

**Contribution à la Connaissance Agronomique  
de la Basse Casamance  
(Synthese Bibliographique)**

**par**

**J. L. Posner**

**Reprint No. 17F**

**1988**

**USAID/Senegal disclaims endorsement of  
the opinions expressed in this  
publication.**

---

## MSU INTERNATIONAL DEVELOPMENT PAPERS

Carl K. Eicher, Carl Liedholm, and Michael T. Weber  
Editors

The MSU International Development Paper series is designed to further the comparative analysis of international development activities in Africa, Latin America, Asia, and the Near East. The papers report research findings on historical, as well as contemporary, international development problems. The series includes papers on a wide range of topics, such as alternative rural development strategies; nonfarm employment and small scale industry; housing and construction; farming and marketing systems; food and nutrition policy analysis; economics of rice production in West Africa; technological change, employment, and income distribution; computer techniques for farm and marketing surveys; farming systems and food security research.

The papers are aimed at teachers, researchers, policy makers, donor agencies, and international development practitioners. Selected papers will be translated into French, Spanish, or Arabic.

Individuals and institutions in Third World countries may receive single copies free of charge. See inside back cover for a list of available papers and their prices. For more information, write to:

MSU International Development Papers  
Department of Agricultural Economics  
Agriculture Hall  
Michigan State University  
East Lansing, Michigan 48824-1039  
U.S.A.

**AVANT PROPOS SPECIAL**  
**Réimpressions conjointes ISRA-MSU**

En 1982, le corps professoral et le personnel du Département d'Economie Agricole de Michigan State University (MSU) ont commencé la première phase d'un projet d'une durée prévue de dix à quinze ans de collaboration avec l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) afin de réorganiser et réorienter les programmes de recherche de ce dernier. Le Projet de Recherche et de Planification Agricole (Contrat No. 685-0223-C-00-1064-00) a été financé par l'Agence pour le Développement International des Etats-Unis (USAID), Dakar, Sénégal.\*

Dans le cadre de ce projet, MSU a supervisé les programmes de Master's of Science de 21 chercheurs de l'ISRA suivis dans dix universités américaines, dans dix domaines différents, dont l'économie rurale, le génie rural, la pédologie, la zootechnie, la sociologie rural, la biométrie et l'informatique. Dix chercheurs de MSU ont été affectés à des postes de longue durée dans deux départements de l'ISRA: le Département de Recherches sur les Systèmes de Production et le Transfert de Technologies en Milieu Rural (D/RSP) et le Bureau d'Analyses Macro-Economiques (BAME). En collaboration avec les chercheurs de l'ISRA, ces chercheurs ont effectué des recherches sur la distribution des intrants agricoles, la commercialisation des céréales, la sécurité alimentaire, et les stratégies paysannes de production. Certains professeurs de MSU ont aussi conseillé des chercheurs juniors de l'ISRA sur leurs recherches dans les domaines de la traction animale, les systèmes d'élevage et les groupements de producteurs.

D'autres professeurs des Départements d'Economie Agricole, de Sociologie, de Zootechnie et du Collège de Médecine Vétérinaire de MSU ont été employés comme consultants de courte durée et comme conseillers scientifiques pour plusieurs programmes de recherche de l'ISRA.

Le projet a organisé plusieurs programmes de courte durée de formation au Sénégal sur la recherche sur les systèmes de production, la recherche

agronomique en milieu paysan et la recherche sur l'élevage en milieu pastoral. Le projet a aussi aidé à augmenter l'utilisation de micro-ordinateurs dans la recherche agricole, améliorer le niveau d'anglais du personnel de l'ISRA et établir un programme de documentation et de publication pour les chercheurs du D/RSP et du BAME.

Les rapports sur les recherches menées dans le cadre de ce projet ont été publiés seulement en français. En conséquence, leur diffusion a été limitée principalement à l'Afrique de l'Ouest.

Afin de diffuser des résultats pertinents de recherche auprès d'un public international plus large, MSU et l'ISRA se sont mis d'accord en 1986 pour publier des rapports sélectionnés à titre de réimpressions conjoints ISRA-MSU de Documents en Développement International. Ces rapports fournissent des données et des analyses sur des questions critiques en développement rural qui sont communes à l'Afrique et au Tiers-monde. La plupart de ces réimpressions de cette série ont été éditées de manière professionnelle pour améliorer leur clarté; les cartes, les graphiques et les tableaux ont été refaits selon un format standard. Toutes les réimpressions disponibles figurent à la fin de ce rapport. Les lecteurs intéressés par les sujets couverts dans ces rapports sont invités à envoyer leurs commentaires aux auteurs respectifs des documents ou au Professeurs R. James Bingen ou Eric W. Crawford, Co-Directeurs, Projet de Recherche Agricole II, Département d'Economie Agricole (Department of Agricultural Economics), Michigan State University, East Lansing, MI 48824-1039.

Léopold Sarr  
Directeur  
Département de Recherche sur  
les Systèmes Agraires et  
l'Economie Agricole  
Institut Sénégalais de  
Recherches Agricoles

R. James Bingen/Eric W. Crawford  
Co-Directeurs  
Projet de Recherche Agricole II  
Department of Agricultural  
Economics  
Michigan State University

---

\*En décembre 1987 un nouveau contrat (Contrat No. 685-0957-C-00-8004-00) a été signé pour continuer jusqu' à mi-1990 le programme MSU d'appui aux programmes et recherche et de formation en sciences sociales, agronomie, foresterie, et planification de la recherche.

**CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE AGRONOMIQUE  
DE LA BASSE CASAMANCE**

**(SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE)**

par

J. L. Posner

1988

This reprint originally appeared as "Contribution à la Connaissance Agronomique de la Basse Casamance," ISRA, Département de Recherches sur les Systèmes de Production et le Transfert de Technologies en Milieu Rural, Travaux et Documents No. 3 - Dakar, Janvier 1985.

This reprint is published by the Department of Agricultural Economics at Michigan State University, under the Senegal Agricultural Research II Project, Contract 685-0957-C-00-8004-00, funded by the U.S. Agency for International Development, Dakar, Senegal.

ISSN 0731-3438

© All rights reserved by Michigan State University, 1988.

Michigan State University agrees to and does hereby grant to the United States Government a royalty-free, nonexclusive and irrevocable license throughout the world to use, duplicate, disclose, or dispose of this publication in any manner and for any purposes and to permit others to do so.

Published by the Department of Agricultural Economics, Michigan State University, East Lansing, Michigan 48824-1039 U.S.A.

**CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE AGRONOMIQUE  
DE LA BASSE CASAMANCE**

**(SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE)**

**TABLE DES MATIERES**

<b>Chapitre</b>	<b>Page</b>
LISTE DES TABLEAUX .....	vii
AVANT-PROPOS .....	viii
BREF APERCU DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE EN BASSE ET MOYENNE CASAMANCE .....	1
CLIMAT .....	3
HYDROLOGIE .....	5
LES TERRES EXONDEES .....	7
Description des Sols .....	7
Fertilité des Sols et Assolements .....	10
Travail du Sol .....	14
Erosion .....	18
Commentaires .....	19
LES SOLS DE TRANSITION ENTRE LE PLATEAU ET LA PLAINE ALLUVIALE .....	20
Description des Sols et Etude de la Fertilisation .....	21
Dynamique de la Nappe .....	22
Effet de la Nappe sur la Production Agricole .....	27
Toxicité du Fer et Salinité de la Nappe .....	28
Commentaires .....	28
ZONES SUBMERGEES - LES BAS-FONDS ET PLAINES ALLUVIALES .....	29
Géomorphologie et Chronoséquence .....	30
Chimie des Sols Submergés .....	31
Caractéristiques et Fertilisation des Rizières Aquatiques .....	33
Amélioration des Sols "Ingrats" .....	37
Techniques Culturelles et Outillage Agricole .....	39
Commentaires .....	41
CONCLUSION GENERALE .....	41
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES .....	43

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau		<u>Page</u>
1	EVOLUTION DU REGIME PLUVIAL EN BASSE CASAMANCE (MM) .....	4
2	SUPERFICIE DES PRINCIPAUX BASSINS VERSANTS DE LA BASSE CASAMANCE .....	6
3	RENDEMENT (KG/HA) MOYEN SUR CINQ ANS DES CULTURES DE PLATEAU EN CASAMANCE (ESSAI AMELIORATION FONCIERE) .....	9
4	FERTILISATION MINERALE (KG/HA) PRECONISEE POUR LES CULTURES DE PLATEAU EN CASAMANCE .....	11
5	RENDEMENTS MOYENS (KG/HA) POUR LES PARCELLES DE GUERINA (1965-1973) (EXPERIMENTATION EN VRAIE GRANDEUR) .....	12
6	EFFETS DU LABOUR PROFOND SUR LE RENDEMENT DES CULTURES EXONDEES AU SENEGAL: MOYENNE DE 20 ANS D'ETUDE .....	15
7	RESUME DE SIX ANS DE RESULTATS SUR LE RIZ (ESSAI AMELIORATION FONCIERE A N'DIEBA) .....	16
8	COMPARAISON DES EFFETS DE L'ENGRAIS MINERAL SUR LE RENDEMENT DU RIZ SUR LES SOLS DE PLATEAU ET DE NAPPE .....	23
9	ARRIERE-EFFET DU RIZ (KG/HA) SUR UNE CULTURE DE RIZ SANS ENGRAIS (VAR. IKP) .....	24
10	INFLUENCE DE LA NAPPE SUR LA PRODUCTION DE RIZ (IKP) ET DE MAIS (BDS) EN MOYENNE CASAMANCE .....	25
11	CARACTERISTIQUES ANALYTIQUES DES SOLS HYDROMORPHES EN BASSE CASAMANCE .....	34



## AVANT-PROPOS

Cette synthèse partielle de la littérature agronomique consacrée à la Basse Casamance a été entamée dès la mise en place du programme de recherche sur les systèmes de production et le transfert de technologies à l'ISRA/Djibélor. Ce travail a permis à l'équipe "Systèmes" d'asseoir son programme sur les acquis de la recherche agronomique et de mieux apprécier les contraintes de l'écosystème en Basse Casamance.

Nous tenons à remercier particulièrement les collègues Y. M'Bodj, M. Diack, S. Diatta, A. Faye, M. Kamuanga, M. Kouma, G. Pochier, S. Sall et M. Touré pour leurs commentaires et suggestions qui nous ont été très utiles.

Novembre 1982

Pour la mise en forme de ce document, nous tenons à remercier aussi E. Landais.

Janvier 1985

**CONTRIBUTION A LA CONNAISSANCE AGRONOMIQUE  
DE LA BASSE CASAMANCE**

**(SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE)**

**J. L. Posner**

Le plan de cette synthèse suit la toposéquence classique de la région: nous étudierons successivement les terres exondées (sols de plateau, sols ocres de pente), les terres de transition (sols gris de nappe), enfin les terres submergées pendant le cycle agricole (les bas-fonds et les plaines alluviales).

**BREF APERCU DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE  
EN BASSE ET MOYENNE CASAMANCE**

Une station de recherche a été établie en 1947 à Séfa, en Moyenne Casamance, et consacrée à la recherche d'accompagnement sur l'arachide, pour le compte de la Compagnie Générale des Oléagineux Tropicaux. Par la suite, la station fut reprise par l'IRAT en 1960, et sa vocation s'étendit, du fait des problèmes d'assolement, à l'amélioration de toutes les cultures vivrières pluviales strictes. En 1967, une sous-station de 47 ha était établie à Djibélor (5 km à l'ouest de Ziguinchor), en zone guinéenne sèche, pour l'étude de la riziculture submergée. La station de Djibélor s'est développée progressivement; lors de la création de l'ISRA en 1975, elle est devenue une station principale, et SERA une sous-station. En 1980, la sous-préfecture de Niaguis a accordé une extension de 40 ha de plateau à la station de Djibélor.

A partir de 1962, l'IRAT a mis en place un réseau de PAPEM (Points d'Appui de Prévulgarisation et d'Expérimentation Multilocale), qui a permis aux chercheurs de prolonger leurs études thématiques en installant des essais dans des conditions écologiques non représentées dans les stations expérimentales. Des PAPEM étaient établis dans la zone de Sindian (Djilacounda), à Maniora II - INOR (sur la route Transgambienne, à proximité de Boukiling), à N'Dieba (sur la route de Marsassoum), à Medina, Kamobeul-Enampore (près de Djibélor) et Diana Ba (à 40 km de Kolda sur la

route de Sédhiou). Actuellement, les PAPEM de Enampore, Maniora II et Diana Ba font toujours partie du réseau de l'ISRA en Basse et Moyenne Casamance.

En plus des PAPEM qui constituent des infrastructures quasi permanentes, l'ISRA a implanté des essais agronomiques multilocaux, pour la plupart annuels, suivis par des observateurs, souvent installés sur place pour la durée de l'hivernage. Pour les cultures de plateau, on peut citer Mampalago, Thiar et Kitim; pour le riz, Mampalago, Mandouar, Simbandi-Balante et Oussouye. La "Section Application de la Recherche à la Vulgarisation" (SARV) avait également installé des tests d'assolement, d'enfouissement de l'engrais vert et des essais variétaux de riz et de maïs, à Guerina (1966-73) et à Nema (1966-69), en collaboration avec les écoles d'agriculture.

Le programme des Unités Expérimentales (1968-1980) n'a pas été étendu jusqu'à la Casamance. Dans ce programme, des paysans étaient suivis par des équipes multidisciplinaires basées à Bambey puis à Kaolack en vue d'évaluer l'impact en milieu réel des thèmes proposés et testés par la recherche. Avec un protocole plus léger, M. Pochtier (SARV) a monté un programme de "village-test" à Mampalago II où les schémas de mise en valeur étaient testés en collaboration avec des paysans regroupés ou bien avec des paysans "progressistes."

En plus du réseau de l'ISRA, il faut signaler les activités de recherche agronomique développée par les Sociétés de Développement. En Moyenne-Casamance, le Projet Rural de Sédhiou (PRS) et en Basse Casamance, l'ILACO et son successeur, le Programme Intégré de Développement Agricole en Casamance (PIDAC), chargés du volet de vulgarisation, ont participé à la recherche d'accompagnement. Dans les années 1968-73, l'ILACO a conduit, en riziculture, divers essais sur l'emploi de l'engrais (phosphatage de fond, et apport d'urée), la lutte contre les termites (HCH et Heptapoudre) et les travaux de préparation du sol en traction bovine et au cayendo à plat pour le semis direct (ILACO, 1973). Malheureusement, le projet a été réalisé au cours d'années très déficitaires sur le plan pluviométrique et n'a pas connu un grand succès. A l'heure actuelle, avec une infrastructure plus étoffée, et avec une palette variétale plus large (riz, maïs, patate douce, arachide), le PIDAC relance des thèmes comparables.

De l'ensemble de ce réseau expérimental, on peut retenir les points suivants:

- 1) Les deux stations expérimentales de Séfa (cultures de plateau) et de Djibélor (riz de nappe et submergé) ainsi que les PAPEM et les sites d'essais multiloaux ont permis des expérimentations portant sur de nombreux thèmes agronomiques ainsi que de multiples tests variétaux sur différents types de sols et sous des régimes pluviaux variés. Néanmoins, les terres exondées de la Basse Casamance n'ont pas encore été suffisamment étudiées. On est ainsi conduit à extrapoler les résultats des travaux faits sur le plateau soudanais de Moyenne-Casamance et son prolongement dans le nord de la Basse Casamance (N'Dieba, Inor - Maniora II, Sindian) aux terres ayant évolué sous une végétation et un climat de type guinéen.
- 2) Depuis 1973, à l'exception des travaux réalisés à Mampalago, très peu de recherches agronomiques en Basse Casamance ont été menées en milieu paysan, avec la participation des producteurs.

### CLIMAT <sup>1</sup>

L'unique saison des pluies dure de juin à octobre. Dans 70 pour cent des cas, le total pluviométrique mensuel le plus élevé (un tiers du total annuel) est enregistré en août; dans 20 pour cent des cas, en septembre, et dans 10 pour cent des cas, en juillet. Les pluies commencent à l'est et gagnent progressivement le sud-ouest de la Casamance. Les hauteurs annuelles des précipitations décroissent de Oussouye à Séfa (voir tableau

Le fait le plus frappant est que les années 1966-80 ont connu une réduction de 20 pour cent des précipitations et les quatre dernières années indiquent une nouvelle moyenne encore plus basse. A Ziguinchor depuis 15 ans il y avait 4 ans avec moins de 1.000 mm.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup>Plan Directeur du Développement Rural pour la Casamance. Climatologie, Hydrologie, Infrastructure. SOMIVAC, 1978, Tome II, Livre 2 (Schillinger).

<sup>2</sup>La pluviométrie moyenne à Ziguinchor en 1985 était de 1,650 mm (Balensi, et al., 1965).

**TABLEAU 1**  
**EVOLUTION DU REGIME PLUVIAL EN BASSE CASAMANCE (MM)**

Pluviométrie	Oussouye	Djibélor Ziguinchor	Bignona	Séfa
Moyenne sur 15 ans (1951-1965) <sup>a</sup>	1.610	1.503	1.425	1.079
Moyenne sur 15 ans (1966-1980)	1.310	1.233	1.125	1.023
1981 <sup>b</sup>	1.239	1.221	987	1.059
1982 <sup>b</sup>	1.099	1.029	923	861
1983 <sup>b</sup>	908	829	618	770
1984 <sup>b</sup>	1.190	1.225	949	970

<sup>a</sup>Rapport d'activités, 1980, Station Rizicole de Djibélor.

<sup>b</sup>Archives, Section Bio-climatologie, Station Rizicole de Djibélor.

La Basse Casamance étant marginale pour le riz de mangrove, une baisse de 20 à 30 pour cent des précipitations est néfaste aux rendements. Avec une insuffisance de précipitations, les vasières ne se déssalent pas et, au contraire, accumulent du sel; la culture du riz aquatique n'est alors plus possible. Souvent, le cultivateur ne pourra juger de la gravité de la situation climatique qu'au mois d'août, lorsqu'il est trop tard pour semer sur le plateau: dans l'impossibilité de pratiquer la riziculture inondée, il ne lui reste alors pas d'autre alternative. De ce fait, l'expérience des 15 dernières années a amené la majorité des cultivateurs à s'assurer une récolte sans trop compter sur la culture traditionnelle du riz de mangrove. On peut retenir de ces données climatiques que les systèmes agricoles traditionnels en Basse Casamance sont en voie de changement du fait du "nouveau régime" pluvial.

### HYDROLOGIE <sup>3</sup>

La partie maritime du fleuve Casamance se prolonge dans l'arrière-pays jusqu'à 220 km de l'embouchure et l'eau salée monte régulièrement jusqu'à 130 km. Le taux de sel est maximum en juin et minimum en octobre (la salinité à Ziguinchor varie entre 19 et 37 g sel/l. En dehors du fleuve, 5 bassins versants importants existent en Basse Casamance (voir tableau 2). Tous subissent le régime maritime du fleuve et l'amplitude maximum des marées est d'environ un mètre. Le relief étant peu accusé, tous les bolons et marigots de la Basse Casamance sont eux aussi affectés par le sel sur une grande partie de leur cours.

Une des conséquences d'un relief peu accidenté est le manque d'écoulement des eaux de ruissellement. En moyenne, pour la Basse Casamance, seulement 6 pour cent de la pluie s'écoule (Harza, 1981) et participe au lessivage des rizières de mangrove. Le régime des pluies étant déficitaire au cours des dernières années, on constate que le nombre des

---

<sup>3</sup>Plan Directeur du Développement Rural pour la Casamance, Climatologie Hydrologie, Infrastructure. SOMIVAC, 1978, Tome II, Master Plan of Agricultural Development of the Lower Casamance (15:09:81) Harza International pour SOMIVAC.

TABLEAU 2  
SUPERFICIE DES PRINCIPAUX BASSINS VERSANTS  
DE LA BASSE CASAMANCE<sup>a</sup>

Bassin Versant	Superficie
Baïla	1.642 km <sup>2</sup>
Bignona	750 km <sup>2</sup>
Kamobeul	700 km <sup>2</sup>
Guidel	145 km <sup>2</sup>
Agnak	135 km <sup>2</sup>

<sup>a</sup>Master Plan of Agricultural Development of the Lower Casamance, Harza International (1981).

rizières de mangrove abandonnées, suite à l'accumulation de sel, s'accroît partout en Basse Casamance.

Dans les parties maritimes des bassins versants, il faut remarquer qu'en plus d'une salinisation du lit mineur du fait des marées et de l'évaporation pendant la saison sèche, il y a également une salinisation importante de la nappe phréatique superficielle sous-jacente. Cette salinisation intervient à la fin de la saison des pluies par suite de l'alimentation de la nappe par la haute marée et par l'action capillaire. Par conséquent, non seulement les vasières, mais également les rizières situées sur les premières terrasses sont affectées par le déficit pluviométrique qui provoque des pertes importantes.

En remontant la toposéquence, on trouve les terres de nappe qui feront l'objet d'un examen séparé dans cette synthèse. Ces zones sont alimentées par le ruissellement hypodermique à travers les horizons inférieurs de la cuirasse ou par une remontée de la nappe phréatique superficielle (Bertrand, 1973). Pendant la période du 15 août au 1er octobre, ces sols reçoivent souvent une alimentation souterraine, ce qui donne à la riziculture locale un caractère spécial.

En résumé, l'hydrologie superficielle de la Basse Casamance est dominée par la mer et en raison d'un relief très plat et d'une pluviosité déficitaire, la zone a des problèmes très aigus de salinisation des rizières. Ces problèmes paraissent plus importants en Basse Casamance qu'ils ne le sont d'une part en Guinée Bissau où il pleut davantage (2.000-2.500 mm), d'autre part en Gambie, où le bassin versant du fleuve est plus large et sa crue plus importante.

## LES TERRES EXONDEES

### Description des Sols

Les sols de plateau sont à peu près tous de formation sédimentaire grés-argileuse du continental terminal. Le centre des plateaux est occupé par "l'association des sols beiges de ce plateau" qui présentent un horizon humifère gris appauvri suivi d'un horizon beige marqué par la présence de taches rouges d'hydromorphe et d'accumulation d'argile. Jusqu'à présent,



ces sols ont été classés parmi les sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches ou à concrétions plus ou moins hydromorphes. Les sols de plateau bien drainés font partie de "l'association des sols rouges sur l'ensemble du profil et s'enrichissent progressivement en argile." Les sols rouges sont classés parmi les sols ferralitiques. (D'après Siband, 1974 et Bertrand, 1973).

En contre-bas des affleurements de cuirasse, se trouve "l'association des sols ocres de pente." Ces sols sont assez comparables aux "sols beiges," mais ils ont un bon drainage externe dû à leur position topologique et à leur faible taux en argile dans 90 les premiers horizons (10 pour cent); ils présentent une nette tendance à l'acidification. D'après Bertrand (1973) et Pochier (1981b), ces sols sont en amont des villages, le long de la Soungrougrou et ils sont normalement cultivés durant 4 ans, auxquels succèdent 1 à 3 ans de jachère.

En général, les sols exondés de Moyenne Casamance ont dans leur couche supérieure (0-10 cm) 2 à 3 pour cent de matière organique, 10 à 13 pour cent d'argile et plus de 50 pour cent de sable fin. Le pH est souvent en dessous de 6, le CEC varie de 4 à 5 meq et la saturation en bases avoisine 45 pour cent. En profondeur (20-60 cm), le taux de matière organique diminue, tout comme la saturation en bases. Le travail de Siband (1974b) a montré que les "sols rouges" passent de 2,8 pour cent de matière organique à 0-10 cm de profondeur sous forêt et 0,84 pour cent pour les sols défrichés depuis 90 ans au moins. La capacité d'échange diminue parallèlement de 7,8 meq/100 gm à 2,5 meq/100 gm dans la couche superficielle et le taux d'argile tombe de 11,2 pour cent à 7,4 pour cent. Par conséquent, il y a une diminution de la fertilité en fonction de la profondeur des sols et en fonction du temps de culture.

Staimesse (1967) a montré que les sols jaunes d'Oussouye sont semblables à ceux de la Moyenne Casamance. Cependant, la couche supérieure y est plus pauvre en argile et en matière organique, et présente un pH acide de l'ordre de 5. Ces sols sont très profonds (5 m) et d'une structure homogène (pas d'horizon d'induration).

Les caractéristiques hydriques sont aussi importantes que la fertilité des sols exondés. Sous forêt, "les sols beiges" ont un taux d'infiltration de 3 cm/h et les "sols rouges" de 4 cm/h. Ces taux diminuent très

TABLEAU 3

RENDEMENT (KG/HA) MOYEN SUR CINQ ANS DES  
CULTURES DE PLATEAU EN CASAMANCE  
(ESSAI AMELIORATION FONCIERE)

	Temoin (F0)	Engrais (F1)	Engrais (F2)	% Augmentation Engrais F2 sur le Temoin (%)
Riz (144B/9) <sup>a</sup>	560	1.170	1.980	235
Maïs <sup>b</sup>	710	2.242	2.913	310
Sanio de Séfa <sup>b</sup>	1.071	1.697	2.418	125
Arachides <sup>c</sup>	1.300	1.642	2.097	61

<sup>a</sup>Moyenne de Séfa, N'Dieba et Vélingara, 1971-1974, Pochtier (1978, p. 6).

<sup>b</sup>Moyenne de Séfa et N'Dieba pour le maïs et Vélingara pour le mil, 1968-1972, Pochtier (1973, p. 28).

<sup>c</sup>Moyenne de Séfa, N'Dieba et Vélingara, 1968-1972, Pochtier (1973, p. 26).

rapidement quand les sols sont cultivés (sous culture). Quand le labour est fait avec de grosses machines, surtout sur les sols beiges, l'infiltration peut être réduite à la moitié voire au dixième de l'infiltration sous forêt (Charreau et Fauck, 1970). La préparation traditionnelle du terrain en billons a pour effet une ségrégation des éléments grossiers et fins, la formation d'une croûte superficielle et un litage des sables qui réduit l'infiltration (Seguy citée par Siband, 1972). La réduction de l'infiltration sur les champs cultivés provoque un ruissellement important dans la zone. Ce ruissellement peut être contrôlé partiellement avec un enfouissement de paille, un semis précoce et des cultures en courbe de niveau.

### Fertilité des Sols et Assolements

Plusieurs auteurs font référence à la carence en phosphore et en potasse dans les sols de plateau de Moyenne Casamance (Birie-Habas, 1966; Pochier, 1981). Pochier (1968, 1969, 1971) a constaté de bonnes réponses au  $P_2O_5$  et à  $K_2O$  de l'arachide et du riz pluvial au PAPEM de N'Dieba et Mayor; Siband (1972, 1974b) a trouvé la même chose avec le riz pluvial en serre et aux champs,

Pendant plus de 15 ans les essais Amélioration Foncière ont été menés. Leur objectif principal a été d'étudier les techniques disponibles pour maintenir et améliorer en permanence la fertilité des terrains cultivés. Dans ces essais, trois niveaux de fertilisation et trois niveaux de préparation de terrain (9 traitements), ont été comparés. L'essai était évidemment pluriannuel et l'assolement suivi: une jachère enfouie, une arachide, un mil ou maïs, et un riz pluvial. Le tableau 5 récapitule les réponses à l'engrais des principales cultures de plateau.

L'effet de l'engrais est très positif. Pour les céréales, les recommandations en thèmes semi-intensifs tournent autour de 40 unités d'azote et, pour le système intensif, autour de 120 unités pour la Casamance (voir tableau 4). Au centre de perfectionnement agricole de Guerina (7 km de Bignona), l'application des thèmes semi-intensifs a été suivie durant plusieurs années, de résultats satisfaisants (voir tableau 5).

TABLEAU 4

FERTILISATION MINERALE (KG/HA) PRECONISEE POUR  
LES CULTURES DE PLATEAU EN CASAMANCE

Culture	Formule	Thèmes Légers (F1)	Thèmes Intensifs (F3)
Mil	14-7-7	150	150 (10-21-21)
	Urée	0	150
Maïs	8-18-27	100	300
	Urée	100	300
Riz pluvial	8-18-27	100	250
	Urée	75	200
Arachide	8-18-27	150	150
	KCL	0	50

Source: Pochier (1982).

TABLEAU 5

RENDEMENTS MOYENS (KG/HA) POUR LES PARCELLES  
DE GUERINA (1965-1973) (EXPERIMENTATION  
EN VRAIE GRANDEUR)<sup>a</sup>

Culture	1965	1966	1967	1968	1970	1971	1972	1973
	(kg/ha)							
Maïs	2.960	2.750	2.768	1.183	1.512	2.380	930	2.307
Arachide	1.884	1.560	1.429	2.205	2.227	1.758	2.100	1.571
Mil	1.108	1.000	866	1.446	1.154	577	420	1.017
Riz	1.754	1.185	1.266	1.178	771	676	0	1.326
Pluviométrie (mm)	1.854	1.268	1.652	689	1.169	804	655	977

<sup>a</sup>Résumé des rapports annuels de Guerina 1965-1973. Il faut noter que l'entretien des parcelles a été fait par les jeunes paysans en stage et que le riz employé à cette époque (IKP) était souvent attaqué par la pyriculariose.

En plus de la quantité d'engrais, la date de l'épandage est un facteur de variation important du rendement. Ganry (1983) dans sa revue sur la gestion de l'azote en sol sableux, a cité les essais faits à Séfa. Les résultats indiquent que le maïs, après 30 jours de végétation, peut mobiliser jusqu'à 5 kg N/ha/jour, le riz pluvial (à partir du 50ème jour) jusqu'à 4 kg N/ha/jour, alors que le sanio ne dépasse jamais un taux de mobilisation de 2,4 kg N/ha/jour. Dans les deux premiers cas, les demandes dépassent la possibilité de minéralisation du sol et les apports d'urée sont nécessaires. L'enfouissement d'urée à 5 cm peut presque doubler l'efficacité de cet apport par rapport à l'épandage en surface.

Les importantes augmentations de rendements dues aux engrais montrent que le plateau peut être mis en culture continue avec une fumure et une rotation adéquate. Diatta (1978) a prouvé qu'après 6 ans de culture en rotation, on peut obtenir de bons rendements, soit sur un sol dégradé (Sédhiou), soit sur un sol récemment défriché (Maniora II). Avec deux rotations similaires: jachère enfouie - maïs - arachide - riz pluvial ou jachère enfouie - mil - arachide - riz pluvial, les rendements moyens sur un sol dégradé ont été de 2,2 tonnes/ha d'arachide, 3 tonnes/ha de maïs, 1 tonne/ha de mil et 2 tonnes/ha de riz pluvial, sur une période de 6 années.

Des résultats comparables ont été obtenues sur un sol récemment défriché. L'étude de Diatta, qui s'est étalée sur 10 ans, devrait donner lieu prochainement un bilan final. On peut d'ores et déjà conclure qu'avec un apport de 10 tonnes de fumier par hectare et par an et les doses d'engrais recommandées, il est possible de déboucher sur les systèmes de culture qui ne dégradent pas le sol, et peuvent même le régénérer. Plusieurs chercheurs ont recommandé la rotation type suivante pour la Moyenne Casamance: engrais vert enfoui - maïs - arachide - mil, le maïs ou le mil pouvant être remplacé par le riz pluvial là où les conditions pédoclimatiques le permettent (Nicou, 1978, Charreau et Fauck, 1970).

## Travail du Sol

### **Labour Profond**

Il est admis, suite aux travaux de recherche agronomique effectués au Sénégal, qu'un labour profond (15-20 cm) augmente les rendements. Chopart (1981a), dans sa revue de 20 ans de recherche, a indiqué qu'un labour profond en traction bovine peut donner des accroissements de 50 à 70 pour cent par rapport au témoin préparé manuellement pour le maïs et le riz pluvial. Si la paille de l'année précédente est enfouie au moment du labour, les rendements sont encore plus élevés (voir tableau 6). On peut expliquer les effets positifs du labour profond de la façon suivante: les sols sénégalais défrichés depuis longtemps ont des taux de matière organique très bas et leur horizon superficiel s'appauvrissant en argile, ils deviennent très compacts. Le labour profond augmente la porosité (de 37 pour cent à 44-49 pour cent), le taux d'infiltration (de 26 pour cent) et la profondeur d'enracinement. Ces trois facteurs améliorent le régime hydrique pour la plante et, par conséquent, élèvent le rendement. (Charreau et Fauck, 1970; Charreau et Nicou, 1971; Chopart, 1981a).

En Basse Casamance, sur le riz pluvial strict à N'Dieba, le travail léger du sol (passage croisé des dents de canadien en juin) n'a produit, en moyenne, qu'une plus-value de 250 kg/ha. Le travail plus intensif du sol (labour de fin de cycle avec la charrue et enfouissement-reprise en juin avec le canadien), a donné une plus-value de 800 kg/ha (voir tableau 7). Sur le riz pluvial strict, les grattages superficiels n'apportent pas d'augmentation sensible de rendement tandis que le labour (12 à 15 cm de profondeur) donne des résultats plus intéressants.

### **Travail Minimum du Sol**

Une pratique différente du labour profond est le travail minimum du sol. D'après Chopart (1981b), cette technique ne peut pas réussir au Sénégal, à cause de la brièveté de la saison des pluies qui impose un semis précoce. Avec la technique du travail minimum du sol, au lieu de semer tôt, il est préconisé d'attendre d'abord que les adventices atteignent une bonne

TABLEAU 6

EFFETS DU LABOUR PROFOND SUR LE RENDEMENT DES CULTURES  
EXONDEES AU SENEGAL: MOYENNE DE 20 ANS D'ETUDE<sup>a</sup>

Cultures	Labour Seul	Labour d'Enfouissement
Arachide	+20%	+9%
Mil	+17%	+24%
Sorgho	+24%	+24%
Mas	+54%	+75%
Riz pluvial	+71%	+103%
Cotonnier	+16%	+33%

<sup>a</sup>Chopart, J. L. (1981a), "Le travail du sol du Sénégal."



TABLEAU 7

RESUME DE SIX ANS DE RESULTATS SUR LE RIZ  
(ESSAI AMELIORATION FONCIERE A N'DIEBA<sup>a</sup>)

Année	1969	1970	1971	1972 <sup>b</sup>	1973	1974 <sup>c</sup>	Moyenne 6 ans	P.V.M. <sup>d</sup> 6 ans
Pluviométrie (mm)	1.234	1.340	920	--	922	1.207	--	--
<u>Fertilisation</u>	Effet Fumure (kg/ha)							
Nulle (F0)	491	285	880	0	254	191	350	--
Légère (F1)	1.125	428	2.039	0	793	1.219	934	584
Semi-intensive (F2)	783	1.272	2.874	0	1.587	2.136	1.442	1.092
<u>Travail du Sol</u>	Effet Travail du Sol (kg/ha)							
Manuel (T0)	673	369	1.600	0	391	1.158	699	--
Grattage (T1)	724	556	1.861	0	718	1.378	873	174
Charrue (T2)	1.002	1.060	2.332	0	1.525	1.010	1.155	456
Variété	63-83	63-83	IKP	IKP	IKP	302-6		

<sup>a</sup>Résumé des dossiers personnels de G. Pochhier.

<sup>b</sup>1972 - échaudage et pyriculariose - récolte nulle.

<sup>c</sup>1974 - effet dépressif du labour et de l'enfouissement (T2) des pailles de fin cycle 1973 suite à une mauvaise décomposition (humidité insuffisante).

<sup>d</sup>p.V.M. = Plus-value moyenne.

croissance pour les détruire successivement et en faire du raillage. Les sols sableux du Sénégal répondent déjà très bien à un labour grâce à l'amélioration des propriétés physiques du sol. Avec le travail minimum du sol, le labour est supprimé et par conséquent, l'effet positif de l'enfouissement est perdu. La dernière raison évoquée par Chopart pour l'échec de cette technique est le fait que pour le mil et l'arachide, les deux grandes cultures du Sénégal, il n'existe pas d'herbicides sélectifs.

### **Labour de Fin de Cycle et Enfouissement d'Engrais Vert**

Dans l'optique de rentabiliser la réserve d'eau du sol et de faciliter un semis précoce, beaucoup de chercheurs ont recommandé le labour de fin de cycle. Cette technique permet de rompre le système capillaire en fin de cycle et d'emmagasiner plus de 50 mm d'eau dans les deux premiers mètres. Ceci facilite un passage rapide aux dents canadiennes en juin l'année suivante, et le terrain est prêt à être semé (Charreau et Nicou, 1971). Dans la zone soudanaise (Nioro du Rip, Sinthiou-Maleme), le labour de fin de cycle ne procure pas de plus-value par rapport au labour de début de cycle (Tourte et al., 1971) mais il facilite un semis précoce. En Basse Casamance où la pluie est plus abondante et la fourchette des dates de semis plus large, il n'est pas évident que le labour de fin de cycle puisse avoir un effet sensible sur les cultures.

Cependant, ses effets indirects sont nombreux:

1. Les boeufs de labour sont en meilleure condition physique en Octobre qu'en Juin.
2. L'enfouissement de la paille en Octobre peut améliorer la structure et la fertilité du sol pour la saison suivante, s'il reste suffisamment d'humidité pour permettre sa décomposition.
3. Avec le labour de fin de cycle, on enfouit aussi une quantité importante de tiges (2-4 tonnes/ha), normalement à la disposition du bétail (qui en consomme environ le tiers).

Dans le même optique d'amélioration foncière, la recherche avait conseillée l'enfouissement d'un engrais vert tous les quatre ans dans les assolements prévus pour la Basse et la Moyenne Casamance. A Guerina et à l'École des Agents Techniques de l'Agriculture à Ziguinchor, l'assolement

établi dans les années soixante débutait par un engrais vert de mil (sania de Séfa). Après un phosphatage de fond et un labour superficiel, la sania était semée (vers le 15 juin) et une fauche à 25 cm du sol était faite vers le début du mois de Septembre: un mois plus tard, la repousse était enfouie. Selon Tourte et al. (1971), sur 135 essais, 112 étaient favorables à l'enfouissement. Sur les 23 essais défavorables, 21 concernaient l'arachide. En Basse Casamance, les thèmes "labour de fin de cycle et enfouissement d'engrais vert" ne sont pas encore connus et la solution traditionnelle des jachères de longue durée est toujours employée pour restaurer la fertilité du sol.<sup>4</sup>

### Erosion

Roose (1967) a résumé les études sur l'érosion au Sénégal. Les travaux de Séfa indiquent une perte moyenne annuelle de 10 tonnes/ha (une couche de terre de 0,6 mm d'épaisseur) sur des terrains cultivés avec 1-2 pour cent de pente. Cette perte peut être réduite de 50 pour cent avec une jachère et de 20 pour cent supplémentaires seulement avec une deuxième année de jachère. La culture motorisée peut provoquer une perte de 14 tonnes/ha tandis qu'une culture traditionnelle sur le même terrain peut entraîner une perte de 8,5 tonnes/ha. Une culture mal conduite peut provoquer un ruissellement de 53 pour cent et une érosion de l'ordre de 55 tonnes de terre/ha/an. Le facteur principal qui déclenche l'érosion est l'énergie cinétique des gouttes d'eau. Charreau et Fauck (1970) ont constaté que vers le 15 août, quand 30 à 50 pour cent des précipitations et de l'écoulement se sont effectués, 90 à 95 pour cent de l'érosion totale serait déjà consommée. De cette observation découle la nécessité d'avoir une couverture végétale le plus tôt possible dans la saison pour éviter l'effet "splash" des orages (argument supplémentaire en faveur du semi précoce). (Chopart, 1982).

---

<sup>4</sup>Le problème d'enfouissement de matières organiques est difficile. Si le labour de fin de cycle est fait tardivement, la paille ne se décompose pas et il y a une reprise difficile en début de cycle et souvent une mauvaise levée. Une carence temporaire d'azote se manifeste fréquemment.

### Commentaires

Au cours des quinze dernières années de pluviométrie déficitaire, les agriculteurs de la Basse Casamance ont porté leur effort de plus en plus sur les cultures de plateau. A l'exception des travaux faits à Séfa et sur le prolongement du plateau continental à N'Dieba, à Maniora - Inor, Mampalago et Sindian, la recherche agronomique n'a pas de référentiel pour les cultures pluviales de la Basse Casamance. On peut affirmer que certains problèmes relatifs aux sols sont les mêmes, en Basse et Moyenne Casamance (par exemple: la carence en azote, potasse et phosphore), il existe sans doute des problèmes agronomiques spécifiques aux cultures pluviales de la Basse Casamance.

Les résultats de Guerina (tableau 5) indiquent que des rendements intéressants sont possibles en Basse Casamance. Il faut maintenant tester de nouvelles variétés sur les mêmes thèmes légers en se concentrant plus dans la partie sud-ouest du pays.

Les fiches techniques pour les grandes cultures pluviales sont basées sur les données obtenues en Moyenne Casamance. Par exemple, sur mil, il est recommandé un semis début juin sur un labour à plat. Mais on constate, en fait, que la plupart des paysans de la Basse Casamance sèment 3 à 5 semaines plus tard, et labourent toujours en billons.

A côté de ces recommandations qui ne sont pas liées au calendrier agricole local, on ne dispose toujours pas de fiches élaborées pour les cultures comme le niébé, la patate douce ou le manioc. Sur le plan phytotechnique, la recherche doit commencer à élaborer des recommandations spécifiques à la Basse Casamance.

En matière de riz pluvial strict, la recherche se doit de préciser les possibilités et les limites de cette culture. Sur les plateaux ou sur les pentes abandonnées, le riz se trouve dans un milieu très carencé en éléments nutritifs et très sensible à la répartition des pluies; il faut le déconseiller en laissant la place à d'autres cultures. Pour le semis direct du riz, soit en exondé, soit en nappe, il faut étudier tous les moyens disponibles (mécanique, chimique, biologique) pour contrôler les adventices.

Les techniques de préparation de sol préconisées sont à revoir en Basse Casamance. Les travaux sur les labours profonds de début ou de fin de

cycle ont été menés dans la zone soudanaise sèche du Senegal, là où le problème primordial reste le déficit en eau. En Basse Casamance, la contrainte majeure n'est pas le manque d'eau mais plutôt l'envahissement des parcelles par les adventices. Par conséquent, un grattage superficiel peut suffire dans certains cas: dans d'autres, le labour en billons peut aider à mieux maîtriser les mauvaises herbes que le labour à plat.

Finalement, sur les sols exondés, il sera intéressant d'étudier les cultures associées qui tirent le meilleur parti de l'étalement de la saison des pluies et assurent une meilleure protection du sol. Deux possibilités non encore étudiées en Basse Casamance sont le niébé en association avec du maïs ou du sorgho.

#### **LES SOLS DE TRANSITION ENTRE LE PLATEAU ET LA PLAINE ALLUVIALE**

"Les sols gris exondés" selon Bertrand (1973) se trouvent le long des versants et sur les glacis-terrasses qui se raccordent aux alluvions nouakchottiennes. Ces terrasses "anciennes" ou "moyennes", selon la terminologie adoptée par les chercheurs de Bambey, sont appelées en Basse Casamance les "terrasses supérieures." Immédiatement en contre-bas de la zone de nappe se trouve la terrasse récente, souvent beaucoup plus argileuse, qui fait partie des "plaines alluviales" selon les travaux de Touré (Rapport Djibélor, 1979).

Cette zone de transition se distingue par sa couleur entre gris-clair et blanc, sa texture généralement très grossière et surtout par la présence d'une nappe phréatique peu profonde. La partie amont de ces sols est souvent abandonnée parce que la nappe n'affleure plus (après 15 ans de sécheresse); la partie moyenne est exploitée par une culture aléatoire de riz en semis direct, et la partie basse (qui englobe une frange de la plaine alluviale) est également consacrée à la riziculture, soit en semis direct, soit en repiquage. En Moyenne Casamance, d'après Schillinger (1978), l'utilisation des sols gris pour la riziculture intensive est un phénomène récent.

## Description des Sols et Etude de la Fertilisation

Les sols gris de nappe sont le plus souvent très sableux (50-80 pour cent de sable) avec un faible taux de matière organique (1-2 pour cent) et une capacité d'échange réduite (0,5-2,0 meq/100 mg) (Bertrand et al., 1978). En dessous de l'horizon gris, on trouve souvent un horizon de sable blanc avec, parfois, des tâches rouges ou jaunes d'accumulation de fer. La partie en amont se présente comme "un horizon éluvial" et la partie en aval comme une zone d'accumulation de fer et d'argile, ou "horizon alluvial" (Bertrand, 1973).

### Les Engrais Chimiques

La recherche faite à Mayor, Inor et Diana Ba en Moyenne Casamance a montré que ces sols sont fortement carencés en phosphore et en potasse et qu'il faut envisager, en plus d'un phosphatage de fond de 400 kg/ha, d'apporter environ 25 kg/ha de  $P_2O_5$  par an et 60 kg/ha de  $K_2O$  (Siband cité par Accolaste, 1974). Pour l'azote, vu le lessivage, il faut, pour assurer une récolte de 3.500 kg/ha, fractionner l'apport d'urée en trois: 10 kg/N au semis, 50 kg/N au début du tallage (20 j) et 25 kg/N au début de la montaison (50 j).

En Basse Casamance, la fumure d'entretien a été étudiée à Enampore et à Mampalago. A Enampore, on a pu démontrer que le meilleur traitement était un phosphatage de fond (400 kg/ha tous les 4 ans) suivi d'un enfouissement en fin de cycle de 6 tonnes de paille, combiné avec niveau d'engrais (NPK) de 60:40:40. A Mampalago, (une année d'expérimentation), la recommandation est la même, à la qualité d'azote près (40:40:40) (Rapport Annuel Djibélor 1979, 1980).

### "Engrais Ambulant"

En dehors des augmentations de rendement dues à l'engrais, il faut noter que les témoins sans engrais produisent couramment 1,5 à 2,5 tonnes de paddy à l'hectare. Gouze (cité par Bertrand et al., 1978) a montré que le nappe phréatique contient du nitrate en quantité non

négligeable (150-600 mg/l). M. Ganry (1982) a estimé qu'à Diana Ba l'apport d'azote à la culture varie de 30 à 60 kg/ha/an (système racinaire au contact d'une nappe dosant entre 10 et 20 ppm d'azote minéral, durant une période de 60 jours).

Selon l'hypothèse avancée par plusieurs chercheurs, un apport d'azote sur semis précoce faciliterait une croissance rapide des racines, qui permet une meilleure exploitation du sol (communication orale de G. Pochier).

Comparée au tableau, la zone de nappe répond très bien, à des doses d'engrais, même faibles, surtout si l'épandage est fait précocement (voir tableau 8).

### **Engrais Biologique**

Les travaux sur la dynamique de l'azote dans les sols ont montré l'existence d'un arrière-effet d'une première culture de riz sur une seconde (voir tableau 9). Il est possible que la rizoflore qui se développe sur une culture de riz de nappe puisse aider à la minéralisation ou à la fixation active de l'azote. Après cinq ans de recherche, Ganry a montré que les rendements de riz se maintiennent à 2.300-2.600 kg de paddy/ha en l'absence de fertilisation azotée, et sans risque de baisse de la fertilité azotée, si l'on pratique un labour de fin de cycle avec enfouissement du système racinaire du riz (récolte à la faucille).

### **Dynamique de la Nappe**

Les études de Bertrand et Forest (1973) et Guillobez (1973) ont montré que la hauteur de la nappe phréatique dans les sols gris peut fluctuer de plus de deux mètres pendant l'hivernage.

La plupart du travail a été fait dans la zone encadrée par le PRS (Projet Rural de Sédhiou) le long de la Casamance, en amont de Diana-Ba, sur la Soungrougrou près de Bounkiling, et dans trois sites en Basse Casamance autour de Balingor. Grâce à ces études, les auteurs ont pu diviser l'évolution de la nappe en trois phases:

TABLEAU 8

COMPARAISON DES EFFETS DE L'ENGRAIS MINERAL  
SUR LE RENDEMENT DU RIZ SUR LES SOLS  
DE PLATEAU ET DE NAPPE

Zone	Rendement Paddy (kg/ha)					
	Azote		Phosphore		Potasse	
	0	37,5	0	30	0	30
Sol gris de nappe	3.000	4.620	3.690	4.650	4.090	4.500
Sols de plateau	840	1.720	1.090	2.290	2.220	2.200

Source: Siband et Diatta, (1974) cité par Bertrand et al., (1978, p. 253).



TABLEAU 9

ARRIERE-EFFET DU RIZ (KG/HA) SUR UNE CULTURE  
DE RIZ SANS ENGRAIS (VAR. IKP) <sup>a</sup>

Précédent	Riz	Jachère	Différence
Année			
1973	3.942	2.345	+ 1.597
1974	2.745	2.650	+ 95
1974	2.895 <sup>b</sup>	1.459	+ 1.436

<sup>a</sup>Accolatse (1974, page 48).

Troisième année de riz continue.

TABLEAU 10

INFLUENCE DE LA MAPPE SUR LA PRODUCTION DE RIZ  
(IKP) ET DE MAIS (BDS) EN MOYENNE CASAMANCE<sup>a</sup>

	Rendements (kg/ha) Moyens			
	Parcelles Basses <sup>b</sup>		Parcelles Hautes <sup>b</sup>	
	Riz	Maïs	Riz	Maïs
<u>1971</u>				
Inor	2.540	3.810	1.672	3.845
Kandiadiou	3.688	--	2.312	--
<u>1972</u>				
Diana Ba	3.397	3.899	3.241	2.924
<u>1973</u>				
Diana Ba	5.044	1.225	3.154	2.113
Moyenne	3.665	--	2.594	--

<sup>a</sup>Rendements cités dans les travaux de Bertrand (1973), Pochier (1973, 1974) et Accolatse (1974).

<sup>b</sup>Les parcelles basses sont les quatre premières bandes et les parcelles hautes les quatre suivantes.

1. une phase de remontée de la nappe qui est assez lente, de juillet à mi-août, très rapide fin août et irrégulière de fin août à mi-septembre.
2. une phase de crue maximum de mi-septembre à fin septembre pendant laquelle la nappe est soit subaffleurante, soit affleurante dans les parties basses.
3. une phase de tarissement après la saison des pluies, au début très rapide (1 - 2,5 cm/jour selon l'année et la toposéquence considérée), ensuite plus lente jusqu'en juin.

Sur le terrain, la remontée et la descente de la nappe permettent ainsi une classification des zones de nappe en trois parties:

1. la partie haute, très sableuse où la nappe ne monte pas suffisamment pour alimenter une culture de riz pluvial (toujours plus de 2 cm de profondeur).
2. la partie moyenne où la nappe n'affleure pas normalement, mais sa frange capillaire peut alimenter une culture de riz en rejoignant l'horizon d'humectation dû à l'infiltration des pluies.
3. la partie basse, souvent argileuse où la nappe affleure au moment où le riz parvient au stade "montaison" et où elle ne redescend qu'après la maturité des panicules. Cette zone est localisée sur la partie supérieure des terrasses récentes ou à la base de la toposéquence.

La vitesse de la remontée de l'eau en août laisse penser qu'il ne s'agit pas d'une remontée générale de la nappe phréatique située à la base du Continental Terminal. La nappe des sols gris est probablement plutôt alimentée par un écoulement hypodermique. Après des pluies importantes, l'eau s'infiltré et s'écoule sur les cuirasses ferrugineuses jusqu'à la zone des sols gris (Bertrand, 1978).

Cette interprétation des observations se justifie par la présence en Moyenne et Haute Casamance d'affleurements de cuirasses qui servent de drains de ruissellement hypodermique vers les sols gris. En Basse Casamance, en revanche, il n'existe pratiquement pas d'affleurement de cuirasses et la nappe est celle du Continental Terminal (Accolatse, 1974).

Il est vraisemblable que l'effet "tampon" de la nappe phréatique continentale modifie la dynamique de la nappe de Basse Casamance par rapport à celle de la Moyenne Casamance.

### Effet de la Nappe sur la Production Agricole

A Inor, Kandiadiou et Diana-Ba, les chercheurs de Bambey ont semé des bandes de riz et d'autres plantes pour étudier l'influence de la nappe sur la production agricole. Un résumé des résultats est présenté dans le tableau 10. La production du riz est bonne dans les parcelles basses, de même que celle du maïs (BDS), si la date de semis est telle que l'hydromorphie n'affecte pas le maïs avant sa maturité. Les parcelles hautes sont moins favorables au riz mais elles sont plus appropriées pour le maïs. D'autres cultures testées comme le mil, le sorgho et l'arachide de cycle supérieur à 120 jours se sont montrées plus sensibles à l'hydromorphie que le maïs, et ont toutes produit davantage sur les parcelles hautes (Bertrand 1973; 1973; Pochtier, 1972, 1973, 1974).

La nappe influence le riz, d'après Bertrand (1973) d'une manière très nette lorsqu'elle se situe à moins de 1 à 1,2 m de profondeur au moment de la récolte (vers le 25 Octobre).

Sachant que la frange capillaire varie de 40 à 60 cm et connaissant la vitesse de rabattement de la nappe en octobre, il est possible de délimiter la portion de la toposéquence favorable au riz de nappe (cycle plus long de 10 à 20 jours que celui des variétés de riz pluvial strict).

A Diana-Ba, Pochtier (1972, 1973) a essayé des cultures de contre-saison, soit après une jachère ou une culture de maïs, soit après une culture de riz. La descente de la nappe étant très rapide en fin d'hivernage, cette "culture de décrue" reste très aléatoire. En Basse Casamance, comme nous l'avons signalé plus haut, la nappe phréatique est celle du Continental Terminal, et il est possible que sa remontée et sa descente soient plus lentes qu'en Moyenne Casamance. On constate que, dans certaines vallées de la zone, les paysans réalisent une culture de patate douce, sans arrosage, après la récolte de riz.

### Toxicité du Fer et Salinité de la Nappe

En contrepartie de l'apport des nutriments et du régime hydrique favorable qui sont associés à la remontée de la nappe, on rencontre divers problèmes. L'écoulement superficiel et hypodermique peut amener, durant la phase d'alimentation et de remontée de la nappe, des quantités importantes de fer qui se déposent dans les premières rizières qui retiennent l'eau. Cette abondance de fer peut provoquer le phénomène de "bronzing", et entraîner une réduction du rendement.

Plusieurs auteurs (Virmane, 1976; Van Breemen et Moorman, 1978) ont constaté que le problème de toxicité ferrique est particulièrement aigu dans les rizières sableuses situées à la limite du plateau. Tanaka et Tadana (1972) ont démontré que les plantes carencées en potasse sont plus sensibles au "bronzing" à cause de leur faible activité racinaire. Ces auteurs suggèrent, pour réhabiliter les rizières affectées par le phénomène, l'addition de chaux pour relever le pH, une meilleure fertilisation des casiers (surtout en potasse) et un drainage destiné à empêcher les conditions d'anaérobiose de s'installer.

L'alimentation de la nappe par l'eau salée du fleuve est un problème aussi important que la toxicité ferrique en Basse Casamance. A Balingor par exemple, d'après les travaux de Guillobez (1973), sur une frange de 300 m de large, il y aurait un gradient de salinité du marigot de Bignona vers les terres de nappe. Cette salinisation de la nappe et cette remontée du sel due à l'évapo-transpiration du riz peuvent empêcher la maturation de la culture et provoquer des chutes de rendement importantes. Si la nappe à BALINGOR est la "vraie" nappe phréatique, il sera nécessaire d'attendre plusieurs années pluvieuses pour la reconstituer et modifier le gradient actuel vers le fleuve. D'après le rapport sur le bassin versant de Baïla (Louis Berger, Inc., 1981), dans certains endroits, le niveau de la nappe est descendu de 6 m au cours des 15 dernières années.

### Commentaires

En général, les sols gris de transition sont pauvres, mais proches des villages. Dans leurs parties basses, des rendements de riz assez élevés

sont possibles même en l'absence de fertilisation. Les parties hautes sont en général abandonnées. Une étude (faite) en Moyenne Casamance (Bertrand, 1973) a décrit la dynamique de la nappe. A Diana-Ba, Pochier (1981) a indiqué que les rendements de riz se maintiennent au-delà de 7 années de culture continue.

Quinze ans de sécheresse en Base-Casamance (surtout au sud-ouest) ont fait baisser la nappe phréatique; la période d'inondation des zones basses est devenue plus courte. Dans cette zone, la recherche devrait s'orienter vers la mise en valeur des sols avec la pratique du semis direct du riz dans les parties basses, et l'introduction d'autres cultures dans les parties hautes.

Des techniques culturales appropriées sont à définir dans ce contexte spécifique.

#### **ZONES SUBMERGEES - LES BAS-FONDS ET PLAINES ALLUVIALES**

Cette partie de la revue résume les travaux agronomiques menés sur les sols alluviaux de la Basse Casamance. La plus grande partie des travaux a été réalisée par les chercheurs de l'ISRA et de l'ORSTOM dans la zone même, ce qui n'était pas le cas pour les travaux sur le plateau et les sols gris.

Parmi ces sols, on retrouve les sols de mangrove, les tannes, les terrasses récentes, les bas-fonds inférieurs et certaines terrasses supérieures (qui ont déjà fait l'objet d'une étude dans la section précédente). La seule production agricole rentable dans ces zones est le riz. Les techniques culturales employées dépendent du type de sol, du régime hydrique et de certaines pratiques ethniques. Par exemple, un semis direct se fait au début de l'hivernage (juillet) chez les Mandingue, un repiquage en fin d'hivernage (septembre) chez les Diolas.

Ce qui suit sera surtout un résumé des acquis sur l'environnement hydromorphique de la Basse Casamance centré sur les problèmes liés à la production du riz.

### Géomorphologie et Chronoséquence

En Basse Casamance, la plupart des vallées secondaires ont été creusées lors de la grande régression Ogolienne. C'est à la transgression nouakchottienne que l'on peut attribuer la plus grande partie du comblement alluvial qui a suivi. La zone de nappe et les terrasses supérieures ont été formées par comblement alluvial, la partie démantelée étant recouverte par des colluvions du plateau.

Des oscillations mi-horaires du niveau de la mer ont provoqué les dépôts des "terrasses récentes" qui, aujourd'hui, ne sont plus submergées par le fleuve mais font toujours partie de la plaine alluviale. En général, l'altitude des "terrasses récentes" varie de 0,5 à 1 m au-dessus du niveau moyen du fleuve alors que celles des "terrasses supérieures" oscille entre 2 et 6 m (Vieillefon, 1975).

Ensuite vient l'ensemble des vasières à mangrove et des tannes. D'après Vieillefon (1975), ces vasières suivent une chronoséquence de colonisation botanique. Dans un premier temps, il y a eu des dépôts de bancs sédimentaires qui, finalement, ont dépassé légèrement le niveau de la marée basse. A partir de ce moment, les palétuviers (Avicennia) ont pu s'installer. Au fur et à mesure du développement du banc une partie croissante de l'eau en reflux n'est plus évacuée et des rigoles radiales sont creusées. Ces plans d'eau ou l'Avicennia ne pouvaient plus s'installer et devenaient un terrain de prédilection pour le rhizophora (sol potentiellement sulfaté acide).

Le banc s'agrandit peu à peu jusqu'au moment où l'eau cesse d'arriver au centre. Du fait de l'évaporation, la zone devient salée et très acide et les palétuviers meurent. Le tanne nu (sol sulfaté acide) s'approfondit du fait que les sédiments perdent une grande partie de leur eau d'imbibition et de leur matière organique et, ensuite, en raison de la déflation éolienne. Une fois creusée en cuvette, le tanne est soumis à une inondation temporaire en hivernage qui permet un léger déssalement, et une prairie halophile (paspalum vaginatum, Sesuvium Philoxerus) s'installe (sol anciennement sulfaté acide). Ces tannes herbacés évoluent progressivement en rizière au fur et à mesure que la salinité baisse et que le pH augmente à nouveau (sol para-sulfaté acide).

### Chimie des Sols Submergés

Beaucoup de sols d'origine maritime sous mangrove ont un taux élevé de soufre (2-6 pour cent). Dans les endroits où il y a beaucoup de sulfates, d'oxydes de fer, de matière organique, en conditions d'anaérobie (forêt de rhizophora), les sulfates sont réduits et il s'ensuit une accumulation de pyrite ( $\text{FeS}_2$ ). Ce sulfure peut par la suite être oxydé au fur et à mesure qu'il y a accumulation de sédiments, la zone s'élevant au-dessus du niveau de la haute marée. Les produits d'oxydation des pyrites sont la jarosite et l'acide sulfurique. Si l'aération se fait lentement pendant des années, le pH in situ ne descend pas en dessous de 3 ou 4, tandis qu'un drainage brutal peut faire descendre le pH à 2 (Moormann et Breemen, 1978).

Néanmoins, la plupart des rizières en Basse Casamance sont installées sur des terrains dont le profil n'est saturé en eau que durant l'hivernage. Ces sols une fois inondés, le stock d'oxygène enfermé dans le sol est épuisé par les microorganismes au bout de 48 heures environ. Ensuite, un milieu réducteur se développe et il y a une prolifération de microorganismes anaérobies qui utilisent les composés oxydes comme accepteurs d'électrons. Au fur et à mesure que la teneur en oxygène diminue, les nitrates, le bioxyde de manganèse, les oxydes de fer et les sulfates sont successivement réduits. Pendant la période de saturation, les produits réduits ont une plus grande solubilité et changent de couleur. En général, les sols sont gris-bleu et gris-vert avec engorgement permanent ou gris bariolé de rouille, ocre ou jaune dans le cas de pseudogley à engorgement temporaire et partiel. En régime d'inondation, il y a une augmentation du pH et une décomposition anaérobie de la matière organique, qui produit des acides organiques toxiques et une augmentation de la pression partielle de  $\text{CO}_2$  (Beye, 1977a).

En général, la teneur en matière organique, en fer et en manganèse actifs et le pH initial déterminent la dynamique des caractéristiques chimiques et électrochimiques des sols submergés. Les principaux avantages de la submersion sont: une augmentation de la solubilité du phosphore; une augmentation du pH; une désalinisation et, en général, une réduction des mauvaises herbes. Les principaux problèmes sont le risque de toxicité due



au fer (au-delà de 600 ppm), au manganèse et aux sulfates.

Les résultats de plusieurs années de travail en serre par Beye, Touré et Arial (1979) ont montré qu'il existe, du point de vue chimique, en conditions de submersion, deux grandes familles de sols:

- 1) Les sols hydromorphes des petites vallées intérieures ou des terrasses récentes. Ces sols se caractérisent par une intense période de réduction dans le premier mois qui suit la submersion. Grâce à un potentiel redox assez bas (<200 mv), les teneurs en fer soluble sont souvent très élevées durant les six premières semaines. Ensuite, la teneur en fer diminue sous l'effet de la précipitation sous forme  $\text{FeCO}_3$  et  $\text{Fe(OH)}_2$ . Le pH, au début, se situe en général autour de 5,5. Après une baisse temporaire d'une unité pH à la suite de la production d'acide carbonique par l'oxydation anaérobie de la matière organique, le pH remonte au-dessus de 6. Grâce à ce pH élevé et à la position de ces sols dans la toposéquence, les problèmes de toxicité aluminique et salinité ne s'y posent pas.
- 2) Les sols hydromorphes dont l'origine est fortement liée à la mangrove. Il y a des différences importantes entre les sols comme ceux de Tobor et les sols plus évolués comme ceux de Mandouar, mais, en général, l'influence de la submersion sur le pH est peu marquée. Aussi, contrairement aux sols du premier groupe, ces sols ne subissent pas de réduction importante et le potentiel redox reste toujours supérieur à 300 mv. Sur le plan de la teneur en fer, le sol de Tobor se situe au-dessus des concentrations léthales communément admises pour les plantes. Ceci est dû à la forte teneur en fer actif du sol, à sa teneur en matière organique évoluée et à l'absence de carbonates. A Mandouar, il a été observé une croissance régulière de la teneur en fer pendant les 18 semaines de l'essai, cette teneur restant cependant toujours inférieure à celle qui a été enregistrée à Tobor.

### Caractéristiques et Fertilisation des Rizières Aquatiques

En ce qui concerne les amendements du sol pour la production du riz, on s'intéressera successivement à deux grandes catégories dégagées lors des examens sur la géomorphologie et la chimie des sols submergés: les rizières de bas-fonds et les rizières de plaine.

#### **Rizières de Bas-Fond**

Ces rizières se situent dans les vallées que l'on rencontre en amont des plaines alluviales et elles ne présentent pas de problèmes de salinité. Ce sont des sols hydromorphes minéraux (unité 15) sur la carte de Vieillefon (1975) qui se trouvent dans les talwegs (exemple: Djibélor). Leur texture est normalement fine et leur fertilité naturelle élevée (tableau 11). Ils sont souvent entourés par une terrasse supérieure sablonneuse, objet de l'étude précédente (sol gris de nappe). A l'issue de plusieurs années d'expérimentation (Beye, 1977b), la fumure d'entretien recommandée pour une récolte de 4 tonnes de paddy/ha est la suivante:

- 1) recyclage des pailles (5-6 tonnes/ha) avec un labour de fin de cycle ou pourrissement sur place;
- 2) apport de 200 kg/ha de 8:18:27 au moment du repiquage;
- 3) fractionnement de 100 kg d'urée: 25 kg une semaine après le repiquage, 50 kg un mois après, 25 kg deux mois après.

#### **Rizières de Plaine**

Les deux grands groupes de rizières de plaine sont les rizières de mangrove (potentiellement sulfatées acides) et les rizières acides de plaine (type para-sulfaté acide). Entre les deux, on rencontre les sols de tannes vifs ou de nouveaux aménagements (type Tobor) qui ne sont pas cultivables du fait de leur conductivité électrique élevée et de leur pH très bas (sols sulfatés acides). Les travaux jusqu'ici menés pour mettre en valeur cette zone réellement "ingrate" seront abordés plus tard.

TABLEAU 11

**CARACTERISTIQUES ANALYTIQUES DES SOLS  
HYDROMORPHES EN BASSE CASAMANCE<sup>a</sup>**

Caractéristiques Analytiques	Argile (%)	Sable (%)	pH (1:25)	CE mmhos (1/10)	M.O. (%)	Fer Actif (0/00)	Bases Exch. meq/100 gm	Saturation (%)
<u>Types de Sols</u>								
De bas-fond (E1)	47,5	28,1	4,8	0,24	6,01	3,0	11,68	60
Terrasse supérieure (P6)	5,7	91,6	4,6	0,12	2,31	2,9	1,15	75
Sol acide de plaine limono-argileux (P7)	50,0	33,2	4,8	0,39	3,98	1,41	11,35	22
Sableux	24,3	69,5	3,9	6,00	0,9	16,6	7,80	82
Sol sulfaté acide	2,0	79,6	4,6	12,80	1,0	6,5	5,20	--

<sup>a</sup>Source: Beye, Touré, Arial (1979), et "Senegal Identity Card," par M. Touré.

### Rizières de Mangrove

Le système traditionnel de mise en valeur des mangroves par les Diolas est basé sur une utilisation judicieuse des mouvements de la marée. D'après Pelissier (1966), sur sept à dix ans, en l'absence d'eau douce, les paysannes sont arrivées à lessiver le sel de leurs casiers sans provoquer une baisse de pH. Ce résultat a été obtenu en permettant une réadmission continue des eaux salées en saison sèche.

Dans les années de précipitation abondantes, ce type de rizières produit jusqu'à 3 tonnes/ha de paddy sans engrais et, souvent, sans sarclage. Le système de double digue permettant l'exploitation intégrale de la mangrove (bois, charbon, poisson, pâturage, riziculture) est adapté et admirable, mais exigeant en main-d'oeuvre. Avec les 15 dernières années de précipitations insuffisantes et la fuite des jeunes vers les villes, la véritable riziculture de mangrove est remise en cause (Schillinger, 1978).

Néanmoins, les travaux de recherche consacrés aux mangroves, quoique peu nombreux, ont mis en évidence une réponse très positive à la chaux et au phosphore. A Mandouar, Beye (1972a) a montré qu'un amendement unique de 15 tonnes de chaux/ha a produit une augmentation moyenne annuelle de 2,3 tonnes/ha de paddy par rapport au témoin, sur une période de 4 ans.

Sur un sol de mangrove à Medina, un amendement de 1,2 tonnes de tricalcique de Taïba/ha a eu des effets secondaires positifs (de l'ordre de 600 kg de paddy/ha/an) pendant 7 ans (Pochtier, 1971). Sur une mangrove sableuse de Djibélor, à l'issue de trois ans d'expérimentation, le niveau de fertilisation minérale de 80-60-60 NPK s'est avéré le meilleur, mais les rendements sont très médiocres (200-1.600 kg/ha) (Recherches Rizicoles, 1977a).<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup>Après des précipitations insuffisantes, les essais d'amendement chimique dans les zones salées sont difficiles à interpréter. Souvent, les problèmes de sur-salure provoquent une baisse de rendement si importante qu'elle masque éventuellement les effets positifs de l'amendement.

### Rizières Acides de Plaine

Les rizières sur les anciens sols de mangrove, qui ont évolué en sols para-sulfatés acides, sont beaucoup plus importantes en superficie que les rizières de mangrove. Ces sols se différencient par leur texture: d'après Balensi et al., (1965), 70 pour cent des rizières du département d'Oussouye sont sableuses (80 pour cent de sable).

Dans ces sols para-sulfatés acides, le taux de matière organique est souvent faible (Tableau 11). L'enfouissement de la paille peut malheureusement introduire de sérieux problèmes en sols sableux: inhibition de la croissance végétale, immobilisation de l'azote et accumulation d'éléments toxiques (ion ferreux), surtout si cela se fait immédiatement avant la submersion et le repiquage (Beye, 1977d et 1978). La solution préconisée par la recherche, par conséquent, consiste soit en un labour de fin de cycle pour permettre une décomposition aérobie de la paille, soit en un enfouissement d'un amendement plus évolué tel que le fumier ou le compost.

En général, on recommande comme fumure d'entretien (pour assurer une récolte de 3-4 tonnes/ha) une combinaison de 100 kg/ha d'azote au tallage et 40 kg de phosphore/ha sur toutes ces rizières et 50 kg de potasse/ha sur celles qui sont sableuses (Djibélor) ou encore 20 kg de potasse plus 6 tonnes de paille/ha sur celles qui sont sablo-limoneuses (Kamobeul) (Recherches Rizicoles, 1979a; Schillinger, 1978).

Dans les rizières de plaine particulièrement acides, se pose souvent le problème de la toxicité en fer ("bronzing"). Pendant deux campagnes, Beye (1972a) a comparé la chaux agricole, le silicate de chaux et le coquillage broyé, à des doses de 3 et 6 tonnes/ha pour augmenter le pH et combattre ce problème. La mesure du pH à la récolte montrait une augmentation d'une unité pour la seconde dose et d'une demie unité pour la première. Quel que soit l'amendement considéré, le rendement était supérieur au témoin, sauf dans le cas de l'application de 3 tonnes/ha de coquillage.

Les rizières de plaine sont par ailleurs souvent carencées en phosphore. Beye (1973a) a établi que le phosphate supertriple (45 pour cent), grâce à sa solubilité dans l'eau, est plus efficace que le phosphate tricalcique de Taïba (37 pour cent). Ces deux produits à la dose de 100 kg de phosphore/ha

augmentent les rendements de 250 pour cent par rapport au témoin! D'autres essais sur le phosphore ont montré que le phosphate magnésien fondu n'était par meilleur que le supertriple et qu'à 40 kg/ha

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> les rendements ont doublé, passant de 1,6 tonnes/ha à 3,2 tonnes/ha. (Rapport Annuel de Djibélor-Recherches Rizicoles, 1980.)

La même année (1980), des essais d'amendement utilisant la coque d'arachide destinée à augmenter la teneur en potasse et en silice d'un sol acide de plaine n'ont pas permis de mettre en évidence un effet positif de cet amendement organique sur la production de riz.

### Amélioration des Sols "Ingrats"

#### **Amélioration des Sols Sulfatés Acides par les Amendements**

Avec les amendements minéraux (chaux agricole, coquillages broyés, bioxyde de manganèse) et les amendements organiques (fumier, paille, compost, cendres des coques d'arachide, engrais vert), les chercheurs de l'ISRA ont essayé de rendre moins agressif le milieu des sols sulfatés acides. Les traitements qui favorisent le lessivage du sel, qui relèvent le pH et qui apportent du phosphore, ont eu des résultats positifs.

En serre avec le sol de Tobor, Beye et al., (1975) ont montré que la production de riz n'était possible qu'après:

- a) un lessivage intensif qui a réduit la conductivité de 43,5 mmhos/cm à 3 mmhos/cm;
- b) un chaulage équivalent à 28 tonnes, de chaux/ha pour relever le pH de 2,5 à 5,5;
- c) une présubmersion de 12 semaines avant le repiquage pour dépasser le pic de fer libre qui se produit dans les conditions d'aérobic. En pratique, ces conditions sont impossibles à réaliser en Basse Casamance où l'eau douce est un facteur limitant et où la chaux agricole est chère.

En 1979 et 1980, un essai à deux niveaux de phosphore (0 et 50 kg/ha) et deux pH (4,5 et 5,5) était mené à Simbandi, Kamobeul et Djibélor sur des sols sulfatés acides mais plus évolués que ceux de Tobor. A Djibélor, les

rendements furent de l'ordre de 3 tonnes/ha en 1979 et 2 tonnes/ha en 1980. A Simbandi, dès la première année, la récolte a atteint 2,5 tonnes/ha et au cours de la deuxième année, 3 tonnes/ha. En général, les rendements étaient meilleurs avec un pH à 5,5 et l'addition de P205 (50 kg/ha) (Khouma et Touré, 1981).

### **Amélioration des Sols Salés par les Aménagements**

Les aménagements (polders, drains, barrages antise) en Basse Casamance visent la désalinisation des sols par la retention de l'eau douce et l'exclusion partielle des eaux saumâtres. Ce qui est difficile dans ces systèmes est de trouver un juste milieu entre l'exclusion de l'eau salée et l'assèchement des casiers qui provoquerait une baisse brutale de pH. Les faibles précipitations de ces dernières années a dramatiquement réduit la quantité d'eau douce disponible pour le déssalement des casiers ayant bénéficié des aménagements.

Néanmoins, après 5 ans de suivi du polder de Medina, Beye (1979c, 1973b, 1972b) a pu faire les constatations suivantes:

1. Parmi les casiers drainés par gravité (A, B, H), le système de drainage peu profond à 20 m d'écartement (57 pour cent d'argile) et l'interdiction de l'entrée des eaux saumâtres (casier H) a entraîné un lessivage de 50 pour cent du sel dans la couche supérieure (0-20 cm). Malheureusement, dans les années peu pluvieuses, le casier s'est nettement resalé.
2. Sur le plan du pH, le système de drainage permettant l'entrée des eaux saumâtres tous les 5 jours en contresaison pour empêcher l'assèchement total du casier (casier A), s'est révélé être le moins agressif. Le pH est resté stable autour de 5,5. Sur le casier B, la baisse de pH due à l'oxydation de la couche supérieure, a été suivie, avec la submersion, par une baisse de l'acidité "in situ", le pH remontant de 3,6 en juillet à 4,4 en août et jusqu'à 5,0 en octobre.

Les aménagements à Tobor et Guidel ont provoqué une baisse brutale du pH et l'insuffisance des précipitations a augmenté la sur-salubre. Ce que Beye a constaté sur le casier B à Medina après 5 ans a été confirmé par

Marius et Cheval (1980). Ils ont trouvé que la couche superficielle (0-50 cm) de Guidel a beaucoup évolué 15 ans après et n'est plus très acide (pH > 4). Dans un sens, les aménagements (drainage) ont converti les horizons superficiels de sol sulfaté acide en sol parasulfaté acide. Maintenant, avec davantage d'eau douce (hauteur de la pluviométrie plus élevée, ouvrage de rétention d'eau douce), les casiers peuvent redevenir rizicultivables.

Dans une autre optique, Beye (1973c) a comparé le déssalement fait avec un mulch de paille avec un labour de fin de cycle et un sol nu. Après quatre ans, les trois méthodes ont réduit la conductivité électrique du sol, le paillage étant la méthode la plus efficace avec une rétention au début de l'hivernage par rapport aux autres de 1 mmhos à 5 mmhos. Le mulch amoindrit la resalinisation au cours de la saison sèche en réduisant l'évaporation.

### Techniques Culturelles et Outillage Agricole

Au cours des années 1967-1974, un programme d'agronomie de riz a été mis en oeuvre. Il a débouché sur l'élaboration de fiches techniques. Nous présentons ci-dessous une brève revue des principales recommandations présentées dans ces fiches.

#### **Préparation des Rizières**

Traverse (1971), 1973) estime que la meilleure méthode pour préparer les rizières argileuses de bas-fond consiste à employer une souleveuse sur bâti arara. Dans les rizières avec maîtrise de l'eau, il montre qu'un labour avec la charrue réversible suivi d'un grattage superficiel à l'aide de dents canadiennes sont parmi les méthodes les plus productives (5,1 et 4,8 tonnes/ha respectivement) (Traverse, 1971)). Dans les deux types de rizières, la recherche a préconisé la préparation à plat.

En 5 ans d'essais sur les rizières salées, on a obtenu des résultats contradictoires pour ce qui concerne la comparaison entre le travail en billons et le travail à plat (Recherches Rizicoles, 1979b). De plus, des essais ont porté sur la largeur du billon avec l'optique de minimiser le terrain perdu en sillon. Aucune différence de rendement n'a pu être mise en



évidence entre les billons traditionnels de 90 cm et les billons jusqu'à 540 cm de large (Recherche Rizicoles, 1979b).

En plus des travaux sur les méthodes de préparation du sol, Traverse (1973) a modifié la charrue réversible SISCOA pour mieux l'adapter aux rizières aquatiques, avec patin flottant et un versoir à claire-voie, rallongé. En collaboration avec le CEEMAT en 1978 et 1979, des tests d'adaptation des motoculteurs type Bouyer Staub, Granja, Motostandard et Iseti ont été effectués en rizières sableuses et argilo-limoneuses. En général, le labour avec une charrue réversible demande 20 heures de travail/ha avec une consommation d'essence de 30 à 35 l/ha. Le fraissage a pris moins de temps (15 h/ha) avec une consommation d'essence réduite (15 l/ha).

Des études sur les temps des travaux ont montré que le boeuf N'Dama bien entretenu peut travailler de la façon suivante:

- trait léger - 7 h/jour
- trait lourd - 4,5 - 5,5 h/jour
- travail en boue - 3,5 h/jour.

Ce mode de travail nécessiterait 8,5 jours/ha pour la préparation des rizières aquatiques avec la traction bovine à Djibélor par rapport à 191 hommes-jours avec le cayendo (Traverse, 1974a).

### Mode de Semis

La meilleure date pour le semis direct est comprise entre le 15/06 et le 15/07 avec un écartement de 33 cm entre lignes et 100 kg/ha de semences. Pour le riz repiqué, il faut semer 6 à 7 ares en pépinière à 6 kg de semences par are pour une parcelle d'un hectare. La fumure (NPK) préconisée pour la pépinière est 100:100:100 kg/ha.

Sur le plan du mode de repiquage sur billon, le système traditionnel (trois lignes de brins uniques) donne des résultats identiques à ceux qui sont obtenus avec les autres systèmes de plusieurs brins par poquet) (Recherches Rizicoles, 1979b).

### Commentaires

La classification des rizières en rizières de bas-fond et rizières de plaine est très utile. La distinction entre rizières de mangrove (sols potentiellement sulfatés acides), de tanne vif (sols sulfatés acides) et de bordure de plateau (terrasses récentes supérieures) affine cette classification. Il faut en outre ajouter à ce classement reposant sur la genèse du sol, l'étude d'autres facteurs qui influent sur le système de riziculture (durée de submersion, profondeur de la nappe ou hauteur d'eau et le type de semis (semis direct, repiquage).

Sur le plan de la fertilisation, les recommandations actuelles sont encore provisoires. Il reste à mieux connaître les opinions et stratégies paysannes vis-à-vis des amendements, afin de pouvoir comprendre pourquoi certains thèmes proposés sont rejetés, ou au contraire adoptés pour les agriculteurs. Dans cette optique, le programme se propose d'étudier les techniques traditionnelles de mise en valeur des terres "ingrates," avec leurs problèmes de toxicité ou de salinité.

En dernier lieu, avec le développement des barrages anti-sel, des puits peu profonds et l'expansion de la traction bovine, l'équipe devra proposer et tester de nouveaux itinéraires pour l'amélioration des systèmes de culture du riz en Basse Casamance.

### CONCLUSION GENERALE

De 1967, date de sa création, à 1969, la station de Djibélor n'a abrité que deux programmes de recherche: l'agro-pédologie des sols submergés et l'amélioration du riz, principalement du riz aquatique. Ensuite, fut lancé un programme "machinisme agricole et pratiques culturelles pour le riz aquatique" (1970-1976) et un programme d'entomologie (1970). Tout récemment, d'autres programmes de "défense des cultures" ont été installés: phytopathologie (1981) et la malherbologie (1981). Tous ces programmes sont centrés sur le riz. Cependant, le présent cycle de sécheresse, qui dure depuis 15 ans, a eu pour conséquence une extension très rigoureuse de la mise en culture des terres de plateau. Il apparaît donc indispensable que la recherche agronomique met rapidement au point un ensemble de thèmes

techniques appropriés aux cultures exondées en Basse Casamance, en vue du développement agricole de cette région.

Il existe déjà, pour les zones humides de nappe et pour la zone aquatique, des itinéraires techniques définis en "milieu maîtrisé" par la recherche (Station/PAPPEM) qui permettent une augmentation substantielle du rendement du riz. Cependant, ces thèmes n'ont pas fait l'objet de recherche en milieu paysan et jusqu'à maintenant, ils ne sont guère appropriés par les agriculteurs.

Nous proposons, au terme de cette revue, d'entreprendre un programme de recherche complémentaire à ceux qui sont déjà en place, avec l'objectif d'apporter des solutions aux problèmes réels qui se posent aux paysans de la Basse Casamance. Les priorités pour un tel programme de recherche agronomique sont les suivants:

- 1) Elaboration de fiches techniques spécifiques à la Basse Casamance pour chaque culture exondée;
- 2) Evaluation des itinéraires techniques déjà mis au point pour le riz en milieu paysan;
- 3) Recherche d'accompagnement pour les rizières de mangrove, dans le cadre du programme de barrages anti-sel;
- 4) Evaluation à chaque niveau de l'intégration des nouvelles techniques dans le système cultural du paysan.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

- Accolatse, H. 1974. "Les systèmes de culture possibles en sols gris de Casamance (Sénégal Méridional)". Rapport de stage CNRA - BAMBEY.
- Balensi, J. et al. 1965. Enquête agronomique sur la riziculture en Basse Casamance; IRAT.
- Bertrand, R. et al. 1978. "Rice cultivation under hydromorphic conditions on the sandy grey soils of the lower slopes in Senegal." Buddenhagen and Persley eds. Rice in Africa, pp. 249-256, Academic Press: London.
- Bertrand, R. 1973. "Contribution à l'étude hydrologique pédologique et agronomique des sols gris sableaux hydromorphes de Casamance." Agron. Tropicale 28:12:1145-1192.
- Beye, G., M. Touré, et G. Arial. 1979. "Etude de la chimie des sols submergés de la Basse Casamance, en relation avec le développement et la nutrition minérale du riz." Agron. Tropicale 34:3:271-300.
- Beye, G. et al. 1978. "Action de la paille enfouie sur les caractéristiques physico-chimiques des sols submergés de rizières de la Basse Casamance et sur le développement du riz." Agron. Tropicale 33:4:381-89
- Beye, G. et M. Touré. 1977a. Chimie des sols submergés. Conférence au stage de formation de spécialistes de la production rizicole de l'ADRAO.
- Beye, G. 1977b. "Etude de l'action de doses croissantes d'azote en présence ou en absence de paille de riz enfouie sur le développement et les rendements du riz en Basse Casamance." Agron. Tropicale 32:1:41-50.
- Beye, G. juillet 1977c. "Sols ingrats et remèdes." Conférence de la production rizicole de l'ADRAO.
- Beye G. 1977d. "Influence de la longueur de la submersion avant repiquage et de l'enfouissement de paille sur les propriétés physico-chimiques de deux sols de rizières et sur le développement et les rendements du riz," Agron. Tropicale 32:1:31-40.
- Beye, G., M. Touré, et G. Arial. 1975. "Acid sulfate soils of West Africa: Problems of Their Management for Agricultural Use." IRRI Conference April 21-24. Los Banos.

- Beye, G. 1975. Bilan de sept années de recherches rizicoles à la station de Djibélor (1967-74).
- Beye, G. 1973a. "Etude comparative de différents engrais phosphatés pour la fumure phosphatée du riz en sols de rizière très acides de Basse Casamance." Agron. Tropicale 28:10:935-945.
- Beye, G. 1973b. "Bilan de cinq années d'études du désalement des sols du polder de médina (Basse Casamance), Sénégal" miméo Station de Recherches Rizicoles - Djibélor.
- Beye, G. 1973c. "Une méthode simple de désalement des sols de tanne de Casamance: le paillage." Agron. Tropicale 28:5:537-549.
- Beye, G. 1972a. "Etude de sols tropicaux: acidification, toxicité et amendement." IRAT/SENEGAL.
- Beye, G. 1972b. "L'acidification des sols de mangrove de Basse Casamance après leur mise en polder, effet du type d'aménagement," à présenter au symposium sur les sols sulfatés acides-Wageningen, Pays-Bas.
- Birie-Habas, J. 1966. "Les recherches rizicoles en Casamance, situation en 1965." Agron. Tropicale 1:38:46.
- Chabrolin. 1966. Possibilité de développement de la productivité des rizières traditionnelles de Casamance maritime (27p).
- Charreau, C. et Nicou, R. (1971). "L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche Ouest-Africaine et ses incidences agronomiques." Agron. Tropicale 26:11:1183-1248.
- Charreau, C. et Fauck. 1970. "Mise au point sur l'utilisation agricole des sols de la région de Séfa." Agron. Tropicale 15:2:151-192.
- Chopart, J.L. 1982. "Risques d'érosion et techniques de lutte en riziculture pluviale." Communication présentée à la réunion IDESSA/IRRI/IRAT sur le riz pluvial 4-8/10:1982, Bouaké, Côte d'Ivoire.
- Chopart, J.L. 1981a. "Le travail du sol au Sénégal." ISRA-Bambey.
- Chopart, J.L. 1981b. "Effets du labour et du travail minimum dans les sols sableux du Sénégal, comparaison avec les résultats obtenus en Côte d'Ivoire et au Togo." Communication préparée pour le symposium: "No-Tillage Crop Production in the Tropics," Monrovia, Libéria 6-7, August 1981 West African Weed Science Society.
- Dancette, C. 1979. "Principales contraintes hydrique et pédoclimatiques concernant l'adaptation des cultures pluviales dans la moitié sud du Sénégal." Communication à la conférence de IITA Oct. 15-19, 1979 Ibadan-Nigeria.

- Deleuze, P. 1969. Barrage et écluses de Nyassia et de Guidel en Casamance Maritime (11p).
- Diatta, S. 1978. "Etude de l'évolution sous culture des sols de plateau en Casamance continentale." Présenté Réunion nationale des essais multilocaux 5/05/78. CRA-Bambey ISRA.
- Ganry F, et G. Pochtier. 1982. Rendement et économie de l'azote en sols gris argileux de moyenne Casamance.
- Ganry, F. 1983. "Source et gestion de l'azote en zone tropicale sèche." Etudes techniques du CNRA 41/83 Bambey-Senegal.
- Grist, D.H. 1975. Rice. Tropical Agriculture Series, Longman: London.
- Guillobez, S. 1973. "Compte rendu de l'étude des sols gris de Casamance." Campagne 1972-73 Annexes CRA-Bambey.
- Haddad, G. 1969. "Proposition d'une classification des rizières aquatiques de la Casamance." Agron. Tropicale 24:4:393-402.
- Harza. 1981. Master Plan of Agricultural Development of the Lower Casamance Area. Interim Report (15/09/81). Harza International, submitted to SOMIVAC.
- Ilaco. 1973. Projet de vulgarisation agricole du département d'Oussouye - Rapport de synthèse.
- Khouma, M. et M. Touré. 1981. "Lime and Phosphorous Effects on the Growth and Yield of Rice in Casamance Acid Sulphate Soils." Presented to Second International Symposium for Acid Sulphate Soils, ISRA-Djibélor.
- Louis Berger Inc. 1981. Program for the Development of the Baïla Marigot in Casamance. Vol. 3 - Soils. Ministry of Water Resources.
- Marius, C. et Cheval, M. 1980. "Note sur les sols de la vallée de Guidel." ORSTOM-Dakar, février 1980.
- Marius, C. 1979. "Effets de la sécheresse sur l'évolution phytogéographique et pédologique de la mangrove en Basse Casamance." Bulletin de l'IFAN. 41:1:4:669-691.
- Moor Mann, F.R. et Breeman, N. 1978. "Rice, Soil, Water, Land." International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
- Nicou, R. 1978. "Les techniques culturales de maïs en Afrique de l'Ouest." Agron. Tropicale 26:4:356-363.
- Nicou, R. 1978. "Etude de successions culturales du Sénégal." Agron. Tropicale 33:1:51-61.

- Pélissier, P. 1966. Les paysans du Sénégal - Les civilisations agraires du Cayor à la Casamance. Fabrègue, Ed. Saint Yrieux, France.
- Poethier, G. 1982. "Fiches techniques pour l'expérimentation agronomique." CRA-Bambey.
- Poethier, G. 1968-1981. "Rapports annuels de l'expérimentation multilocale." CRA-Bambey.
- Poethier, G. 1981b. "Transfert de technologies: Cas de Mampalgo, Senegal, 1973-81."
- Recherches Rizicoles en Casamance. 1982. Rapport d'Activité 1981 CRR de Djibélor (mai 1982).
- Recherches Rizicoles en Casamance. 1981. Rapport d'Activité 1980 CRR de Djibélor (mai 1981).
- Recherches Rizicoles en Casamance. 1980. Rapport d'Activité 1979 CRR de Djibélor (juin 1980).
- Recherches Rizicoles en Casamance. 1979a. Rapport d'Activité 1978 CRR de Djibélor (août 1979a).
- Recherches Rizicoles en Casamance. 1979b. Bilan de 12 années (1967-1979) CRR de Djibélor 1979b.
- Recherches Rizicoles en Casamance. 1979. Bilan de sept années (1967-1974) CRR de Djibélor
- Roose, E. 1967. "Dix années de mesures de l'érosion et du ruissellement au Senegal." Agron. Tropicale 2:123-152.
- Schillinger. 1978. "Le potentiel agronomique de la région." Tome 2, Livre 1. Plan directeur du développement rural pour la Casamance, SOMIVAC.
- Schillinger. 1978. "Climatologie, Hydrologie, Infrastructures." Tome 2, Livre 1. Plan directeur du développement rural pour la Casamance, SOMIVAC.
- Siband, P. 1974a. "Quelques réflexions sur les potentialités et les problèmes des sols gris de Casamance." Doc. mimeo CNRA Bambey.
- Siband, P. 1974b. "Evolution des caractères et de la fertilité d'un sol rouge en Casamance." Agron. Tropicale 29:12:1229-1248.
- Siband, P. 1972. "Etude de l'évolution des sols sous culture traditionnelle en Haute-Casamance. Principaux résultats." Agron. Tropicale 27:5:574-591.
- Staimesse, J.P. 1967. "Contribution à l'étude des sols jaunes de Basse Casamance." Rapport de stage - Centre ORSTOM de Dakar-Hann, 112 p.

- Thiaw, B. 1980. "Les recherches sur le niébé au CNRA de Bambey - derniers résultats." Miméo Bambey.
- Tanaka, A. et Tadano, T. 1972. "Potassium in relation to Iron Toxicity of the Rice Plant." Potash Review, Feb. 1972, p. 1-12.
- Touré, M. et Arial, G. 1978. "Chemistry of flooded soil in marine alluvium: of the Casamance, Senegal and its relation to rice growth." Buddenghagen and Persley eds. Rice in Africa, 257-269. Academic Press: London.
- Touré, M. et Kouma, M. 1980. "Comparaison de quatre formes d'engrais azotés: sur sol de rizière sableuse et acide de Casamance." miméo CRR Djibélor.
- Tourte R. et al. 1971. "Thèmes légers - thèmes lourds/systèmes intensifs voies différentes ouvertes au développement agricole du Sénégal." Agron. Tropicale 26:5:632-671.
- Van Breemen, N. et Poos, L. 1978. "Acide sulfate Soils and Rice." Soils and Rice. IRRI, p. 739-763.
- Van Breemen, N. et F Moorman. 1978. "Iron-Toxic Soils." in Soils and Rice IRRI, p. 781-801.
- Virmani, S. 1976. "Breeding Rice for Tolerance to Iron-Toxicity." Séminaire ADRAO sur l'amélioration variétale, Bouaké, Côte d'Ivoire, p. 13-18, Sept. 1976.
- Traverse, S. 1974a. "Traditions et modernisation des techniques de riziculture en Basse Casamance." IRAT.
- Traverse, S. 1974b. "Le boeuf Ndama et la riziculture en Basse Casamance." IRAT.
- Traverse, S. 1973. "Techniques agronomiques pour la riziculture aquatique en Basse Casamance." Rapport 1972/73. ISRA 0400.
- Traverse, S. 1971. "Techniques agronomiques pour la riziculture aquatique en Basse Casamance." Rapport 1970 ISRA - 1205.
- Vieillefon, J. 1975. Carte pédologique de la Basse Casamance (domaine fluvio-marin à 1/100,000). ORSTOM, Dakar.
- Vincent, G. 1973. "Rapport de stage." (4ème année ISTOM) CRA Bambey.



**MSU INTERNATIONAL DEVELOPMENT PAPERS**

		<u>Price</u>
IDP No. 1.	"Research on Agricultural Development in Sub-Saharan Africa: A Critical Survey," by Carl K. Eicher and Doyle C. Baker, 1982 (346 pp.).	\$8.00
IDP No. 1F.	"Etude critique de la recherche sur le developpement agricole en Afrique subsaharienne," par Carl K. Eicher et Doyle C. Baker, 1985 (435 pp.).	\$10.00
IDP No. 2.	"A Simulation Study of Constraints on Traditional Farming Systems in Northern Nigeria," by Eric W. Crawford, 1982 (136 pp.).	\$5.00
IDP No. 3.	"Farming Systems Research in Eastern Africa: The Experience of CIMMYT and Some National Agricultural Research Services, 1976-81," by M.P. Collinson, 1982 (67 pp.).	\$4.00
IDP No. 4.	"Animal Traction in Eastern Upper Volta: A Technical, Economic and Institutional Analysis," by Vincent Barrett, Gregory Lassiter, David Wilcock, Doyle Baker and Eric W. Crawford, 1982 (132 pp.).	\$5.00
IDP No. 5.	"Socio-Economic Determinants of Food Consumption and Production in Rural Sierra Leone: Application of an Agricultural Household Model with Several Commodities," by John Strauss, 1983 (91 pp.).	Out of Print
IDP No. 6.	"Applications of Decision Theory and the Measurement of Attitudes Towards Risk in Farm Management Research in Industrialized and Third World Settings," by Beverly Fleisher and Lindon J. Robison, 1985 (106 pp.).	\$5.00
IDP No. 7.	"Private Decisions and Public Policy: The Price Dilemma in Food Systems of Developing Countries," by C. Peter Timmer, 1986 (58 pp.).	\$5.00
IDP No. 8.	"Rice Marketing in the Senegal River Valley: Research Findings and Policy Reform Options," by Michael L. Morris, 1987 (89 pp.).	\$5.00
IDP No. 9.	"Small Scale Industries in Developing Countries: Empirical Evidence and Policy Implications," by Carl Liedholm and Donald Mead, 1987 (141 pp.).	\$6.00
IDP No. 10.	"Maintaining the Momentum in Post-Green Revolution Agriculture: A Micro-Level Perspective from Asia," by Derek Byerlee, 1987 (57 pp.).	\$5.00

**MSU INTERNATIONAL DEVELOPMENT WORKING PAPERS**

WP No. 1.	"Farming Systems Research (FSR) in Honduras, 1977-81: A Case Study," by Daniel Galt, Alvaro Diaz, Mario Contreras, Frank Peairs, Joshua Posner and Franklin Rosales, 1982 (48 pp.).	Out of Print
WP No. 2.	"Credit Agricole et Credit Informel dans le Region Orientale de Haute-Volta: Analyse Economique, Performance Institutionnelle et Implications en Matiere de Politique de Developpement Agricole," by Edouard K. Tapsoba, 1982 (125 pp.).	Out of Print
WP No. 3.	"Employment and Construction: Multicountry Estimates of Costs and Substitution Elasticities for Small Dwellings," by W.P. Strassmann, 1982 (48 pp.).	Out of Print
WP No. 4.	"Sub-contracting in Rural Areas of Thailand," by Donald C. Mead, 1982 (52 pp.).	Out of Print
WP No. 5.	"Microcomputers and Programmable Calculators for Agricultural Research in Developing Countries," by Michael T. Weber, James Pease, Warren Vincent, Eric W. Crawford and Thomas Stilwell, 1983 (113 pp.).	\$5.00
WP No. 6.	"Periodicals for Microcomputers: An Annotated Bibliography," by Thomas Stilwell, 1983 (70 pp.).	See IDMP #21
WP No. 7.	"Employment and Housing in Lima, Peru," by W. Paul Strassmann, 1983 (96 pp.).	Out of Print
WP No. 8.	"Faire Face a la Crise Alimentaire de l'Afrique," by Carl K. Eicher, 1983 (29 pp.).	Free
WP No. 9.	"Software Directories for Microcomputers: An Annotated Bibliography," by Thomas C. Stilwell, 1983 (14 pp.).	See IDMP #22
WP No. 10.	"Instructional Aids for Teaching How to Use the TI-59 Programmable Calculator," by Ralph E. Hepp, 1983 (133 pp.).	Out of Print

**NSU INTERNATIONAL DEVELOPMENT WORKING PAPERS - CONTINUED**

	<u>Price</u>
WP No. 11. "Programmable Calculator (TI-59) Programs for Marketing and Price Analysis in Third World Countries," by Michael L. Morris and Michael T. Weber, 1983 (105 pp.).	Out of Print
WP No. 12. "An Annotated Directory of Statistical and Related Microcomputer Software for Socioeconomic Data Analysis," by Valerie Kelly, Robert D. Stevens, Thomas Stilwell and Michael T. Weber, 1983 (165 pp.).	\$7.00
WP No. 13. "Guidelines for Selection of Microcomputer Hardware," by Chris Wolf, 1983 (90 pp.).	\$5.00
WP No. 14. "User's Guide to BENCOS--A SuperCalc Template for Benefit-Cost Analysis," by Eric W. Crawford, Ting-Ing Ho and A. Allan Schmid, 1984 (35 pp.).	\$3.00
Copy of BENCOS Template in IBM PC-DOS 1.1 Format, on single sided double density diskette (readable on most MS-DOS systems).	\$15.00
WP No. 15. "An Evaluation of Selected Microcomputer Statistical Programs," by James W. Pease and Raoul Lepage with Valerie Kelly, Rita Laker-Ojok, Brian Thelen and Paul Wolberg, 1984 (187 pp.).	\$7.00
WP No. 16. "Small Enterprises in Egypt: A Study of Two Governorates," by Stephen Davies, James Seale, Donald C. Mead, Mahmoud Badr, Nadia El Sheikh and Abdel Rahman Saidi, 1984 (100 pp.).	Out of Print
WP No. 17. "Microcomputer Statistical Packages for Agricultural Research," by Thomas C. Stilwell, 1984 (23 pp.).	\$3.00
WP No. 18. "An Annotated Directory of Citation Database, Educational, System Diagnostics and Other Miscellaneous Microcomputer Software of Potential Use to Agricultural Scientists in Developing Countries," by Thomas C. Stilwell and P. Jordan Smith, 1984 (34 pp.).	\$3.00
WP No. 19. "Irrigation in Southern Africa: An Annotated Bibliography," by Amalia Rinaldi, 1985 (60 pp.).	\$4.00
WP No. 20. "A Microcomputer Based Planning and Budgeting System for Agricultural Research Programs," by Daniel C. Goodman, Jr., Thomas C. Stilwell and P. Jordan Smith, 1985 (75 pp.).	\$5.00
WP No. 21. "Periodicals for Microcomputers: An Annotated Bibliography," Second Edition, by Thomas C. Stilwell, 1985 (89 pp.).	\$5.00
WP No. 22. "Software Directories for Microcomputers: An Annotated Bibliography," Second Edition, by Thomas C. Stilwell, 1985 (21 pp.).	\$3.00
WP No. 23. "A Diagnostic Prespective Assessment of the Production and Marketing System for Mangoes in the Eastern Caribbean," by Alan Hrapsky with Michael Weber and Harold Riley, 1985 (106 pp.).	\$5.00
WP No. 24. "Subcontracting Systems and Assistance Programs: Opportunities for Intervention," by Donald C. Mead, 1985 (32 pp.).	Out of Print
WP No. 25. "Small Scale Enterprise Credit Schemes: Administrative Costs and the Role of Inventory Norms," by Carl Liedholm, 1985 (23 pp.).	Out of Print
WP No. 26. "Subsector Analysis: Its Nature, Conduct and Potential Contribution to Small Enterprise Development," by James J. Boongard, Stephen P. Davies, Steve Haggblade and Donald C. Mead, 1986 (57 pp.).	Out of Print
WP No. 27. "The Effect of Policy and Policy Reforms on Non-Agricultural Enterprises and Employment in Developing Countries: A Review of Past Experiences," by Steve Haggblade, Carl Liedholm and Donald C. Mead, 1986 (133 pp.).	\$5.00
WP No. 28. "Rural Small Scale Enterprises in Zambia: Results of a 1985 Country-Wide Survey," by John T. Milimo and Yacob Fisseha, 1986 (76 pp.).	Out of Print
WP No. 29. "Fundamentals of Price Analysis in Developing Countries' Food Systems: A Training Manual to Accompany the Microcomputer Software Program 'MSTAT,'" by Stephan Goetz and Michael T. Weber, 1986 (148 pp.).	\$7.00

**MSU INTERNATIONAL DEVELOPMENT WORKING PAPERS - CONTINUED**

		<u>Price</u>
WP No. 30.	"Rapid Reconnaissance Guidelines for Agricultural Marketing and Food System Research in Developing Countries," by John S. Holtzman, 1986 (75 pp.).	\$5.00
WP No. 31.	"Contract Farming and Its Effect on Small Farmers in Less Developed Countries," by Nicholas William Minot, 1986 (86 pp.).	\$5.00

**MSU INTERNATIONAL DEVELOPMENT REPRINT PAPERS**

		<u>Price</u>
RP No. 1.	"The Private Sector Connection to Development," by Carl Liedholm, 1986 (19 pp.).	Out of Print
RP No. 2.	"Influencing the Design of Marketing Systems to Promote Development in Third World Countries," by James D. Shaffer with Michael Weber, Harold Riley and John Staatz, 1987 (21 pp.).	\$3.00
RP No. 3.	"Famine Prevention in Africa: The Long View," by Carl K. Eicher, 1987 (18 pp.).	\$3.00
RP No. 4.	"Cereals Marketing in the Senegal River Valley (1985)," by Michael L. Morris, 1987 (126 pp.).	\$6.00
RP No. 5.	"The Food Security Equation in Southern Africa," by Mandivamba Rukuni and Carl K. Eicher, 1987 (32 pp.).	\$3.00
RP No. 6.	"Economic Analysis of Agronomic Trials for the Formulation of Farmer Recommendations," by Eric Crawford and Mulumba Kamuanga, 1988 (41 pp.).	\$3.00
RP No. 6F.	"L'Analyse Economiques des Essais Agronomiques Pour la Formulation des Recommendations aux Paysans," par Eric Crawford et Mulumba Kamuanga, 1987 (33 pp.).	\$3.00
RP No. 7.	"Economic Analysis of Livestock Trials," by Eric W. Crawford, 1987 (38 pp.).	\$3.00
RP No. 7F.	"L'Analyse Economique des Essais Zootechniques," par Eric Crawford, 1987 (36 pp.).	\$3.00
RP No. 8.	"A Field Study of Fertilizer Distribution and Use in Senegal, 1984: Summary Report," by Eric Crawford and Valerie Kelly, 1987 (32 pp.).	\$3.00
RP No. 8F.	"Enquête sur la Distribution et l'Utilisation de l'Engrais au Sénégal, 1984: Résumé Analytique," by Eric Crawford and Valerie Kelly, 1988 (43 pp.).	\$4.00
RP No. 9.	"Improving Food Marketing Systems in Developing Countries: Experiences from Latin America," by Kelly Harrison, Donald Henley, Harold Riley and James Shaffer, 1987 (135 pp.).	\$5.00
RP No. 10.	"Policy Relevant Research on the Food and Agricultural System in Senegal," by Mark Newman, Eric Crawford and Jacques Faye, 1987 (30 pp.).	\$3.00
RP No. 10F.	"Orientations et Programmes de Recherche Macro-Economiques sur Le Systeme Agro-Alimentaire Senegalais," par Mark Newman, Eric Crawford et Jacques Faye, 1987 (37 pp.).	\$3.00
RP No. 11.	"A Field Study of Fertilizer Distribution and Use in Senegal, 1984: Final Report," by Eric Crawford, Curtis Jolly, Valerie Kelly, Philippe Lambrecht, Makhona Mbaye and Matar Gaye, 1987 (111 pp.).	\$6.00
RP No. 11F.	"Enquete sur la Distribution et l'Utilisation de l'Engrais au Senegal, 1984: Rapport Final," par Eric Crawford, Curtis Jolly, Valerie Kelly, Philippe Lambrecht, Makhona Mbaye et Matar Gaye, 1987 (106 pp.).	\$6.00
RP No. 12.	"Private and Public Sectors in Developing Country Grain Markets: Organization Issues and Options in Senegal," by Mark D. Newman, P. Alassane Sow and Ousseynou NDoye, 1987 (14 pp.).	\$3.00
RP No. 13.	"Agricultural Research and Extension in Francophone West Africa: The Senegal Experience," by R. James Bingen and Jacques Faye, 1987 (23 pp.).	\$3.00
RP No. 13F.	"La Liaison Recherche-Developpement en Afrique de l'Ouest Francophone: L'Experience du Senegal," par R. James Bingen et Jacques Faye, 1987 (32 pp.).	\$3.00

**MSU INTERNATIONAL DEVELOPMENT REPRINT PAPERS - CONTINUED**

	<u>Price</u>
RP No. 14. "Grain Marketing in Senegal's Peanut Basin: 1984/85 Situation and Issues," by Mark D. Newman, 1987 (16 pp.).	\$3.00
RP No. 15. "Tradeoffs Between Domestic and Imported Cereals in Senegal: A Marketing Systems Perspective," by Mark D. Newman, Ousseynou NDoye and P. Alassane Sow, 1987 (41 pp.).	\$3.00
RP No. 16. "An Orientation to Production Systems Research in Senegal," by R. James Bingen, 1987 (88 pp.).	\$5.00
RP No. 16F. "Orientation de la Recherche sur les Systemes de Productions au Senegal," par R. James Bingen, 1987 (94 pp.).	\$5.00
RP No. 17. "A Contribution to Agronomic Knowledge of the Lower Casamance (Bibliographical Synthesis)," by J.L. Posner, 1988 (47 pp.).	\$4.00
RP No. 17F. "Contribution à la Connaissance Agronomique de la Basse Casamance (Synthese Bibliographique)," par J.L. Posner, 1988 (47 pp.).	\$4.00
RP No. 18. "Acquisition and Use of Agricultural Inputs in the Context of Senegal's New Agricultural Policy: The Implications of Farmers' Attitudes and Input Purchasing Behavior for the Design of Agricultural Policy and Research Programs," by Valerie Auserehl Kelly, 1988 (30 pp.).	\$3.00
RP No. 18F. "Acquisition et Utilisation d'Intrants Agricoles dans le Context de la Nouvelle Politique Agricole du Senegal: Implications des Attitudes et du Comportement d'Achat d'Intrants des Exploitants pour l'Elaboration d'une Politique Agricole et de Programmes de Recherches," par Valerie Auserehl Kelly, 1988 (35 pp.).	\$3.00
RP No. 19. "Farmers' Demand for Fertilizer in the Context of Senegal's New Agricultural Policy: A Study of Factors Influencing Farmers' Fertilizer Purchasing Decisions," by Valerie Auserehl Kelly, 1988 (47 pp.).	\$4.00
RP No. 19F. "Demande d'Engrais de la Part des Exploitants dans les Contexte de la Nouvelle Politique Agricole au Senegal: Une Etude des Facteurs Influençant les Decisions d'Achat d'Engrais Prises par les Exploitants," par Valerie Auserehl Kelly, 1988 (58 pp.).	\$4.00
RP No. 20. "Production Systemes in the Lower Casamance and Farmer Strategies in Response to Rainfall Deficits," by J.L. Posner, M. Kamuanga and S. Sall, 1988 (30 pp.).	\$3.00
RP No. 20F. "Les Systemes de Production en Basse Casamance et les Strategies Paysannes Face au Deficit Pluviométrique," par J.L. Posner, M. Kamuanga et S. Sall, 1988 (33 pp.).	\$3.00
RP No. 21. "Informing Food Security Decisions in Africa: Empirical Analysis and Policy Dialogue," by Michael T. Weber, John M. Staatz, John S. Holtzman, Eric W. Crawford, and Richard H. Bernstein, 1988 (11 pp.).	\$3.00
RP No. 22. "The Creation and Establishment of Production Systems Research in a National Agricultural Research Institute: The Senegal Experience," by Jacques Faye, James Bingen, and Etienne Landais, 1988 (25 pp.).	\$3.00
RP No. 23. "Foreign Trade of Agricultural Products and Inputs in Senegal from 1975 to 1984," by Frederic Martin and Alioune Dieng, 1988 (45 pp.).	\$4.00

Copies may be obtained from: MSU International Development Papers, Department of Agricultural Economics, 7 Agriculture Hall, Michigan State University, East Lansing, Michigan 48824-1039, U.S.A. All orders must be prepaid in United States currency. Please do not send cash. Make checks or money orders payable to Michigan State University. There is a 10% discount on all orders of 10 or more sale copies. Individuals and