

1580/11
MS/AL
REPUBLIQUE DU SENEGAL

PRIMATURE

CENTRE DE RECHERCHES AGRICOLES DE RICHARD-TOLL

1679
SECRETARIAT D'ETAT A LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

C1000214
N°155
ISR/CI

DRAINAGE ET TECHNIQUES DE MISE EN VALEUR
DES SOLS SALES : ACQUIS ET ORIENTATIONS
ACTUELLES DES RECHERCHES AU SENEGAL

JOURNEES TECHNIQUES - 10ème REUNION DU CONSEIL DES MINISTRES DU
COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES
BAMAKO DU 19 AU 27 FEVRIER 1980

JANVIER 1980

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES
(I. S. R. A.)

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

Cette communication, présentée à l'occasion des JOURNEES TECHNIQUES devant précéder la 10^{ème} REUNION DU CONSEIL DES MINISTRES DU CI.E.H. (COMITE INTERAFRICAIN D'ETUDES HYDRAULIQUES) a trait au% acquis et orientation actuelles des recherches au SENEGAL en matière de drainage et techniques de mise en valeur des sols salés (essentiellement DELTA DU FLEUVE SENEGAL et DE CASAMANCE). Les acquis se rapportent principalement à :

- la compréhension du mécanisme de salinisation et l'identification des facteurs essentiels dans l'évolution dans le temps et l'espace de la salinité du sol, de la nappe phréatique (nappe alluviale), de la nappe superficielle (eau de submersion des suites de la crue, des pluies ou de l'irrigation). Les études entreprises par Gora BEYE d'une part dans la Cuvette de BOUNDIOM-OUEST dans le Delta du Fleuve SENEGAL (1967-1968) et d'autre part dans les polders de MEDINA et DIEBA en Casamance ont Bté une contribution inestimable à la compréhension du phénomène dans les conditions de solshalomorphes et de régime hydrique propres au Sénégal.
- la mise au point de techniques de dessalement et mise en valeur adaptées aux conditions physiographiques et pédoclimatiques et qui ont pour nous :
 - . lessivage des sels et évacuation des-débits de lessivage par édification d'un réseau de fossés profonds (drains à ciel ouvert) reliés par des rigoles (en guise d'amélioration de la circulation del'eau).
 - . drainage par drains enterrés peu profonds et collecteur ouvert (système simple)
 - . drainage par drains enterrés profonds et collecteur ouvert (système simple).
 - . drainage par drains enterrés profonds et collecteur fermé (système complexe).
 - . maintien du dessalement naturel par l'eau de pluie des sols parasulfatés acides par la technique du paillage.

L'ensemble de ces techniques dedessalement et de mise en valeur des solshalomorphes au SENEGAL font l'objet de plusieurs rapports dont les plus actuels sont :

- 1 - LE DESSALEMENT DES TERRES SALEES DU DELTA DU FLEUVE SENEGAL - BILAN DE TROIS ANNEES D'EXPERIMENTATIONS (1970-73) ET PERSPECTIVES - JUIN 1973 - par M. MUTSAARS et J. VAN DER VELDEN.
- 2 - CONTROLE DE LA NAPPE SALEE DANS LE CASIER EXPERIMENTAL DES 120 HECTARES A RICHARD-TOLL - par TRAN MINH DUC (Agronomie Tropicale Volume XXVIII n°9 Septembre 1973).
- 3- UNE METHODE SIMPLE DE DESSALEMENT DES SOLS DE TANNE DE CASAMANCE : LE PAILLAGE - par Gora BEYE (Agronomie Tropicale Volume XXVIII n°5 MAI 1973).

S'agissant des Orientations actuelles des recherches en matière de mise en valeur des sols salés au Sénégal, elles s'articulent autour du contrôle des nappes salées et del'efficacité des techniques d'aménagement général. et interne des rizières en fonction des régimes hydrologiques (barrage-écluses).

A - LES SOLS SALES DU DELTA DU FLEUVE SENEGAL ET DE CASAMANCE : IMPORTANCE, CARACTERISTIQUES PHYSIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES, CONTRAINTES DE MISE EN VALEUR

I - SOLS SALES DE DELTA DU FLEUVE SENEGAL :

Comme pour toute zone deltaïque, le facteur essentiel ayant eu à présider la formation des unités géomorphologiques du delta du fleuve Sénégal est la présence de sels d'origine marine renfermant du chlorure de sodium et surtout des sulfates et du soufre organique qui, par transformations biochimiques ont donné à la plupart des sols leurs caractéristiques physico-chimiques actuelles. Formé essentiellement de zones basses (cuvettes) et de zones hautes (levées fluviodeltaïques), le delta du fleuve Sénégal couvre une superficie totale brute de 370 000 ha ainsi répartis :

- 145 000-ha côté Mauritanie sur lesquels 25 000 ha sont constitués par les cuvettes dont 500 ha aménagés (actuel oasis rizicole de M'Pourié) et près de 1 000 ha récupérables moyennant recours à des techniques de dessalement appropriées.
- 225 000 ha au Sénégal avec 60 000 ha de cuvettes dont 12 000 ha aménagés actuellement par la SAED pour la riziculture et près de 23 000 ha récupérables par dessalement.

Les sols salés de cuvettes du delta sont pour la plupart des sols salins à structure non dégradée (classification de l'ORSTOM) et en se basant sur la dynamique des différentes formes du soufre des sols sulfatés acides ou non acides (THIONIC FLUVISOLS). Morphologiquement, ces sols présentent une couche argileuse (40 à 60 % d'argile) en dessous de laquelle on trouve dans 50 % des cas une couche sableuse à sablo-limoneuse à faible profondeur (moins d'un mètre) souvent liée et surmontant une couche vaseuse de limon plus ou moins argileux. Du point de vue physico-chimique et hydrologique, ces sols se caractérisent par :

- une salinité variant dans une gamme assez large de 2 000 à 10 000 micromhos (conductivité de l'extrait 1/5) ; cette salinité étant chlorurée sur le plan anionique et sodique à sodico-magnésienne sur le plan cationique.
- la présence à faible profondeur (1 m à 1,50 m) d'une nappe alluviale très chargée (1,5 à 2 fois plus concentrée que l'eau de mer), alcalinisante et dont le régime est conditionné par la submersion, les pluies et l'évaporation.

De tout ce qui précède, il ressort que les contraintes de mise en valeur de ces sols sont essentiellement dues aux deux facteurs : salinité du sol et présence d'une nappe phréatique hyperchlorurée alcalinisante.

II - SOLS SALES DE CASAMANCE

La Casamance est sans nul doute la région du Sénégal ayant la vocation la plus évidente pour la riziculture aquatique (riculture douce et salée) moyennant certains aménagements et techniques culturelles appropriées. Les "unités naturelles d'équipement" vouées à la riziculture dans cette région sont :

- les bas-fonds non salés
- les plaines alluviales à sols plus ou moins salés acides

- le domaine fluvio-marin à sols sulfatés aoides consacrés à bonne année pluvieuse à la pratique de la riziculture traditionnelle.

L'ensemble "plaines alluviales et domaine fluvio-marin" couvrant dans cette région une superficie de 52 000 ha pose pour sa mise en valeur des problèmes de dessalement et drainage par suite des caractéristiques physico-chimiques des sols constitutifs. Subissant annuellement des phases de dessalement superficiel (en saison des pluies) et de resalinisation soit par évaporation en saison sèche (cas des sols des plaines alluviales) soit par contamination de l'eau de mer (cas de sols du domaine fluvio-marin) les sols de cet ensemble présentent les caractéristiques physico-chimiques communes suivantes :

- salinité plus ou moins forte (Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-}) pouvant atteindre 15 000 micromhos (extrait 1/5)
- forte acidité (pH pouvant atteindre 2 à 3 notamment quand ces sols sont exposés à l'oxydation)
- présence de toxines diverses de métaux lourds (aluminium, fer etc).

Si dans le cas des sols salés du delta du fleuve Sénégal les deux contraintes principales de mise en valeur sont la salinité du sol et de la présence d'une nappe alluviale hyperchlorurée et alcalinisante, dans le cas des sols salés de Casamance une troisième contrainte s'ajoute : l'acidité et la présence de toxines*

Cet aperçu sur les sols salés du Delta du fleuve Sénégal et de Casamance nous montre un énorme potentiel de terres (près de 75 000 ha au total) dont la mise en valeur rationnelle devrait contribuer en partie à la résorption du déficit vivrier (riz) tant aux niveaux régionaux que national. Pour ce faire, des techniques appropriées permettant de lever les contraintes inhérentes à des sols se doivent d'être mises au point par la recherche agronomique. Ce qui justifie les opérations de recherche entreprises à ce jour et axées d'une part sur la compréhension des mécanismes d'évolution de la salinité des sols et d'autre part sur les techniques de dessalement et drainage les plus économiques et les plus adaptées aux conditions du milieu pédoclimatique. Nous nous contenterons dans tout ce qui va suivre de faire la synthèse des résultats des différentes expérimentations conduites au Sénégal en la matière.

B - LES ACQUIS EN MATIERE DE RECHERCHE SUR L'EVOLUTION DE LA SALINITE DANS LES FORMATIONS SALEES

Nous nous limiterons dans ce paragraphe aux résultats de l'étude entreprise par Gora BEYE sur la cuvette de BOUNDOM-OUEST entre 1966 et 1968 et publiés sous le titre : "BILAN DE DEUX ANNEES D'ETUDE DE L'EVOLUTION DE LA SALINITE DANS LA CUVETTE DE BOUNDOM-OUEST DANS LE DELTA DU FLEUVE SENEGAL"

La cuvette ayant fait l'objet de l'étude couvre une superficie de 1 600 ha à dominance de sols salés sulfatés et sulfatés acides, présentent des nappes alluviales salées et alcalinisantes (teneur en sodium et taux d'absorption du sodium élevés)!

Le dispositif retenu pour les besoins de l'étude est constitué par 5 carrés latins divisés chacun en 64 carrés élémentaires pour les prélèvements de sol et comportant chacun un piézomètre enfoncé à 150 m dans le sol pour le suivi

de l'évolution de la nappe alluviale. La périodicité des prélèvements de sol est mensuelle d'Août à Janvier et d'Avril à Juillet (saison sèche) durant les deux années d'étude et des prélèvements de l'eau de surface sont effectués le cas échéant à l'intérieur des carrés latins. Sur les échantillons de sol et d'eau sont effectuées les mesures de conductivité électrique, pH et extrait sec.

Le bilan des résultats des deux années d'étude fait ressortir les conclusions essentielles suivantes :

- 1 - la salinité du sol évolue fortement au cours de l'année, avec une baisse très nette durant toute la période d'inondation (Septembre à Janvier) : 33 % en moyenne de baisse de la salinité du sol par rapport à ce qu'elle était avant l'arrivée de la crue (mois d'Août). Le dessalement du profil de sol se fait de haut en bas, l'horizon 0-10 cm étant généralement le plus dessalé. Dans ce processus de dessalement l'eau d'irrigation joue un rôle prépondérant à condition qu'elle puisse circuler.
- 2 - l'eau de la nappe alluviale, quoique se diluant en saison des pluies a une action de salinisation du sol surtout pendant la saison sèche due au fait que cette nappe tout en étant située en profondeur (1 à 1,50 m) maintient le profil de sol humide et sous l'action de l'évaporation intense les sels diffusent vers les horizons superficiels par capillarité.
- 3 - le dessalement des horizons de surface obtenu pendant l'inondation est annulé par l'action salinisante de la nappe alluviale en saison sèche de sorte que la salinité globale reste quasiment constante.
- 4 - l'amélioration des sols salés du delta dépend essentiellement du bilan au profit du lessivage par la régulation et l'abaissement de la nappe.

Il ressort de ces conclusions d'étude d'évolution de la salinité que les techniques de mise en valeur des sols salés doivent toutes tendre vers l'amélioration du lessivage des sols et de la circulation de l'eau d'irrigation, le drainage et le contrôle de la nappe alluviale. C'est dans cette optique que des études de dessalement, contrôle de la nappe alluviale, maintien du dessalement obtenu par les eaux de pluie ont été entreprises dans le delta et en Casamance. Nous nous proposons dans ce qui va suivre d'en faire la synthèse des résultats.

C - ETUDES DE TECHNIQUES DE DESSALEMENT ET DRAINAGE

C₁ - CAS DU DELTA DU FLEUVE SENEGAL

1 - BILAN DE TROIS ANNEES D'EXPERIMENTATIONS DE DESSALEMENT ET DRAINAGE SUR LE CASIER DE BOUNDOUN-OUEST (1970-1973)

En 1969, la SAED a eu à aménager un oasis expérimental de 100 ha pour l'étude du dessalement dans la cuvette très salée de Boundoun-Ouest. L'étude confiée au Projet Hydro-agricole de la FAO avait pour but de tester les possibilités de dessalement par drainage profond dans des zones où la couche argileuse de surface n'excède pas 1 mètre. Une superficie de 80 ha a été consacrée à l'expérimentation. Les différents écartements et profondeurs de drains enterrés et ouverts testés sont les suivants :

Parcelle	Ecartement en m	Type de drain	Profondeur
Parcelle 1	200	ouvert	1,50
II	100	"	"
" III	100	"	1
" IV	33	"	1,50
Parcelles IV de 1 à 4	50	Enterré	1,80
	75	"	
Parcelles IV de 9 à 11	100	"	1,80

Des amendements à base de gypse (0, 4, 8, 12, 16, 20, 25 et 40 tonnes/ha) de chaux (6 tonnes/ha) et de coquillages broyés ont été testés dans le but de l'amélioration de la perméabilité du sol et par conséquent du lessivage des sels,

Le labour profond, suivi ou non d'un passage au chisel, l'enfouissement de chaume de riz, le drainage par charrue-taupe et la technique du billonnage (en vue du lessivage superficiel des sels) ont été introduits dans le schéma d'expérimentation. Par ailleurs, un grand nombre de mesures qualitatives et quantitatives ont été faites sur l'eau d'irrigation et de drainage ainsi que sur le sol.

Le bilan des trois années d'expérimentation a permis de tirer les conclusions ci-dessous :

- une percolation de 400 mm sans interruption de plus de 50 jours aboutit à un dessalement de 90 % par rapport à la salinité initiale (40 à 50 millimhos : dans l'extrait de pâte saturée) dans l'argile de surface et 80 % sur tout le profil jusqu'à 1 mètre de profondeur. Avec une percolation de 600 mm, un dessalement de 91 à 95 % est obtenu.
- pour maintenir la balance du sel dans l'état où elle a été rendue après 3 saisons d'irrigation, un minima de percolation est requis
- la vitesse de resalinisation du profil de sol par la nappe phréatique se fait à raison de 1 % de resalement de la couche de surface (0,30 à 0,40 mètre) en 10 jours en saison sèche. Des techniques culturales telles que le mulching ou l'offset permettent de diminuer l'importance de l'évaporation, donc le resalement.
- l'action du gypse sur la percolation est manifeste et en relation avec l'importance de la dose. Son emploi est subordonné à un planning de mise en valeur et de diversification des cultures. Pour une double culture annuelle de riz, l'application du gypse n'est pas strictement nécessaire par contre pour une seule culture par an, une dose de 4 à 5 t/ha est recommandée pour améliorer l'infiltration et accélérer le dessalement et éviter le resalement pendant la saison sèche. La chaux ne paraît pas être un amendement adapté aux sols argileux lourds du Delta.
- dans les conditions de sol du delta la technique du drainage profond est la seule efficace pour le dessalement des sols. "L'intensité" de drainage est dépendante d'une part des caractéristiques physiques du

sol et d'autre part du-type-de culture. à appliquer. La profondeur des drains est déterminée d'un côté par la stratification de la couche entre 1 et 2 mètres et d'autre part par les exigences des végétaux. Dans les conditions de BOUNDOUN-Ouest, la profondeur de 1,60 m est le plus efficient aussi bien pour la riziculture que pour les cultures de diversification. S'agissant de l'équidistance des drains, un écartement de 75 à 200 mètres est suffisant pour dessaler et ensuite maintenir l'équilibre du sel dans le sol dans les conditions de la cuvette de Boundoun-Ouest où la transmissivité varie entre 0,5 et 1,5 m²/j et la perméabilité entre 0,5 et 2 m/j.

Le système de drainage avec drains enterrés s'écoulant par un puits de regard et un collecteur fermé dans un bassin d'où l'eau de drainage est pompée dans un réseau de vidange peu profond est le mieux adapté aux conditions du delta.

f) du point de vue mise en culture, le processus de dessalage implique une submersion continue incompatible avec une autre culture que le riz. C'est ainsi que pour la première campagne et jusqu'à obtention d'un dessalage sur 50 à 60 cm, une variété de riz rustique est recommandée (D52-37, SR26B). Une fois le dessalage est acquis sur 1 mètre, des cultures de diversification avec irrigation intermittente peuvent être introduites.

g) s'agissant des aspects économiques de l'aménagement avec drainage, la comparaison des frais d'investissement requis pour les différents systèmes (drains ouverts, drains enterrés avec émissaire ouvert ou collecteur fermé) montre que :

- un aménagement avec drains ouverts revient plus cher qu'un aménagement avec drains enterrés dans le cas d'un sol salé imposant un drainage immédiat (respectivement 460 000 F CFA/ha et 350 000 F CFA/ha dont respectivement environ 200 000 et 100 000 F CFA/ha pour le drainage).
- les différences de prix entre système de drains enterrés avec émissaire ouvert et collecteur fermé sont négligeables
- si un réseau de drainage est surajouté à un réseau d'irrigation existant dans lequel il a été tenu compte de l'installation future de ce réseau, le drainage avec collecteur fermé est de loin le plus avantageux.
- les frais annuels d'un aménagement avec drainage pour une récolte par an sont fixés à 15 000 F CFA/ha. Les dépenses pour la riziculture s'élèvent par récolte à 40 000 F CFA/ha.
- le taux de rendement interne d'un système de drainage installé dès le départ est de 10 % et le revenu par hectare de 21 700 F CFA.

2 - CONTROLE DE LA NAPPE SALEE DANS LE CASIER EXPERIMENTAL DES 120 HECTARES A RICHARD-TOLL

Les études préliminaires (pédologie et drainabilité) entreprises sur le casier rizicole de Richard-Toll avant sa reconversion en casier sucrier avaient mis en évidence les dangers de resalinisation des sols suite à une remontée du sel présent dans les horizons sous-jacents de remontée de la nappe salée présente à 2 mètre de profondeur environ sur l'ensemble du périmètre. Des techniques de contrôle de la nappe avaient été préconisées par les auteurs de ces études préliminaires et il convenait de vérifier en vraie grandeur leur efficacité. Pour ce faire un casier de 120 ha a été aménagé et subdivisé en trois

grandes zones à système d'irrigation différent (aspersion, semi-submersion, irrigation à la raie). Les études menées par une équipe de l'IRAT (Tran Minh DUC avec la collaboration de C. DANCETTE, GILLET, BARAN et RIDDEHS) entre 1968 et 1970 consistaient à comparer pour chaque système d'irrigation les deux systèmes de drainage :

- fossés ouverts de profondeurs 1,80m ou 2,50 m
- drainaplastiques (P.V.C.) enterrés à 1,30 m ou 1,80m de profondeur et espacés de 50 ou 100 m.

Le dispositif d'étude comprenait :

- . un émissaire principal évacuant les eaux des divers systèmes de drains et colatures vers une station d'exhaure
- , une station de jaugeage constituée d'un déversoir REHBOCK d'une échelle limnimétrique et d'un limnigraphe enregistreur pour le contrôle des volumes d'eau exportés.
- des tubes piézométriques (tubes en P.V.C. de 3 m de longueur, 5 cm de diamètre comportant des crépines de 1 m à 1,20 m de longueur)

La salinité des eaux d'irrigation, de drainage et de la nappe étaient mesurées hebdomadairement ou mensuellement suivant l'époque de l'année.

Le Bilan des deux années d'étude s'établit comme suit :

- a) Du point de vue salinité de la nappe, après deux campagnes de culture un dessalement de la surface de la nappe a été observé.
- b) pour le contrôle de la nappe, les drains enterrés sont peu et même non efficaces.
- c) les drains ouverts profonds espacés de 250 m à 400 m contrôlent efficacement la remontée de la nappe salée. Ceci ne dispense pas de suivre périodiquement sa profondeur en des endroits défavorables et d'assainir la surface de certains secteurs par le creusement de rigoles empêchant toute accumulation prolongée de l'eau. Cette dernière opération faisant partie des techniques culturales est une des contraintes que l'exploitant doit supporter.
- d) si la faiblesse de la percolation permet un espacement important des drains pour le contrôle de la nappe salée, elle constitue un facteur défavorable au dessalement des sols ou du contrôle de leur salure. Une amélioration de la perméabilité du sol (amendements, apports d'eau chargée de calcium, sous-solage), une irrigation tendant vers la submersion prolongée, combinées à un resserrement des drains pour évacuer le débit de lessivage sont les mesures appropriées pour obtenir un dessalement effectif.

C2 - ETUDE DE DESSALEMENT EN BASSE-CASAMANACE

Nous nous limiterons à l'étude de dessallement entreprise par G. BEYE sur le polder de Médina pendant quatre ans (1970 à 1973) axée sur l'amélioration des techniques simples de maintien du dessallement des sols salés subissant un dessallement par l'eau de pluie et des marées.

Sur un sol de tanne parasulfaté acide excessivement salé subissent un dessallement naturel. par les eaux de pluie et de marée, les actions, du paillage, du mulch par un labour superficiel sur le dessallement, le pH et le développement du riz ont été suivies.

Le bilan de cette étude se **présente comme** suit :

- a) les pluies d'hivernage lessivent **fortement** les sels
- b) le **paillage** maintient le **dessalement** et réduit la salinité initiale des horizons superficiels de 50 % en quatre **ans** malgré des années peu pluvieuses ; ce **dessalement** a été suffisant pour permettre une **culture** de riz en année normale. Le **paillage** **relève également le pH**.
- a) le **mulch** du sol par un labour léger provoque une accumulation de sel **en surface** en **saison** sèche se traduisent par une perte du **gain** de lessivage d'hivernage.
- d) les techniques **comme** le labour ou le **billonnage** en fin d'hivernage ne **peuvent** aboutir à un **dessalement**.

Les résultats de ces différentes études de **dessalement** et **drainage** montrent **que** les techniques de **mise en valeur** des sols **salés** sont diverses et leur efficacité **dépend** des caractéristiques morphologiques du sol et des **contraintes** **pédoclimatiques** du milieu. Les techniques **requérant** le minimum d'**investissement** sont sans doute celles vers lesquelles il convient de s'orienter à l'**avenir**.

D - ORIENTATIONS ACTUELLES DES ETUDES EN MATIERE DE DESSALEMENT ET DRAINAGE

Avec la **mise en eau** des barrages de **Diana** et de **Manantali**, la pratique de la culture irriguée intense deviendra une réalité dans la région du Fleuve. Cette culture irriguée intense sous-entend l'application au sol de grosses quantités d'eau qui auront des répercussions sur le sens d'**évolution** des nappes **phréatiques** ; c'est dire que pour le bassin des études à **moyen et long terme** se devraient d'**être** entreprises pour le suivi de l'évolution des différentes nappes **phréatiques** dans l'optique de la culture irriguée intensive. Ces études à vocation **régionale** (intéressant les trois pays de l'O.M.V.S.) se doivent d'**être orientées** vers l'évolution des nappes **phréatiques** **en** fonction des **aménagements** hydrauliques et **hydroagricoles**.

S'agissant de la **Casamance**, les études s'**articulent** autour de l'**efficacité** des techniques d'**aménagement** général et interne des rizières en fonction des **régimes hydrologiques** (barrages-écluses).

Un **programme** de recherche **inter-africain** **en** matière de **dessalement** et **drainage** des sols est à notre avis souhaitable pour gagner du **temps** en concentrant les efforts de recherche.