ne risquent pas alors une acidification parce que situés à une cote inférieure à 1,00 m + MPP .

Situation au cours de la contre - saison :

Le principe de la gestion de l'ouvrage en contre - saison tend à empêcher les risques d'acidification des sols potentiellements sulfatés - acides situés en profondeur et dans le lit mineur mais aussi à admettre le moins de sel de l'aval vers l'amont.

Le programme proposé pour la gestion en contre - saison prévoit que le niveau du plan d'eau se situerait à la cote 1 m + MPP au 15 Février et l'évaporation moyenne à 5 mm/jour.

Au moment où l'eau dans la retenue sera descendue jusqu'à la cote 1,00 m + MPP, le barrage sera ^{alors} ouvert jusqu'au niveau de 1,15 m + MPP. Avec l'évaporation de 5 mm/jour, il faudra le faire tous les 30 jours. C'est-à-dire le 15 Février, 15 Mars - 15 Avril. Les quantités de sel

admises seront au total, 55.000 tonnes.

Au début de l'hivernage (vers le 15 Juin) la côte du plan d'eau en amont de barrage sera de : 0,90 m + MPP et la salinité des eaux du bolong de plus de 70 g/l.

L'aménagement des sols salés en amont du barrage - écluse, doit être conçu de façon à permettre d'une part le rabattement de la nappe au début de l'hivernage et l'utilisation des eaux du bolong à partir du mois d'Octobre pour une irrigation de complément. Le système comme on le voit donc doit jouer un rôle double en fonction du profil des pluies.

L'aménagement que nous nous proposons d'étudier se base essentiellement sur une régularisation du bolong et sur la poldérisation des casiers à mettre en valeur agricole.

La digue longitudinale dont l'axe est parallèle au marigot se situerait dans le lit majeur à l'extérieur des sols potentiellement sulfatés acides en surface.

A l'intérieur des polders, les parcelles seront endiguées et drainées sur les quatre côtés (l'écartement maximum des drains restent à définir) ; l'évacuation des eaux salées des canaux de drainage se ferait par pompage au moment des vidanges par ouverture des vannes du barrage.

Le système tel qu'il est conçu devra permettre, grâce au pompage et au réseau de canaux à ciel ouvert peu profond (pour éviter les risques d'acidification des couches profondes), l'évacuation des eaux chargées de sel en début d'hivernage de même que celles en excès dues aux fortes pluies mais aussi l'admission d'eau douce du Bolong pour les besoins d'une irrigation de complément.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) - BARRY, B. & POSNER, J.L. (1985) - "Suivi de la Zone Salée" IIème Table Ronde sur les Barrages Anti-Sel Djibélor 12 - 15 Juin 1985
- (2) - Euroconsult (Avril; 1985) - Rapport des 6ème et 7ème missions d'Appui - Etude de l'Aménagement de la Plaine en Amont du Barrage de Guidel
- (3) - LOYER, J.L. & LAMAGAT (1985) "Typologie des Bassins Versants en Casamance" IIème Table Ronde sur les Barrages Anti-Sel Djibélor 12 - 15 Juin 1985
- (4) - MARIUS, C. & CHEVAL (1980) Carte Pédologique de la Vallée du Guidel ORSTOM - Dakar
- (5) - MONET, Y. (1970) études Hydrologique en Casamance ORSTOM - Paris
- (6) Rapport Annuel (1983) Programme Mise en Valeur des Bassins Versants des Bolongs de Basse Casamance C.R.A. / Djibélor
- (7) - Rapport Annuel (1984) Programme Mise en Valeur des Bassins Versants des Bolongs de Basse Casamance C.R.A. / Djibélor
- (8) - SOMIVAC (Juillet, 1980) projet de Mise en Valeur de la Vallée de Guidel - Aménagement des Terres et Vulgarisation Ziguinchor.

