



Caractérisation agronomique, économique et biophysique du continuum bas fond : cas des complexes sahéliens et soudano-sahéliens du sine-saloum au SENEGAL

Maméri CAMARA^{1*}, Mohamed KEBE² & Miézan M. KOUAMÉ²

¹Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), 20 BP 938 ABIDJAN 20, Côte d'Ivoire

²ADRAO-SAHEL BP 96 SAINT-LOUIS, Sénégal

*Auteur pour les correspondances (E-mail : Camara_mameri@yahoo.fr)

Reçu le 04-05-2005, accepté le 07-02-2007.

Résumé

La productivité rizicole dans les complexes de bas fonds pluviaux notamment ceux des régions sahéliennes et soudano-sahéliennes dépend de la maîtrise de l'eau. A l'Ouest du Sénégal, dans la région du Sine Saloum, la salinité des bas fonds résulte du contact avec un bras de mer. Pour lever les effets néfastes de la salinité et autoriser la maîtrise de l'eau, une digue a été édifiée dans les bas fonds du village de Ndour Ndour. Pour rentabiliser cet ouvrage, des activités agricoles ont été initiées sous l'impulsion des partenaires au développement. Le rôle de la recherche dans ce partenariat a consisté entre autres activités à la caractérisation agronomique, économique et biophysique du continuum bas fond. La reprise de la riziculture de bas fond s'inscrit dans cette nouvelle dynamique avec une amélioration de la productivité et l'adhésion des hommes à cette activité jusque-là réservée aux femmes. Il faut retenir que les sols sont essentiellement sableux en surface et que la retenue d'eau douce (digue) élimine le sel des sols qui deviennent propices pour l'agriculture.

Mots clés : caractérisation, bas fond, riziculture, productivité, salinisation, digue, collaboration.

Abstract

Agronomic, socio-economic and biophysic characterization of lowland continuum : case study of Sine Saloum sahelian and sudanese-sahelian complexes in SENEGAL.

Rice productivity in rainfall lowlands complexes such as sahelian and sudanese sahelian regions, depends on water control. In western Senegal Sine Saloum Region, lowlands salinity is due to sea contact. To reduce negative salinity effects and maintain good water control, a dam was built in Ndour Ndour village. To optimize input of this dam, agricultural activities were conducted with extension partners. The main role of scientists in this partnership is the agronomic, economic and biophysical characterization of lowlands continuum. Lowlands rice cultivation in this new context is characterized by significant productivity improvement and male's effective involvement in this activity, so far conducted by women. The study showed that most soils are sandy; in addition and the dam allows to maintain river water in place and to eliminate salts, making soils suitable for agriculture.

Key words : characterization, lowland, rice culture, productivity, salinisation, dam, collaboration.

1. Introduction

Le riz, denrée très consommée au Sénégal, est cultivé sur toutes les positions topographiques notamment dans les bas fonds où le potentiel de rendement est supérieur à celui des plateaux (5 à 6 t/ha au lieu de 2 à 3 t/ha respectivement dans le bas fond et sur le plateau). Les superficies des bas fonds exploitables pour augmenter la production du riz en Afrique de l'Ouest, de façon substantielle, sont estimées entre 20 et 50 millions d'hectares (WARDA, 2004) .

Les « bas fonds » sont définis comme les fonds plats ou concaves de la partie amont des réseaux de drainage. Ils représentent généralement des écosystèmes spécifiques et essentiels au sein des paysages tropicaux. Ce sont des axes de convergence préférentielle des eaux de surface, des écoulements hypodermiques et des nappes phréatiques alimentées par les pluies. Leurs sols sont engorgés ou submergés pendant une période plus ou moins longue de l'année par une nappe d'eau correspondant à des affleurements de nappe phréatique et à des apports par ruissellement (Kilian *et al.*, 1999).

Dans la région du Sine-Saloum au Sénégal, tous les bas fonds sont en contact direct avec un bras de mer. Des études, enquêtes et diagnostics participatifs ont montré que ce contact provoque la salinisation (Mbodj, 1995 ; Mbodj, 2001 « résultats non publiés »). L'une des conséquences de cette salinisation est la dégradation des terres cultivables entamant ainsi les potentialités édaphiques, floristiques, fauniques et hydriques des bas fonds. Pour lutter contre ce phénomène, le Projet Auto-Promotion et Gestion des Ressources Naturelles au Sine-Saloum (PAGERNA) a construit des digues qui non seulement permettent d'éliminer la cause de la salinité, mais, également, de stocker de l'eau douce pour lessiver les sols et constituer ainsi une réserve d'eau douce au-dessus de la nappe salée.

Suite à la réalisation de l'ouvrage à Ndour Ndour, la GTZ/ KAOLACK (ex PAGERNA) a sollicité le concours de l'Agence Nationale du Conseil Agricole et Rural (ANCAR), de la Direction du Développement Rural (DDR), et de la station de Saint-Louis du Centre du Riz pour l'Afrique-ADRAO en vue de définir ensemble les stratégies les plus appropriées pour une exploitation productive et durable des bas fonds en riziculture.

Les études réalisées dans ce cadre par l'ADRAO portent principalement sur la détermination des variétés performantes, la mise au point de stratégies de fertilisation adaptées à la riziculture pluviale des bas fonds et sur la caractérisation biophysique et agro socio-économique du terroir de Ndour Ndour.

La caractérisation, objet du présent travail, est initiée en vue d'une part, d'apporter des innovations aux pratiques traditionnelles et, d'autre part, de se faire une opinion sur la disponibilité de l'eau dans le bas fond pour la riziculture fondée sur une meilleure connaissance du milieu physique.

2. Matériel et méthodes

La diversité des milieux de culture du riz (plateau, versant, zone hydromorphe, bas fond, zone irriguée) recommande, pour une meilleure compréhension du rendement obtenu, que l'on procède d'une part, à la caractérisation biophysique du continuum bas fond et, d'autre part, à la caractérisation agro socioéconomique des populations concernées. Deux outils sont utilisés dans ce cadre. Il s'agit de la Méthode Active de Recherche et de Planification Participative (MARP) et des outils de caractérisation utilisés par le Consortium Bas Fonds (CBF).

L'objectif visé par l'utilisation des outils MARP (Ann *et al.*, 1995 « résultats non publiés ») est l'amélioration de la productivité par le remplacement des pratiques «traditionnelles» par des technologies «modernes». Il s'agit de faire adopter des «paquets technologiques». Pour cela, il est nécessaire de connaître, au préalable, les milieux social, humain, financier, naturel, physique... En effet, la connaissance de tels milieux facilite la détection des procédures pour l'adoption des technologies, des méthodes d'appui et d'intervention en milieu rural. Les outils participatifs utilisés pour la présente étude sont le profil historique, la carte du terroir villageois, le transect, le diagramme de Venn, la carte des ressources, le focus group, la matrice d'identification des activités économiques et du calendrier des activités agricoles et de classification des contraintes...

Les outils de caractérisation biophysique utilisés sont issus des documents élaborés par le Consortium Bas Fonds (CBF) (Kilian *et al.*, 1999). Cette caractérisation va porter sur : a) la typologie des bas-fonds ; b) les types de sol ; c) la dynamique de la nappe phréatique ; d) la flore adventice.

2.1. Typologie des bas-fonds

La typologie est limitée à la description des formes des bas-fonds.

2.2. Types de sols

Des profils de sols implantés le long de la ligne de plus grande pente sont décrits suivant la classification française (version, 1967 « résultats non publiés »). Le statut physico-chimique des sols est déterminé à partir d'échantillons prélevés dans les profils implantés lors des descriptions (près de la digue, partie médiane du bas fond, partie supérieure et amont). Les analyses sont effectuées par le laboratoire de la station de l'ADRAO de Saint-Louis.

2.3. Dynamique de la nappe phréatique

Elle a été suivie à travers la détermination des niveaux d'eau dans les piézomètres implantés dans le bas-fond. Les relevés du niveau de la nappe sont effectués une fois toutes les semaines et après chaque pluie. Des échantillons d'eau sont également prélevés dans les piézomètres de façon périodique en vue de suivre l'évolution de l'acidité et de la salinité au cours du cycle cultural.

2.4. Flore adventice

Les adventices qui colonisent les bas fonds sont identifiées. Il faut souligner que la présence de certaines espèces est indicatrice de la présence du sel dans les sols des bas fonds.

3. Résultats

3.1. Caractérisation agronomique et économique

3.1.1. Milieu humain et physique de Ndour Ndour

3.1.1.1. Profil historique du village de Ndour Ndour

Il ressort des entretiens avec les anciens que Ndour Ndour a été fondé par une famille portant le nom de Ndour. Le village a été réoccupé en 1912 par Birame Tening Sarr, après le départ des «Ndourènes». Les premières cultures auxquelles les populations se sont adonnées sont, par ordre d'importance, le mil, l'arachide, le riz et le sorgho. Le maraîchage a été introduit en

1954, avec la tomate qui était prisée par les colons présents dans la contrée.

L'inondation de 1955 (après la première de 1930) a entraîné l'abandon de la culture du sorgho au profit du riz. En 1963, suite à une sécheresse, les bas-fonds vont être abandonnés à cause des difficultés de rétention des eaux pluviales. Ainsi, les rizières sont transférées vers les plateaux « tannes », avec des rendements faibles et décroissants.

La reprise de la riziculture de bas fonds est consécutive à l'intervention en 1999 du Projet Allemand de Gestion des Ressources Naturelles (PAGERNA) qui a érigé un barrage en vue d'endiguer les eaux de mer pour combattre la salinité et permettre la rétention des eaux hivernales. La réalisation de cet ouvrage a permis, non seulement la relance de la riziculture mais, également, l'adhésion massive des hommes en l'an 2000 à cette pratique jusque-là réservée aux femmes (S. Mbodj, 2003, « résultats non publiés »).

3.1.1.2. Transects

Deux transects ont été implantés en vue de se faire une opinion sur l'environnement physique et sur l'occupation de l'espace. Les données obtenues sont consignées dans les tableaux 1 et 2.

Transect du village au bas-fonds Le relief du village est relativement plat dans son ensemble avec de légères variations de pentes au niveau du bas de pente qui comporte les bas-fonds.

La coupe transversale du transect montre que les espaces qu'il traverse sont occupés par :

- des champs de culture pluviale, d'une superficie de 30 ha (estimation des villageois),
- des habitations et autres structures,
- et des rizières au niveau des bas fonds.

Transect du bas fond Le transect du bas-fond a permis d'une part, d'évaluer l'étendue de celui-ci estimée à 50 ha dont 30 ha sont exploités et, d'autre part, de noter l'existence d'un barrage anti-sel.

La coupe transversale d'Ouest en Est du bas fond montre que l'exploitation des sols varie de part et d'autre du barrage. Ainsi, en amont, les populations s'adonnent à une exploitation du sel et à la pêche grâce à la retenue des eaux salées à ce niveau. Et, en aval (Est et sud-est), les activités portent sur la riziculture, la pêche et le reboisement.

Socio économie La vie socioéconomique de Ndour Ndour est rythmée par le dynamisme des populations qui se sont constituées en Groupements, Associations et autres Amicales

pour le développement du village. Elles sont soutenues en cela par des ONG, des Projets et des Institutions nationales et internationales de Développement et de Recherche.

Tableau 1 : Transect du village de Ndour-Ndour

Unités agro écologiques	Champs (cultures pluviales 30ha)	Village	Champs (Cultures pluviales)	Bas-fonds (50 ha dont 30 exploités)
Utilisation des terres	Culture de mil (suna), sorgho, niébé exploitation de Vergers (mangue, anacardier, goyave, citron) lieu de pâturage pour le bétail	Habitations, boutiques,	-Culture arachide, mil, sorgho, légumes, mangue, niébé -Pâturage	Riz, Reboisement
Type de sols	Dek (argileux)	Dek (argileux)	Dek-Dior (argilo-sableux)	Tannes (sols sulfatés acides) enherbés, Argile
Contraintes	Manque de fertilité Mauvaises herbes Bas rendement	Enclavement (hivernage) Absence de marché, Manque de bois de chauffe	Manque de fertilité Mauvaises herbes Bas rendement	Acidité et salinité aux bordures manque de fertilité mauvaises herbes mauvais travail du sol
Stratégies	Utilisation engrais et fumure désherbage manuel	Déplacement vers Djilor	Utilisation engrais et fumure, désherbage manuel	Barrage, Fumure Fertilisation
Opportunités	Pâturage – intensification du jardinage – protection des arbres	Route		Maraîchage
Exploitation	Hommes	Homme/femmes	Hommes	Femmes
Topographie	Relief plat	Relief plat	Relief plat	Pentes

Tableau 2 : Transect des bas-fonds du village de Ndour-Ndour

Unités agro-écologiques	Bas-fonds (ouest)	Barrage	Bas-fonds	Bas-fonds (est)	Forêt (sud-est)
Utilisation des terres	Exploitation sel Pêche (aux abords de la digue)		Riziculture – Reboisement Pêche (aux abords de la digue) Pâturage		Forêt
Type de sols	Tannes		Argileux		Sablonneux
Contraintes/p roblèmes	Salinité		Travail du sol – un peu de salinité-divagation des animaux – invasion des insectes - récolte et décorticage manuels	Lame d'eau : problème de drainage	faible accès à l'eau du barrage
Stratégies					
Opportunités	Pêche		Maraîchage (avec clôture des parcelles) Pêche Prestation de services pour opération post-récolte.		Pâturage reforestation cactus
Exploitation	Femmes +++ Hommes +		Femmes +++ Hommes +		Hommes +++ Femmes +

+++ : plus grande implication dans l'exploitation de la zone concerné

3.1.2. Activités économiques et agricoles

Les populations de Ndour-Ndour s'adonnent à plusieurs activités dont la plupart sont agricoles et/ou économiques. Ces activités ont été identifiées puis classées par ordre d'importance par les producteurs et productrices du village (Tableaux 3, 4 et 5).

3.1.2.1. Activités économiques

Identification _La matrice d'identification des types d'activités (tableau 3) des populations de Ndour Ndour montre que les activités concernent l'agriculture, la pêche, le commerce, l'élevage et

bien d'autres activités génératrices de revenus.

Classification _La classification des activités économiques (tableau 4) montre la prédominance de l'agriculture en terme de revenus, devant l'élevage, le moulin à mil et la pêche. L'exploitation de sel est l'activité qui procure le moins de revenus.

3.1.2.2. Activités agricoles

Identification et classification _Le tableau 5 se rapporte aux activités agricoles menées dans le village. Elles concernent les vivriers (riz, mil, sorgho, maïs, arachide, niébé, pastèque...), l'arboriculture, les fruitiers et le maraîchage.

Tableau 3 : Matrice d'identification des types d'activités économiques

Activités	Genre (Homme/Femme)	Contribution (Alimentation/revenus)
Agriculture (Mil, Arachide, Riz, Manioc, Maraîchage, Pastèques, Niébé, Maïs)	Hommes/Femmes	A/R
Pêche	Hommes	A/R
Commerce	hommes/Femmes	a/R
Elevage	Hommes/femmes	a/R
Main d'œuvre rémunérée	hommes/Femmes	R
Exploitation Sel	Femmes	A/r
Moulin à mil	Femmes	R

H/F: hommes et femmes impliqués au même niveau, *H/f*: Prédominance des hommes, *F/h*: prédominance des femmes, *A*: Alimentation, *R*: Revenu, *A/R*: Alimentation et Revenu impliqués au même niveau, *a/R*: Prédominance du revenu sur l'alimentation, *A/r*: Prédominance de l'alimentation sur le revenu.

Tableau 4 : Principales activités économiques à Ndour Ndour

Activités	Classement/Revenus
Agriculture (Mil, Arachide, Riz, Manioc, Maraîchage, Pastèques, Niébé, Maïs)	1 ^{er}
Pêche	4 ^e
Commerce	5 ^e
Elevage	2 ^e
Main d'œuvre rémunérée	6 ^e
Exploitation Sel	7 ^e
Moulin à mil	3 ^e

Tableau 5 : Identification et classification des activités agricoles

Activités	Genre (Homme/femme)	Alimentation	Revenu
Riz	h/F	2e	9e
Mil	H/f	1er	1er
Sorgho	H/f	5e	5e
Pastèque	H	8 ^e	4 ^e
Arachide	H/f	4 ^e	2e
Niébé	H/f	6 ^e	8e
Maïs	H	3 ^e	3 ^e
Arboriculture fruitière et maraîchage	H	7 ^e	6 ^e
Eucalyptus	H/f	9 ^e	7e

Calendrier_Les activités agricoles, manuelles, se déroulent pour l'essentiel pendant la saison des pluies (Tableau 6).

La culture du riz s'étale de la fin Mai à la fin Janvier. Elle nécessite un temps de présence aux champs important tout au long de son cycle à cause de l'enherbement excessif et du gardiennage contre les oiseaux. Les opérations de récolte et de post récolte (d'octobre à janvier) constituent également une charge de travail.

Le mil est pratiqué de la fin Mai à la fin Novembre. La mise en place (Août- Septembre) de la culture de pastèque nécessite une importante main d'œuvre. L'arachide ne laisse qu'un mois de répit (Septembre) aux producteurs durant tout le long de son cycle. Pour ce qui concerne le niébé seule la période de récolte qui dure un mois constitue une charge de travail pour les paysans.

Le maraîchage nécessite la présence d'une main d'œuvre régulière du mois d'Avril au mois d'Août pour l'arrosage et le désherbage des parcelles.

3.1.2.3. Contraintes

Pour une plus grande motivation des producteurs, il est important de lever les principales contraintes de la riziculture qu'ils ont identifiées. Pour un recensement complet des contraintes, il a été procédé à deux classements dont un réalisé par les hommes et l'autre par les femmes. Ces contraintes ont été notées, pour la plupart, pendant le parcours des transects implantés.

Identification et classification_Le tableau 7 dresse et classe les principales contraintes. Il faut relever que le classement diffère selon qu'il s'agit des hommes ou des femmes.

Une analyse approfondie des contraintes a été effectuée à travers un focus group. Les résultats de cet exercice sont consignés dans le tableau 8 qui permet de noter les principales contraintes, de relever leurs origines et leurs incidences et de déterminer les stratégies à développer pour atténuer leurs effets ou les éliminer.

Tableau 6 : Calendrier des activités agricoles à Ndour-Ndour

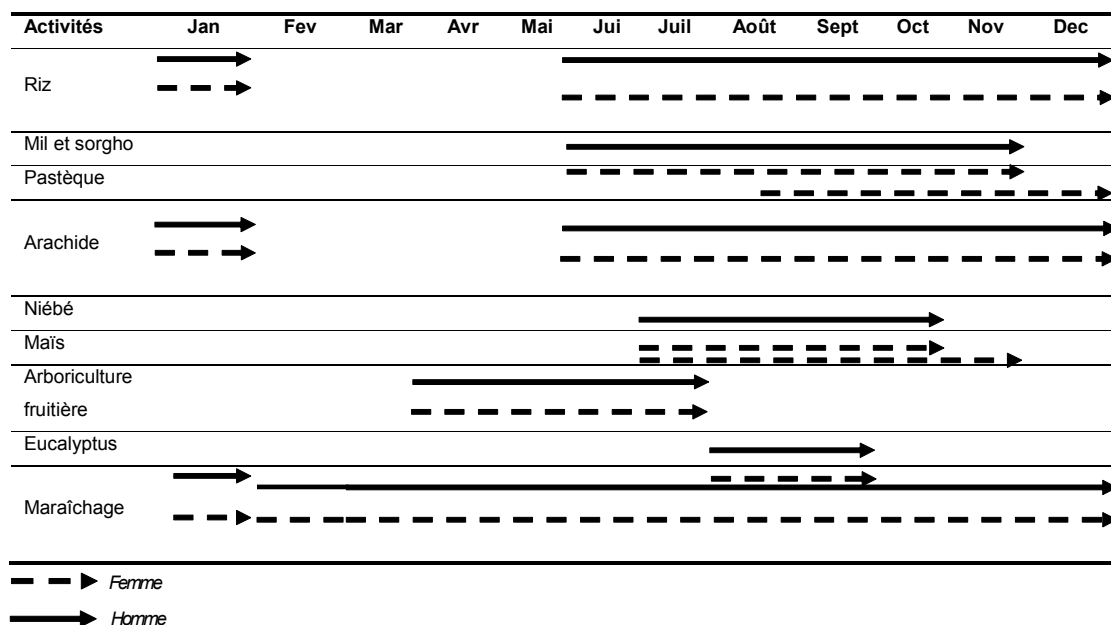


Tableau 7 : Identification et classification des contraintes

Contraintes	Classement	
	H	F
Préparation du sol	1 ^{er}	1 ^{er}
Mauvaises herbes (Riz sauvage-Ndiélangane)	3 ^e	2 ^e
Salinité	9 ^e	9 ^e
Insectes	5 ^e	3 ^e
Récolte et post récolte	4 ^e	4 ^e
Divagation	8 ^e	6 ^e
Pauvreté des sols	6 ^e	7 ^e
Perte de grains au battage	7 ^e	8 ^e
Faibles connaissances techniques	2 ^e	5 ^e

Tableau 8 : Principales contraintes, leurs causes et incidences et les stratégies pour les éliminer.

Contraintes	Causes	Effets	Stratégies
<i>Préparation du sol</i>	- Manque de matériel agricole (tracteur) - Retard dans la disponibilité du matériel agricole à traction animale - Hausse des superficies cultivées	-Retard dans le calendrier cultural -Chevauchement d'activités (riz et autres cultures) - Problème d'accessibilité au matériel de labour	-Acquisition d'un tracteur uniquement destiné à la préparation du sol
<i>Mauvaises herbes</i>	-Mauvaise préparation du sol -Eau douce du barrage aide à la prolifération des mauvaises herbes	-Baisse des rendements augmentation du temps de travail -Présence d'impuretés dans le produit récolté -Résidus de riz aux champs après récolte	-Labour précoce (à sec) -Bonne préparation du sol -Utilisation d'herbicides -Gestion de la lame d'eau à partir du barrage (fermeture après les premières pluies)
<i>Insectes</i>	- Attirés par la floraison du mil qu'ils attaquent avant de se tourner vers le riz	-Mauvais remplissage des grains -Mauvais rendements -augmentation du temps de travail avec les stratégies de lutte contre leurs invasions	-Appui technique pour la lutte contre la présence des cantharides -Disponibilité de produits et de matériel de protection et de pompage
<i>Opérations de récolte</i>	-Lame d'eau dans les parcelles au moment de la récolte, - surmaturité -Temps de travail divisé entre la récolte du riz et les opérations des autres cultures par manque de main d'œuvre	-Travail intense - Perte de grains à la récolte	-Respecter les dates de récolte (conseil et encadrement) -Entre-aide (locale ou extérieure) -petit matériel de récolte
<i>Opérations post-récolte</i>	-Manque de main d'œuvre -Récolte non séchée sur place -Récolte mélangée à des grains de sable parce que disposée à même le sol -absence de batteuses	-Temps de battage important -Pertes de grains au transport vers le village -Les grains deviennent secs et cassants au décortique	-Acquisition d'une batteuse et d'une décortiqueuse
<i>Connaissances techniques</i>	-Manque de formation en intensification -Importance moindre de la culture du riz jusqu'à l'arrivée du barrage	-Importantes pertes au rendement (aux champs, récolte et post- récolte) -Temps de travail élevé -Efforts fournis importants	-Ateliers de formation -Appui technique -Visite d'échange

3.2. Caractérisation biophysique

La diversité des milieux de culture du riz recommande une caractérisation biophysique du continuum bas fond, site de la riziculture de la présente étude, pour une meilleure compréhension du rendement obtenu (Fig. 1).

3.2.1. Typologie des bas fonds

A Ndour Ndour, les bas-fonds sont peu encaissés avec une pente longitudinale faible. De façon générale, la pente varie de 0.03% en aval à 0.06% en amont (Mbodj, 2001 « résultats non publiés »). Ce sont des bas fonds assez larges.

3.2.2. Types de sols

Divers types de sols ont été observés dans les bas fonds de Ndour Ndour (Camara M., 2003 « résultats non publiés »).

3.2.2.1. Sols essentiellement sableux sur l'ensemble du profil (120 cm)(sol hydromorphe, peu humifère à pseudogley de surface sur du sable).

Bariolés, ce sont des sols essentiellement sableux sur l'ensemble du profil. La structure est massive avec un débit particulière. Dans la majorité des cas, ils sont meubles, poreux avec la présence de quelques racines de taille centimétrique et millimétrique à orientation préférentielle sub-horizontale.

3.2.2.2. Sols essentiellement sableux sur l'ensemble du profil avec la présence d'une nappe phréatique (sol hydromorphe, peu humifère, à pseudogley de surface sur du sable avec présence de nappe phréatique).

La présence de la nappe phréatique confère à ces sols un ameublissement important. L'on note également la présence de racines nécrosées pour la plupart et un débit particulière assez marqué.

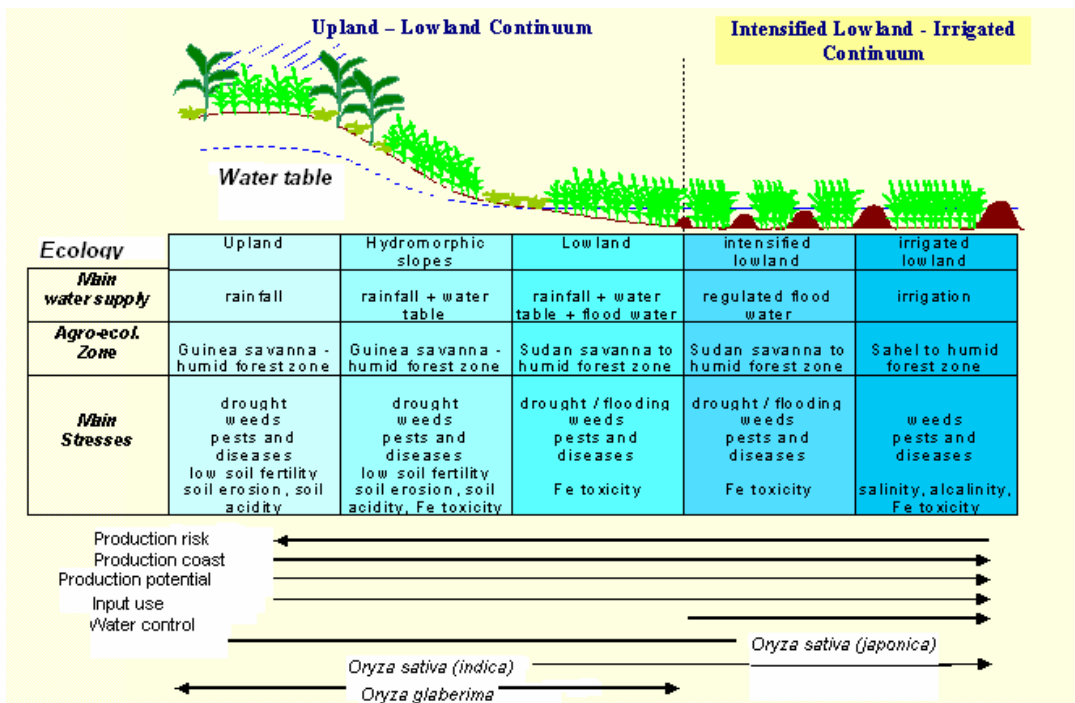


Figure 1 : Ecologies rizicoles majeures du continuum virtuel en Afrique (Source : WARDA-The Africa Rice Center, 2004)

3.2.2.3. Sols sablo-limoneux en surface et argileux au-delà de 70cm de profondeur (sol hydromorphe, peu humifère à pseudogley de surface sur de l'argile).

Généralement bariolés comme les précédents, ces sols sont sablo-limoneux à sableux à sable très fin en surface et argileux en profondeur notamment au-delà de 70cm de profondeur. La structure est massive à débit polyédrique peu net et à sous-structure particulière. La salinité élevée en saison sèche confère à ces sols une cohésion généralement marquée pendant cette période. La nappe phréatique est soit présente soit très proche de la surface. Dans ces conditions, l'on note des horizons frais à humides.

3.2.2.4. Sols avec un niveau comportant des éléments grossiers et des altérites à la base du profil (sol hydromorphe, peu humifère à pseudogley de surface sur du granite à faciès d'éléments grossiers et d'altérites).

Egalement bariolés, ces sols sont sablo-limoneux en surface et essentiellement argileux en profondeur. Des éléments grossiers dont le pourcentage pondéral est compris entre 20 et 45% se composent de concrétions, de nodules, de quartz et d'altérites. La cohésion est marquée,

la porosité moyenne à faible et une activité biologique dont les traces sont visibles sur l'ensemble du profil.

3.2.3. Dynamique de la nappe phréatique

La figure 2, réalisée à partir des observations de terrain, indique en plus des principales composantes de la nature, les points d'implantation des piézomètres et des essais dans le bas fond de Ndour Ndour. Les piézomètres couvrent le bas fond de l'aval à l'amont et permettent de suivre la dynamique de la nappe phréatique. Les essais concernent les tests de fertilisation minérale.

L'évolution de la nappe phréatique dans les piézomètres au cours du cycle du riz pendant l'hivernage 2003 est représentée sur la figure 3.

Trois niveaux de la nappe phréatique peuvent être identifiés au sein des piézomètres :

- Un bas niveau de la nappe en début de saison des pluies ;
- Une remontée significative de la nappe correspondant à l'installation de la saison des pluies ;
- Une nouvelle baisse de la nappe phréatique correspondant à la fin de la saison des pluies et au début de la saison sèche.

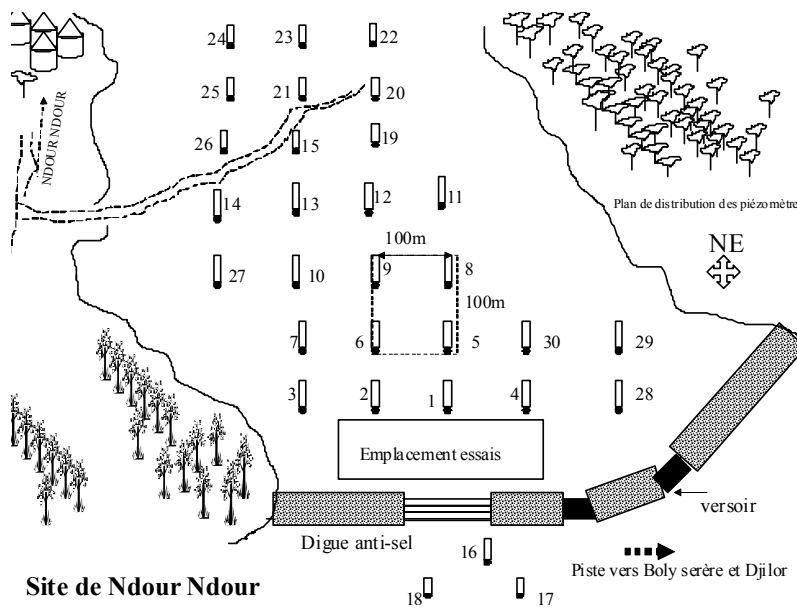


Figure 2 : Schéma synthétique des bas fonds de Ndour Ndour avec les points d'implantation des piézomètres et des essais.

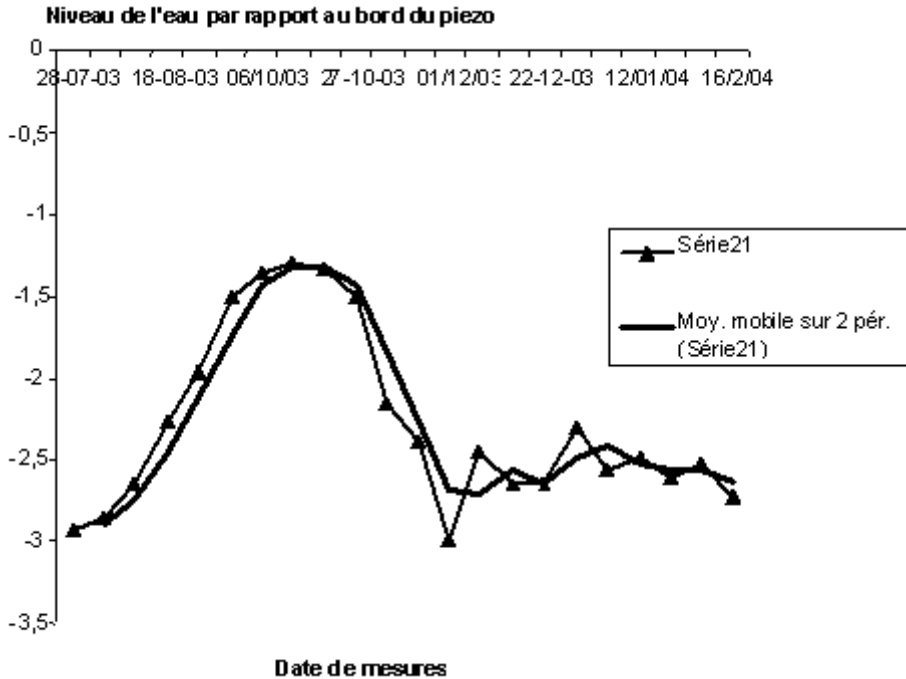


Figure 3 : Tendence générale de l'évolution du niveau de l'eau dans les piézomètres au cours de l'hivernage 2003 dans les bas fonds de Ndour Ndour.

3.2.4. Evolution de l'acidité (pH)

L'analyse de l'acidité des eaux prélevées dans les piézomètres a permis de se faire une opinion sur l'évolution du pH avant, pendant et après l'hivernage. Si la variabilité est certaine dans l'espace et dans le temps, il faut souligner que l'examen de la figure 4 qui traduit l'évolution des données recueillies au cours de la campagne rizicole 2003, montre différentes tendances d'évolution du pH dans le temps et dans l'espace.

3.2.5. Evolution de la salinité

L'analyse des eaux prélevées dans les piézomètres a permis de suivre l'évolution de la salinité pendant l'hivernage 2003 (Figure 5). Différentes tendances d'évolution peuvent également être notées sur cette figure.

3.2.6. Flore adventice

Les plantes adventices observées sont nombreuses et diversifiées. Cependant seules celles présentes dans les rizières ont été inventoriées pour les besoins de notre étude. Elles ont été identifiées par DIENG (1999 ; 2002 « résultats non publiés »). Il s'agit de :

- Graminées : *Brachiaria lata* ,*Digitaria perrottetii*...
- Cypéracées : *Cyperus esculentus*, *Cyperus sp.*, *Fimbristylis exilis*...
- Légumineuses : *Cassia mimosoïdes*,...
- Autres herbacées : *Bacopa decumbes*, *Sphenoclea zeylanica*, *Ludwigia sp.*, *Sida stipulata*, *Solanum nigrum*, *Spigelia antheimia*, *Sesuvium portulacastrum*, *Chrozophora brocchiana* ,*Borreria verticilata*...

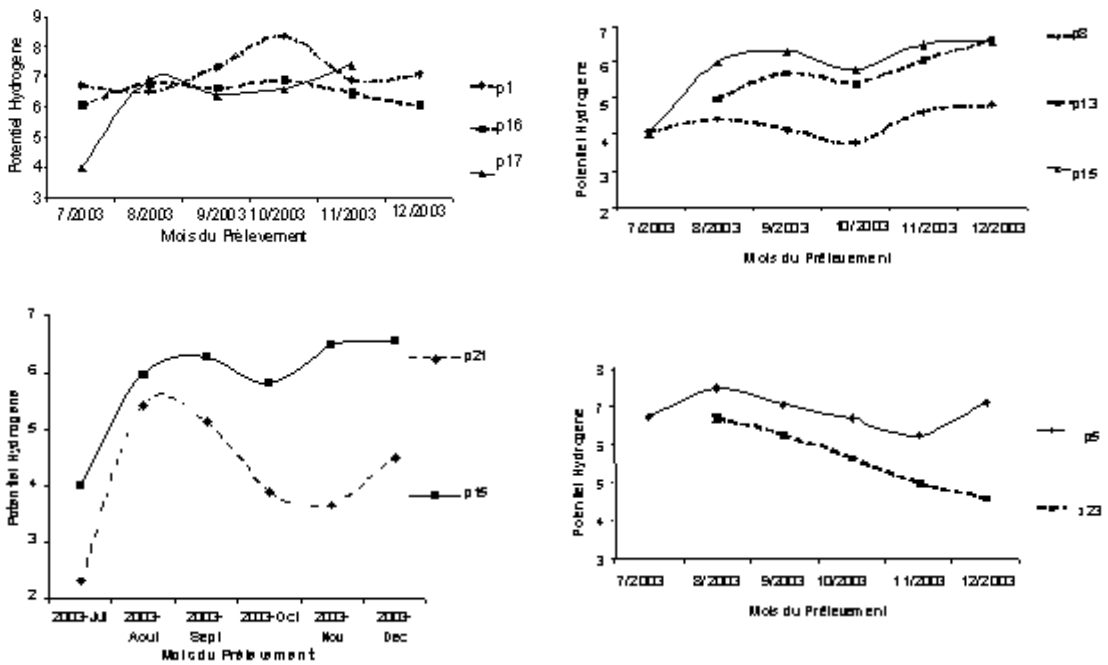


Figure 4 : Evolution de l'acidité au cours du cycle rizicole dans les bas fonds de Ndour Ndour en 2003.

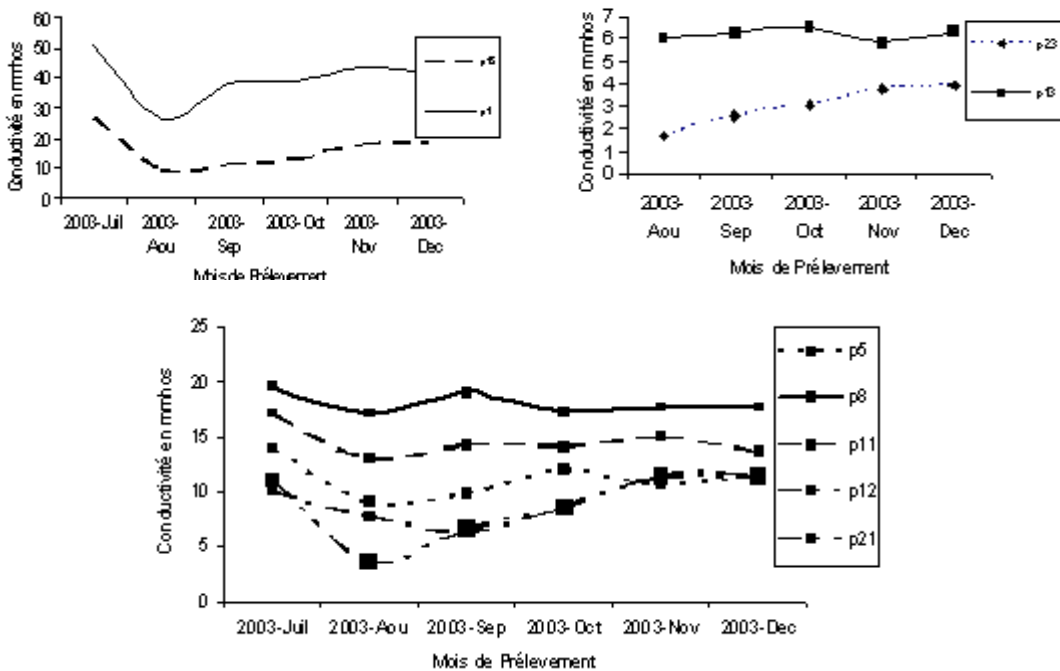


Figure 5 : Evolution de la salinité au cours du cycle rizicole dans les bas fonds de Ndour Ndour en 2003.

4. Discussion

Les parcelles, au niveau des plateaux « Tannes », sont emblavées en mil, sorgho, niébé, et en horticulture. Après la récolte ces parcelles deviennent des lieux de pâturage.

Les bas fonds servent à la riziculture, au reboisement et à d'autres activités notamment l'exploitation du sel, la pêche et le pâturage.

La retenue d'eau sert d'abreuvoir aux animaux domestiques. L'ouvrage, d'une manière générale, a contribué, dans une large mesure, à une revitalisation du secteur agricole.

Un pourcentage important des terres du village est réservé à l'agriculture avec de nombreux champs de mil et d'arachide aux abords du village. Les vergers et jardins maraîchers témoignent de l'intérêt des populations pour l'arboriculture fruitière et le maraîchage qui sont des sources de revenus.

L'examen du tableau 3 permet de noter une répartition sociale des tâches. Ainsi, la pêche est réservée exclusivement aux hommes tandis que l'exploitation du sel et du moulin à mil est du ressort des femmes. Toutes les autres activités sont exercées de façon mixte avec une prise de part importante des hommes ou des femmes selon le domaine concerné, à l'exception de l'agriculture où les hommes et les femmes ont un même niveau d'implication.

L'examen du tableau 5 révèle la pratique de neuf cultures à Ndour Ndour. Elles sont l'œuvre des hommes essentiellement. La riziculture parmi ces activités occupe principalement les femmes malgré l'intérêt nouveau qu'elle a commencé à susciter chez les hommes.

Les trois denrées qui assurent l'alimentation de base sont respectivement le mil, le riz et le maïs.

En plus de son rôle d'alimentation, le mil est la première source de revenu pour la communauté villageoise, suivi en cela par l'arachide et le maïs. La riziculture est l'activité agricole qui génère le moins de revenu. En effet, sa production n'étant pas jusque-là assez importante, elle ne peut assurer à la fois l'autoconsommation et la commercialisation.

De manière générale, du mois d'Avril au mois de Janvier, le village de Ndour-Ndour vit au rythme des différentes activités agricoles, avec deux mois de léger répit durant lesquels ils ne font que du maraîchage (Février-Mars). Les pratiques

culturelles étant en très grande partie effectuées manuellement les producteurs sont généralement occupés à chaque instant. Ce qui entraîne le plus souvent un chevauchement des tâches à accomplir dans différentes parcelles.

Il ressort de l'examen du tableau 7 que les principales contraintes identifiées par les hommes et les femmes n'ont pas la même importance. Aussi, le classement diffère-t-il, à quelque exception près (préparation du sol et salinité) selon les hommes et les femmes.

Le retard noté parfois dans le calendrier cultural est dû, selon les producteurs, au manque de matériel agricole pour la préparation du sol. Il faut rappeler que la mauvaise préparation (offset et labour) des sols a pour incidence la prolifération des mauvaises herbes. La mauvaise préparation du sol est due entre autres facteurs à Ndour Ndour à l'importance de la lame d'eau dans la partie aval de la digue où se trouvent les parcelles de riz.

Les opérations de récolte et post-récolte sont également menées avec beaucoup de difficultés. En effet, la récolte du riz qui débute en octobre, coïncide avec celle du mil, du niébé et du maïs. Ce qui pose un problème de main d'œuvre.

L'étalement des travaux dans le temps contribuerait à réduire la pénibilité des travaux agricoles. Pour lever ou atténuer les différentes contraintes, il faudrait une meilleure gestion de l'eau, effectuer la récolte et le battage à temps et utiliser du matériel agricole adapté. Il faut souligner également qu'une amélioration des connaissances des paysans par des formations, des échanges d'expériences, des programmes de démonstration et de suivi sur le terrain, peuvent contribuer à rendre la production rizicole plus performante.

L'examen de la figure 1 assimilée à un continuum virtuel (WARDA, 2004) révèle, entre autres, les sources d'alimentation en eau du riz. En effet, si sur le plateau la riziculture est soumise à la pluviométrie stricte, au niveau du bas fond la source d'eau peut provenir de la présence d'une nappe ou issue de l'irrigation. Le niveau de l'eau au niveau de la nappe varie à mesure que l'on s'éloigne de la source. Cette variation qui est fonction du battement du niveau de la nappe, a une incidence sur la disponibilité de cette eau pour la riziculture de bas fond. Et en zone aride, la riziculture de bas fond n'est possible qu'en période hivernale et/ou à partir de l'irrigation.

La configuration du réseau hydrographique dans le Sine Saloum jointe à la faiblesse de la pente en long (fig. 2) est à l'origine d'un estuaire inverse ou rias, caractérisé par la supériorité du flot par rapport au jusant aussi bien en durée qu'en vitesse (Mbodj, 2001 « résultats non publiés »). Il en résulte un fort gradient de salinité des eaux d'aval en amont. En effet, l'évaporation élevée et le caractère confiné des cours d'eau dans cette région expliquent en partie cette salinité élevée. Ainsi, les eaux de surface comme les eaux souterraines sont quantitativement et qualitativement peu propices au développement des activités agricoles, horticoles, pastorales et forestières, du fait notamment de la salinité (Mbodj, 1995 ; Mbodj, 2001 « résultats non publiés »). Pour permettre l'exploitation rizicole de tels sites des études de suivi du niveau de la nappe d'une part et, d'autre part, de la variation de la salinité (conductivité électrique) et de l'acidité (pH) sont initiées.

L'évolution des ressources en eau souterraine (fig. 3) est sous le contrôle de trois paramètres essentiels que sont la précipitation, l'évapotranspiration et l'épaisseur du réservoir non saturé (Diop *et al.*, 2002). La remontée du niveau statique qui se fait pendant la saison des pluies traduit l'existence d'une infiltration efficace. La décharge des nappes qui s'effectue pendant la saison sèche est le fait de l'évaporation directe des nappes et de la transpiration biologique.

Il faut noter à partir de la figure 4 que les sols du bas fond de Ndour Ndour sont acides au début de l'hivernage, tendent vers la neutralité quand l'hivernage est installé et redeviennent acides avec la saison sèche. Ces périodes d'acidification sont en conformité avec les observations de Maryse (1991 « résultats non publiés ») qui note que les sols des bas fonds en contact avec la mer sont susceptibles de s'acidifier :

- en fin d'hivernage, avec la réduction progressive de l'humidité du sol et de l'oxydation des sulfures et de la pyrite ;
- en début d'hivernage, avec la rehumidification progressive du sol et l'hydrolyse de la jarosite.

L'acidification dépend de la nature et de la composition du sol et des réactions qui sont mises en jeu. Elle résulte également de l'exposition prolongée à l'air libre des sulfures produites par réaction du fer transporté par les eaux de ruissellement venant du continent et du sel des eaux marines amenées par la marée.

La variation de la salinité dans le temps et dans l'espace observée dans les différents piézomètres (figure 5) permet de dire que la salinité, élevée dans la langue salée, connaît une baisse notable avec la réalisation de la digue et l'installation de l'hivernage. L'ouvrage qui permet le maintien sur place sur une plus longue période d'une quantité importante d'eau douce élimine le sel des sols contribuant ainsi à la récupération des terres considérées comme perdues pour l'agriculture.

Depuis l'installation des ouvrages anti-sel, il semble qu'il y ait une diminution certaines flores adventice comme par exemple l'espèce *Sesuvium portulacastrum* qui est une bonne indicatrice de salinité. Sa disparition signifie que l'élimination du sel s'effectue de manière notable dans le bas-fond (Dieng, 2002 « résultats non publiés »).

5. Conclusion

La caractérisation agro socioéconomique de Ndour-Ndour a permis de noter d'une part, que l'ouvrage anti-sel a modifié le mode de vie des populations et, d'autre part, que le village regorge de potentialités en matière de terres cultivables avec ses bas-fonds qui s'étendent sur 50 ha, de disponibilité d'eau avec son barrage de rétention et d'expérience avec la présence de plusieurs partenaires pour aider les populations à lutter contre la pauvreté par la diversification des activités et l'innovation des techniques culturelles.

L'agriculture est fortement liée à l'histoire et à la vie socioéconomique et culturelle des populations. En effet, si le riz pour une question de non rentabilité liée, entre autres, à une faible pluviométrie et à un taux élevé du sel dans les terres, a pendant longtemps été défavorisé par rapport à certaines céréales, il entre depuis l'an 2000 en compétition avec ces dernières, grâce à la retenue des eaux hivernales et à l'amélioration de la productivité grâce à une collaboration fructueuse avec des partenaires au développement comme la GTZ, L'ANCAR, la DRDR et l'ADRAO.

La caractérisation biophysique initiée mérite d'être dupliquée et approfondie dans d'autres régions sahéliennes et soudano-sahéliennes. Cela permettra de conforter les résultats obtenus et surtout d'être en mesure de proposer des modèles (modélisation) en fonction des caractéristiques des divers bas fonds pluviaux.

De telles études contribueraient à ouvrir des perspectives heureuses pour une exploitation rizicole des bas fonds des régions sahéennes et soudano-sahéennes où l'alimentation de base des populations reste le riz. Une levée partielle ou définitive des contraintes liées aux différentes pratiques culturales notamment rizicoles dans le village participerait de manière significative à son développement socioéconomique.

De manière spécifique, la caractérisation biophysique a permis d'améliorer les connaissances sur les bas fonds. Ainsi, l'on est en mesure de dire que :

- les sols des bas fonds sont divers parfois sur de courtes distances,
- les niveaux de l'eau de la nappe phréatique des bas fonds des zones d'étude dépendent essentiellement de la pluviométrie, de la position topographique et de la composition granulométrique des différents horizons des sols ;
- les deux périodes favorables à l'acidification des sols sont le début et la fin de l'hivernage. Et l'acidification résulte principalement de l'oxydation des sulfures et de la pyrite et de l'hydrolyse de la jarosite ;
- la réalisation de la digue a permis le maintien, sur une longue période, d'une importante quantité d'eau douce. Ce qui a favorisé la récupération des terres considérées comme perdues pour l'agriculture. En effet, le maintien sur place de l'eau douce élimine le sel des sols qui sont alors recolonisés par des végétaux non halophytes.

Références citées

- Abdoulaye D., 1999. *Etude phytosociologique des terres salées des vallées de Pethié et de Ndour Ndour (Djilor)*. Bembey, Sénégal, ISRA-CNRA de Bembey, Rapp. Scient., 20 pp.
- Adoulaye D., 2002. *Etude de la dynamique du couvert herbacé dans la vallée de Ndour Ndour et diagnostic des potentialités pastorales de SOWORE*. Bembey, Sénégal, ISRA-CNRA de Bembey, Rapp. Scient., 12 pp.
- Anonyme, 1967. *Classification des sols*. Bondy, France, ORSTOM, Commission de Pédologie de Classification des Sols (CPCS), Rapp. Scient., 50 pp.
- Anonyme, 1975. *Avant projet d'intensification des terres exondées de Fatick Sud-Ouest*. Bembey, Sénégal, ISRA-CNRA de Bembey, Rapp. tech. , 18 pp.
- Anonyme, 1977. *Projet d'intensification de la production des terres exondées de Fatick Sud-Ouest*. Bembey, Sénégal, ISRA-CNRA de Bembey, Rapp. tech. , 21 pp.
- Anonyme, 1978. *Projet d'intensification de la production des terres exondées de Fatick Sud-Ouest*. Bembey, Sénégal, ISRA-CNRA de Bembey, Rapp. tech. , 10 pp.
- Anonyme, 1998. *Mise au point et diffusion de technologies : rôle de la caractérisation agro-écologique*. In : *ADRAO Rapport annuel 1998. Points saillants des activités. Résultats de la phase I du Consortium Bas-Fond (CBF)* pp. 23-31.
- Asch F., Dingkhun M. & Doerfling K., 1997. *Physiological stresses of irrigated rice caused by soil salinity in the Sahel*. In: MIEZAN K. M., WOPEREIS M. C. S., DINGKHUN M., DECKERS J. & RANDOLPH T. F. Eds. *Actes du Séminaire organisé par l'ADRAO-Sahel sur le thème: Irrigated rice in the Sahel: Prospects for sustainable development*. Dakar, Sénégal, UNDP, Projet RAF/88/055WARDA, pp. 247-273.
- Dingkhun M., Sow A., Samb A., Diack S. & Asch F., 1995. *Climatic determinants of irrigated rice performance in the Sahel. I. Photothermal and micro-climatic responses of flowering*. *Agricultural systems* **48** :435 - 456.
- Dingkhun M. & Miézan K.M., 1995. *Climatic determinants of irrigated rice performance in the Sahel. II. Validation of photothermal constants and characterization of genotypes*. *Agricultural systems* **48** : 411- 434.
- Diop N.F., Malou R., Da Costa H. & Mendy A., 2002. *Contrainte climatique des nappes d'eau souterraines en zones soudano-sahéennes : cas de la nappe phréatique du bassin de la Néma dans la région du Sine au Centre-Ouest du Sénégal*. *African Journal of Science and Technology (AJST). Science and Engineering* 3 (1): 44-50.
- Gaye S. & Sow A., 2003. *Gestion intégrée de la riziculture dans la région de Fatick. Rapport de la campagne agricole hivernale 2002*. Saint Louis, Sénégal, ADRAO-Sahel, Rapp. Scient., 7 pp.

- Kilian J., Teissier J., Raunet M., Lidon B., Ahmadi N., Traoré B. & Legoupil J.C., 1999. *Caractérisation agro-écologique des bas fonds : Etude de leur utilisation traditionnelle et des systèmes de production en place*. Bouaké, Côte d'Ivoire, ADRAO-CBF, Rapp. Tech. du Comité d'Experts du Consortium Bas-Fonds, 50 pp.
- Kremer & Mbodj S., 2002. *Aménagement et Gestion du Terroir*. Kaolack, Sénégal, PAGERNA, Rapp. Tech., 60 pp.
- Malou R., Da Costa H. & Ndiaye A., 2000. *Etude diagnostic de la zone éco-géographique du Sine-Saloum : inventaire des zones humides*. Bambey, Sénégal, ISRA-CNRA de Bambey, Rapp. tech. , 60 pp.
- Mame D.D. & Ousseynou D., 1998. *Plan d'Aménagement de la Réserve de la Biosphère du Delta du Sine-Saloum. Résultats MARP exploratoires de la zone à usages multiples*. Kaolack, Sénégal, UICN, Rapp. tech., 29 pp.
- Mankeur F., 1999. *Rapport de prospection pédologique et de classification des sols dans la région de Fatick autour de Djilor*. Kaolack, Sénégal, PAGERNA, Rapp. tech., 20 pp.
- Mankeur F., 2000. *Rapport de suivi et de prospection pédologique des sols dans la région de Kaolack et de Fatick*. Kaolack, Sénégal, PAGERNA, Rapp. Tech., 16 pp.
- Mbodj S., 1995a. *Présentation de la région du Sine-Saloum*. Kaolack, Sénégal, PAGERNA, Rapp. tech., 19 pp.
- Mbodj S., 1995b. *Programme de lutte anti-sel du PAGERNA*. Kaolack, Sénégal, PAGERNA, Rapp. tech., 55 pp.
- Mbodj S., 2001. *Etude d'impact environnementale et méthodologie de construction des ouvrages anti-sel et/ou de retenue dans le contexte PAGERNA*. Kaolack, Sénégal, PAGERNA, Rapp. tech., 75 pp.
- Samba R.D., 1998. *Riziculture dégradation des sols dans la vallée du fleuve Sénégal : analyse comparée des fonctionnements hydro-salins des sols du delta et de la moyenne vallée en simple et double culture*. Dakar, Sénégal, Université Cheick Anta Diop, Thèse de doctorat-ingénieur. Faculté des Sciences et Techniques, 176 pp.
- UICN, 1999. *Plan de gestion de la réserve de la biosphère du Delta du Sine-Saloum*. Kaolack, Sénégal, UICN, Rapp. tech., 84 pp.
- WARDA, 2004. *Strategic Plan 2003-2012 : The Africa Rice Center (ADRAO/WARDA)*. Bouaké, Côte d'Ivoire, Rapp. Tech., 56 pp.