

**Organisation pour la Mise en Valeur  
du Fleuve Sénégal  
(O. M. V. S.)**

**EVALUATION DES EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT  
d'aménagements prévus  
DANS LE BASSIN DU FLEUVE SENEGAL**



**Rapport Partiel  
sur  
Développement Agricole**

**Gannett Fleming Corddry and Carpenter, Inc.  
Harrisburg, Pennsylvania, USA**

In association with

**ORGATEC Societe Africaine d'Etudes Techniques  
Dakar Sénégal**

40052



## TABLE DES MATIERES

---

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

- A. Introduction
- B. Objectifs et portée
- C. Inventaire des ressources et techniques agricoles actuelles
  - 1. Climat
    - 1.1. Evapotranspiration
    - 1.2. Précipitations
    - 1.3. Conclusion
  - 2. Ressources de la terre
    - 2.1. Topographie
    - 2.2. Description générale des sols
  - 3. L'agriculture actuelle dans le bassin du fleuve Sénégal
    - 3.1. Introduction
    - 3.2. Agriculture traditionnelle des terres de cultures sèches (diéri)
    - 3.3. Agriculture traditionnelle - agriculture de décrue
    - 3.4. Les cultures irriguées dans le bassin du fleuve Sénégal
- D. Projet d'Aménagements
  - 1. Introduction
  - 2. Objectifs, portée et organisation des Comités Nationaux
    - 2.1. Objectifs des plans nationaux et des Agences responsables de l'aménagement.
  - 3. Le barrage de Diama
    - 3.1. Introduction
    - 3.2. Inventaire des zones irriguées potentielles
    - 3.3. Besoins en eau des cultures
  - 4. Le barrage de Manantali
    - 4.1. Introduction
    - 4.2. Sources des données sur les besoins en eau et des autres statistiques agronomiques

- 4.3. Systèmes de culture, rotations dans les zones irriguées et définition de l'hectare théorique irrigué
- 4.4. Besoins mensuels en eau
- 4.5. Changements dans les besoins en eau et dans les schémas des cultures, ainsi que recommandés par l'Equipe chargée de l'étude sur le développement agricole.

5. Périmètres irrigués

5.1. Introduction

5.2. Expansion future des périmètres irrigués

E. Impacts sur l'Environnement

1. Introduction

2. Barrage de Diama

2.1. Impacts favorables

2.2. Impacts défavorables

3. Barrage de Manantali

3.1. Impacts favorables

3.2. Impacts défavorables

4. Développement de l'Agriculture

4.1. Agriculture irriguée

4.2. Utilisation de produits chimiques agricoles

4.3. Impacts spéciaux

F. Mesures visant à amortir les impacts

1. Barrage de Diama

1.1. Mesures visant à atténuer les effets du changement de la nappe phréatique et de la salinité du sol.

2. Barrage de Manantali

2.1. Perte de terres de falo de décrue

3. Aménagement agricole

3.1. Agriculture irriguée

3.2. Impacts spéciaux

G. Plan d'Action

1. Introduction

2. Changements suggérés dans le programme d'aménagement, dans les schémas de culture prévus et dans l'utilisation de l'eau.

3. Départements de la vulgarisation
- 3.1. Introduction
- 3.2. Analyse des départements de vulgarisation existant dans les Etats-membres de l'O.M.V.S.
- 3.3. Réorganisation et renforcement des services de vulgarisation.
- 3.4. Intéractions entre le service de vulgarisation et les organismes d'inputs agricoles et de crédit

#### H. Recherches et Analyse

1. Introduction
2. Défauts de conception et problèmes de fonctionnement
- 2.1. Grands périmètres
- 2.2. Petits périmètres
3. Recommandations et critères d'élaboration applicables aux projets d'irrigation planifiés à l'heure actuelle ainsi que ceux qui seront applicables aux futurs projets.
- 3.1. Introduction
- 3.2. Recommandations spécifiques pour l'amélioration des périmètres irrigués du bassin du fleuve Sénégal.
- 3.3. Données et critères de la conception de systèmes de transport d'eau d'irrigation surélevés et à revêtement.

## LISTE DES TABLEAUX

---

- C.1-1 Pluviométrie annuelle totale
- C.2-1 Zone couverte par classes d'aptitude des sols et par régions géographiques
- C.2-2 Distribution en pourcentage des majeures catégories de sols par région géographique
- C.2-3 Superficie approximative des sols couverts par catégorie de sol et par groupe géographique.
- C.2-4 Superficies irrigables dans les U.N.E. par classe de sols.
- C.3-1 Production et importation de céréales
- C.3-2 Cultures de terres sèches du bassin du fleuve Sénégal
- C.3-3 Surface inondée par comparaison à la surface utilisée pour les cultures de décrue.
- C.3-4 Amplitude de la crue, surface inondée et quantité de terres sous culture de décrue.
- C.3-5 Différentes cultures de décrue du bassin du fleuve Sénégal
- C.3-6 Grands et moyens périmètres existant à l'heure actuelle dans le bassin du fleuve Sénégal
- C.3-7 Dépenses pour l'infrastructure hydraulique-réseaux secondaires d'irrigation.
- C.3-8 Rendements de riz pour les aménagements irrigués dans le bassin du fleuve Sénégal avec contrôle complet de l'approvisionnement en eau.
- C.3-9 Rendements du riz paddy des périmètres du delta récolté et production commerciale depuis la création de la SAED.
- C.3-10 Périmètres du delta de la SAED, projets et unités, 1977-78
- C.3-11 Augmentation des terres aménagées pour la culture de la tomate avec rendements par hectare et production commerciale totale de 1960-70 à 1974-75.

- C.3-12 Cultures et productions, périmètres de Dagana, années 1974-75 à 1977-78
- C.3-13 Cultures et productions, périmètres de Nianga, années 1976-77 à 1977-78
- C.3-14 Production totale et rendements par hectare, périmètres de M'Pourie, Mauritanie.
- C.3-15 Production de riz, Périmètres de Gorgol, Mauritanie 1977-78
- C.3-16 Méthodes d'estimation des besoins en eau des cultures et données climatiques reprises pour chacune.
- C.3-17 Besoins en eau des cultures
- C.3-18 Besoins approximatifs des cultures de riz et divers
- C.3-19 Estimation des besoins en eau de divers cultures
- C.3-20 Besoins en eau des cultures
- C.3-21 Riz en semis direct
- C.3-22 Résumé des besoins en eau d'irrigation
- C.3-23 Estimation des besoins nets en eau des cultures
- C.3-24 Valeurs moyennes de coefficients mensuels
- C.3-25 Analyse de l'eau du fleuve Sénégal
- C.3-26 Estimation par région de l'utilisation d'engrais au Sénégal.
- C.3-27 Répartition (en %) par région de l'utilisation d'engrais au Sénégal
- C.3-28 Apports d'engrais au cours de six programmes consécutifs de la S A E D
- C.3-29 Utilisation des pesticides dans le bassin du fleuve Sénégal - programme de la S A E D
- C.3-30 Herbicides utilisés par la S A E D
- C.3-31 Pesticides spécifiques et taux d'application utilisés dans les Etats-membres de l'OMVS
- C.3-32 Résistance relative des cultures fruitières à la salinité
- C.3-33 Réseau expérimental de drainage souterrain à Boundoum-Nord.
- C.3-34 Espacement entre les drains en fonction des caractéristiques des sols
- C.3-35 Zones possibles d'expansion de la riziculture en rive gauche

- C.3-36 Périmètres irrigués existant au Sénégal
- C.3-37 Petits périmètres existant en Mauritanie
- C.3-38 Petits périmètres existant au Mali
- C.3-39 Récapitulation des petits périmètres irrigués existant dans le bassin du fleuve Sénégal
- C.3-40 Variétés de riz plantées dans les périmètres du bassin du fleuve Sénégal
  
- D.2-1 Rythmes de développement proposé pour la période 1975 - 78 par les Comités Nationaux.
- D.2-2 Programmation des superficies de terre
- D.2-3 Superficies additionnelles prévues pour l'aménagement en périmètres irrigués dans le delta.
- D.2-4 Surface à irriguer de façon moderne au cours de la décennie 1974 - 84
- D.2-5 Taux proposé pour l'aménagement agricole dans le bassin du fleuve Sénégal pour le Mali
- D.3-1 Total estimé de la superficie à irriguer
- D.3-2 Tableau récapitulatif des besoins en eau des cultures irriguées - rive gauche du fleuve Sénégal, 1982-83
- D.3-3 Tableau récapitulatif des besoins en eau des cultures irriguées en Mauritanie, 1982 - 83
- D.3-4 Retraits d'eau mensuels prévus pour le système de réservoir de Diama
- D.4-1 Composition estimée d'un hectare irrigué théorique
- D.4-2 Besoin en eau des cultures en hectare irrigué théorique
- D.5-1 Taux et sites des aménagements d'U.N.E pour le bassin du fleuve Sénégal, de 1978 à 2028
- D.5-2 Programme d'aménagement des U.N.E. comparativement aux prévisions d'aménagements du Groupement de Manantali
  
- E.4-1 Estimations des pertes de production dues à la suppression de l'agriculture de décrue dans le bassin du fleuve Sénégal.
- E.4-2 (a) Estimations des pertes potentielles de terres destinées au pâturage naturel, dues au passage de l'agriculture de décrue à l'agriculture irriguée.

- E.4-2 (b) Estimations des pertes potentielles de terres de pâ-  
turage naturel, dues au passage de l'agriculture de  
décrue à l'agriculture irriguée.
- E.4-3 (a) Estimations des pertes potentielles de terres desti-  
nées à la production de charbon, dues au passage de  
l'agriculture de décrue à l'agriculture irriguée.
- E.4-3 (b) Estimations des pertes potentielles de terres desti-  
nées à la production de charbon, dues au passage de  
l'agriculture de décrue à l'agriculture irriguée.
- E.4-4 (a) Prévisions de la production agricole pour les périmè-  
tres irrigués au Sénégal, en Mauritanie et au Mali de  
1978-79 à 2027-28
- E.4-4 (b) Prévisions de la production agricole pour les périmè-  
tres irrigués au Sénégal, en Mauritanie et au Mali  
de 1978-79 à 2027-28, avec le système de double cul-  
ture.
- E.4-4 (c) Prévisions de la production agricole des périmètres  
irrigués au Sénégal, en Mauritanie, et au Mali de  
1978-79 à 2027-28
- E.4-4 (d) Valeur totale de la production agricole
- E.4-5 Teneurs en éléments nutritifs des eaux provenant des  
bassins versants cultivés.
- E.4-6 Composition chimique des eaux effluentes des tuyaux  
de drainage et de celles du fleuve Sandusky
- E.4-7 Causes de la destruction des champs de diéri
- E.4-8 Rendements de mil de diéri - saison 1957
  
- F.1-1 Analyse du rapport coût-bénéfice pour le drainage  
souterrain des périmètres irrigués dans le delta
  
- H.3-1 Calcul approximatif des pertes d'eau dans les systèmes  
de transport à revêtement.
- H.3-2 Dimensions des sections d'un canal trapézoïdal typique
- H.3-3 Critères approximatifs pour revêtements en terre  
compactée épaisse
- H.3-4 Vitesse maxima non-érosive dans les canaux en terre
- H.3-5 Coûts approximatifs de la construction de revêtements  
de canal
- H.3-6 Capacités relatives de canaux revêtus de béton et  
ceux non-revêtus.

## LISTE DES FIGURES

---

- C.1-1 Distribution de fréquences de taux d'évapotranspiration moyen par jour dans le ryegross pour chaque mois dans la vallée côtière de la californie.
- C.1-2 Rapport entre le taux d'évapotranspiration maximal et moyen dans les cultures avec différentes conditions climatiques pendant le mois d'utilisation maximale de l'eau.
- C.1-3 Pluviométrie annuelle moyenne effective
- C.2-1 Détermination des régions et nombres de code de suites cartographiques de classification selon leur capacité, des sols et des terres.
- C.3-1 Isohyetes de la moyenne des pluies dans le bassin du fleuve Sénégal.
- C.3-2 Calendrier - type pour les cycles de culture; Diéri et Walo.
- C.3-3 Profil du champ d'inondation à Matam
- C.3-4 Location des terres agricoles de décrues
- C.3-5 Distribution annuelle des pratiques agricoles de Walo
- C.3-6 Organigramme de la SAED
- C.3-7 Distribution de l'eau dans une unité d'irrigation
- C.3-8 Module à masque neyrpic à orifices
- C.3-9 Courbes de coefficients de cultures pour le riz et le blé.
- C.3-10 Courbes de rapports entre les cultures de canne à sucre, de haricots et de coton.

- C.3-11 Courbes de rapports entre les cultures de tomates et fourrage
- C.3-12 Courbes de rapports entre les cultures de maïs et de sorgho.
- C.3-13 Profil de sol indiquant une grande capillarité
- C.3-14 Profil de sol indiquant une forte capillarité
- C.3-15 Tolérance au sel des cultures des champs
- C.3-16 Tolérance au sel des cultures de légumes
- C.3-17 Tolérance au sel des cultures de fourrage
- D.5-1 Projets d'aménagement des périmètres irrigués
- D.5-2 Carte des unités d'irrigation (delta, moyenne vallée)
- D.5-3 Carte des unités d'irrigation (haute vallée)
- D.5-4 Carte des périmètres au Mali
- E.4-1 Division du bassin du fleuve Sénégal en zones
- G.3-1 Organigramme d'un service de vulgarisation intensive
- G.3-2 Relation vulgarisation - recherche
- H.3-1 Levées de remblais compactes d'un canal d'irrigation.
- H.3-2 Profil transversal d'un canal avec revêtement de surface dur.
- H.3-3 Profil transversal standard d'un canal trapezoidal
- H.3-4 Profil type d'une membrane d'étanche exposée et enterrée

H.3-5 Coupe d'un canal à revêtement en terre compactée.

H.3-6 Comparaison d'un canal sans et avec tubage.

## CHAPITRE A

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

Les aménagements agricoles occupent une position-clé dans les plans globaux de développement du bassin du fleuve Sénégal par les Etats-Membres de l'OMVS et seront grandement affectés par la réalisation des autres projets de développement. Il y a un besoin urgent d'une augmentation rapide de la production agricole vivrière, laquelle, même avant la sécheresse catastrophique de 1968 à 1973, n'a pas satisfait les besoins engendrés par la croissance démographique des pays du bassin du fleuve Sénégal.

Il y a quelques potentialités d'expansion et d'amélioration de la production des cultures vivrières pluviales dans les zones à plus forte pluviométrie du Sénégal et du Mali. Cependant, il y a de grandes superficies, spécialement le long du fleuve Sénégal, au Sénégal et en Mauritanie, où les pluies sont insuffisantes pour garantir les récoltes, et pour ces zones, seule une agriculture irriguée peut augmenter la productivité.

Si des déficits chroniques de cultures vivrières doivent être surmontés et la production totale approcher des niveaux d'auto-suffisance dans les pays concernés, la production de cultures vivrières irriguées doit être accrue. En outre, un développement de l'agriculture irriguée permettra une diversification des récoltes et une expansion des cultures d'exportation. Le besoin d'augmenter les apports alimentaires est tout aussi important que la nécessité d'augmenter les revenus de l'importante population rurale des pays concernés si le niveau de vie doit être élevé à un point permettant un essor économique global.

Il existe dans quelques zones du Sénégal de nouvelles terres où il est possible de s'établir, mais des sols pauvres et une pluviométrie faible sont des contraintes sérieuses, et seules

des exploitations assez grandes pourraient assurer des revenus qui inciteraient à s'établir.

Par conséquent, l'investissement requis pour l'établissement de chaque cellule familiale sur de telles terres serait égal à celui qui serait nécessaire pour obtenir ce même niveau de revenus en agriculture irriguée.

Les eaux du fleuve Sénégal s'écoulent en grande partie dans l'Océan Atlantique sans être utilisées, sauf pour l'irrigation de quelques 12.000 hectares de terres presque entièrement situées dans le delta, et pour des cultures de décrue le long du fleuve, qui peuvent varier entre 15.000 à 140.000 hectares pendant l'année, selon l'ampleur de l'inondation annuelle. Cette ressource d'eau renouvelable, de l'ordre de 25 milliards de mètres cubes par an, est disponible presque entièrement pendant la saison d'inondation. Vers la fin de la saison sèche, les écoulements dans le fleuve baissent jusqu'à peu près dix mètres cubes par seconde (10 m<sup>3</sup>/sec), ce qui limite considérablement la quantité de cultures doubles irriguées possibles, sans les possibilités de conservation de l'eau.

Parmi les conséquences que les constructions des barrages de Diama et de Manantali auront sur l'agriculture, figure la perte des terres agricoles de décrue, due au contrôle du débit du fleuve et à l'apport d'une source d'eau annuelle constante qui résultera en la création de nouveaux périmètres irrigués et en l'expansion de ceux qui existent déjà.

Le changement d'un système agricole traditionnel à un programme agricole intégré devrait déboucher sur le développement d'une économie rizicole, céréalière et horticole et sur une amélioration du niveau socio-économique de la population du bassin du fleuve Sénégal.

Les changements dans l'agriculture auront d'autres impacts sur l'environnement physique et socio-économique du bassin du fleuve Sénégal, dont quelques uns seront positifs et d'autres négatifs. Par exemple, avec le développement des systèmes d'irrigation dans les grands périmètres, des problèmes dans les zones

de stockage d'eau morte peuvent être réglés, ce qui, à son tour, affectera le secteur de la santé publique. L'augmentation prévue dans l'utilisation de produits chimiques agricoles (engrais et pesticides) par les paysans de la vallée aura des effets bénéfiques et quelques effets négatifs d'ordre mineur.

Les impacts des aménagements prévus en agriculture et les effets dus aux changements des techniques agricoles sur les autres secteurs de l'environnement seront identifiés et évalués dans les sections suivantes de cette étude. Là où elles seront applicables, des approches seront suggérées pour atténuer les impacts négatifs et pour accentuer ceux qui sont positifs, et si possible, on proposera des plans d'action.

Dans quelques cas, la détermination finale quant aux effets bénéfiques ou négatifs de l'aménagement agricole sur l'environnement, sera fait dans les études d'autres équipes travaillant sur l'Evaluation Globale de l'Environnement du projet de l'OMVS.

## CHAPITRE B

OBJECTIFS ET PORTEE

La section d'aménagement agricole du groupe d'étude sur l'évaluation de l'environnement a pour objectifs principaux d'identifier et si possible, de quantifier les impacts sur l'environnement, à la fois positifs et négatifs de l'aménagement agricole prévu dans le bassin du fleuve Sénégal et de proposer des mesures qui accroîtront les effets bénéfiques et amoindriront les impacts négatifs liés aux projets d'aménagement.

Les impacts des deux autres projets d'aménagement, ceux des barrages de Diama et de Manantali, sont également à déterminer. Dans le but d'évaluer l'agriculture actuelle, et les aménagements agricoles courants et potentiels, il est nécessaire d'évaluer les données de base. La collecte de données a impliqué la révision des études publiées et celles d'autres documents ; elle a aussi nécessité des études de reconnaissance à travers le bassin du fleuve Sénégal, et des contacts personnels avec des organisations diverses et des responsables des Etats-Membres de l'OMVS.

Des visites furent effectuées aux centres de documentation de l'OMVS de Dakar et de St Louis, au Bureau de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (F.A.O.) de Dakar, et à la Station de Recherche de Rufisque, au Bureau de l'Organisation pour la Recherche Scientifique et Technique d'Outre Mer (ORSTOM) et au Laboratoire National d'Elevage, tous deux situés à Hann, et au Bureau du Haut Commissariat de l'OMVS à Dakar. De nombreux contacts personnels ont été établis avec des délégués de la Société Nationale pour le Développement de la Terre du Delta du Fleuve Sénégal (S.A.E.D), avec ceux de la Société Nationale pour le Développement Rural (SONADER) et avec ceux de l'Opération Périmètres Irrigués (OPI), qui sont tous directement concernés par l'Aménagement Agricole dans les différents Etats-Membres de l'OMVS.

Les investigations sur le terrain se sont faites à travers

des voyages dans le bassin du fleuve pour s'assurer de la situation présente des pratiques agricoles et évaluer les potentialités agricoles globales de la zone. Aussi bien pendant les saisons des pluies que pendant les saisons sèches, des visites furent rendues aux grands et aux petits périmètres irrigués et à des exploitations agricoles privées dans les 3 Etats-Membres de l'OMVS.

Furent visitées les stations de recherches de l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles de Richard Toll et de Bambey ainsi que celle de l'Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest (WARDA) à son centre de Recherches de Richard Toll, et les stations de Recherches de l'OMVS de Guédé, Samé et Kaédi. A chaque fois, on tint des conférences avec le personnel pour obtenir des renseignements sur leurs activités et pour collecter des données de leurs expériences sur le terrain.

On passa plusieurs jours à la Compagnie Sucrière Sénégalaise (C.S.S.) de Richard Toll pour y faire des investigations soutenues sur le système d'irrigation et de drainage, sur les usages agricoles, et sur les recherches entreprises à cet emplacement.

Au cours des missions de reconnaissances, on examina et évalua les techniques agricoles, les schémas de récolte et les productions. La conception des systèmes d'irrigation et leur rentabilité furent étudiées, les procédés de fonctionnement, les techniques de gestion des eaux et les conditions de drainage furent observées et analysées avec les responsables techniques.

On s'entretint avec les agriculteurs afin d'obtenir leurs réactions envers l'agriculture irriguée. On s'efforçât particulièrement à obtenir des renseignements sur l'utilisation des produits chimiques agricoles (engrais, pesticides et herbicides) de façon à pouvoir déterminer leurs impacts potentiels sur l'environnement. Les différents types de sols du bassin du fleuve furent identifiés et les problèmes d'érosion, à la fois ceux qui existent et ceux qui sont potentiels, furent étudiés.

Une enquête sur l'élevage fut menée et les différentes phases de la production de l'élevage et de sa gestion furent analysées. Une étude fut faite sur les maladies du bétail, en prenant soin d'inclure celles qui affectent à la fois l'homme et les autres animaux.

On rassembla des données climatologiques et on étudia les impacts probables de l'aménagement agricole prévu sur les influences climatologiques dans le bassin du fleuve Sénégal. En plus de la construction des barrages de Manantali et de Diama, le projet de l'OMVS comprend des plans pour l'aménagement permettant la navigation pendant toute l'année sur le fleuve Sénégal. Cela nécessitera le dragage du lit du fleuve et créera le problème de l'évacuation des matériaux excavés excédentaires dus au dragage. Comme l'on disposera probablement de ces matériaux excavés en les entassant sur les terres d'alentour, on a essayé de déterminer l'utilisation la plus bénéfique de ces matériaux et leurs effets, s'il y en a, sur l'environnement. Cependant, cela ne devrait pas poser de problèmes si ces matériaux sont entassés sur la rive adjacente au fleuve, étant donné qu'il y a suffisamment de terres entre la rive du fleuve et les digues protectrices des périmètres agricoles.

## CHAPITRE C

INVENTAIRE DES RESSOURCES ET TECHNIQUES AGRICOLES ACTUELLESC.1. Climat

Beaucoup de détails concernant le climat du bassin du fleuve Sénégal sont donnés dans le Livre 2 du Volume 4, tandis que d'autres renseignements apparaissent dans le volume intitulé : "Le Bassin du Fleuve Sénégal" (ORSTOM, 1974).

Cependant, dans l'inventaire sur l'agriculture, on devrait mettre l'accent sur certaines caractéristiques à cause de leur importance par rapport à l'agriculture et aux techniques agricoles.

C.1-1. Evapotranspiration

Ainsi qu'il est typique dans les zones des Tropiques, les températures mensuelles moyennes dans le bassin du fleuve Sénégal varient relativement peu au cours de l'année. Cela n'implique pas que les jours considérés individuellement ou de courtes périodes ne marqueront pas des déviations appréciables de la moyenne (peut-être plus ou moins 5 degrés centigrades dans les zones intérieures). De telles périodes ne sont pas prévisibles à très long terme, malheureusement. Si ces périodes inhabituelles sont particulièrement chaudes, elles ont incontestablement des répercussions sur les végétaux en ce qui concerne leur résistance à la chaleur et au manque d'eau.

Le taux d'évapotranspiration (ET) dépend des variables climatiques qui sont : la température, les courants d'air, la radiation nette, et le déficit de saturation (la différence entre la quantité de vapeur d'eau que l'air peut contenir, et la quantité que l'air contient vraiment). Etant donné que la plupart des rapports empiriques lient l'évapotranspiration (ET) à la température seulement, il est souvent suggéré que les variations en évapotranspiration (ET) d'une année à l'autre sont faibles, particulièrement dans les Tropiques. En réalité, cela est erroné, car les valeurs annuelles de ET peuvent varier de plus ou moins

15 % (FAO, 1977,a) tandis que les valeurs mensuelles de ET peuvent fluctuer de 50 % ou plus d'une année à l'autre. Ces faits, ainsi que les variations pendant les périodes plus courtes qu'un mois, sont indiqués dans la figure C.1-1. Il faut remarquer que cette figure est fournie comme illustration seulement. Les valeurs spécifiques ne seront pas applicables pour le bassin du fleuve Sénégal.

Un calcul approximatif des valeurs maximales mensuelles de ET, pour différentes conditions climatiques, peut être déduit des rapports indiqués à la figure C.1-2. Dans cette figure, les courbes représentent différentes conditions climatiques telles que :

- Courbe n° 1 : climats arides et semi-arides et ceux avec un temps généralement dégagé pendant un mois d'évapotranspiration maxima des cultures.
- Courbe n° 2 : climats semi-continentaux et climats sous-humides avec un temps nuageux hautement variable pendant le mois de ET maxima des cultures.
- Courbes 3 et 4 : climats semi-continentaux avec un temps nuageux variable et un taux d'évapotranspiration moyen des cultures de 5 et 10 mm/jour, respectivement.

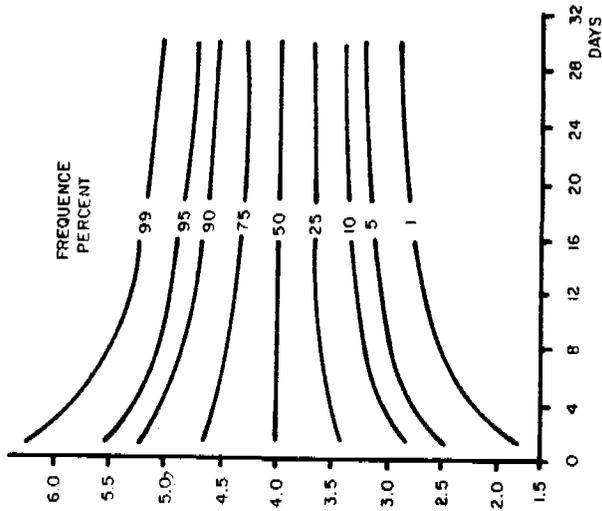
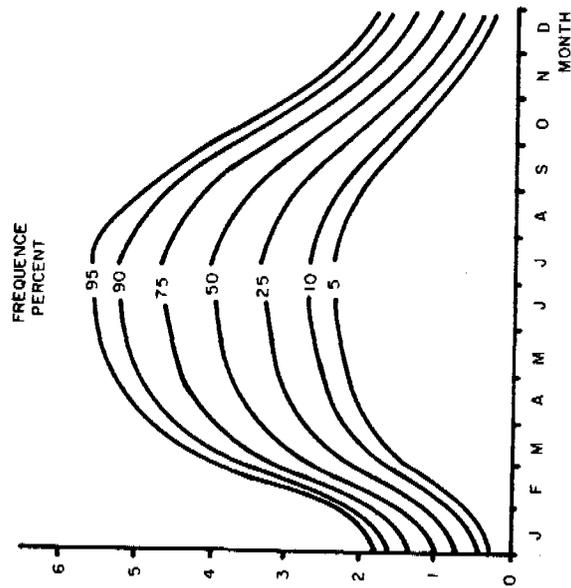
Une autre complication surgit à travers des changements, sur une petite échelle de ET. Selon la FAO (1977,a), le taux d'évapotranspiration dans un bac situé à 250 mètres des rives du lac Nasser, en Egypte, était deux fois supérieur à celui enregistré sur le rivage.

#### C.1-2 Précipitations

Bien que la variabilité de la pluviométrie d'une année à l'autre soit mentionnée dans le livre 2 du volume 4, la variabilité géographique dans le bassin du fleuve Sénégal devrait aussi être considérée. Généralement, les courbes pluviométriques à long terme (annuelles ou mensuelles) sont en moyenne raisonnablement régulières, sauf en terrain montagneux, mais au fur et à

DISTRIBUTION DE FREQUENCES DU TAUX D'EVAPOTRANSPIRATION MOYEN PAR JOUR DANS LE RYEGRASS (LOLIUM SP) POUR CHAQUE MOIS DANS LA VALLEE COTIERE DE LA CALIFORNIE; DISTRIBUTION DE FREQUENCES DU TAUX D'EVAPOTRANSPIRATION MOYEN D'UNE PERIODE DE 1 A 30 JOURS DANS LE RYEGRASS (LOLIUM SP) PENDANT LA PERIODE DE POINTE DE JUIN, JUILLET.

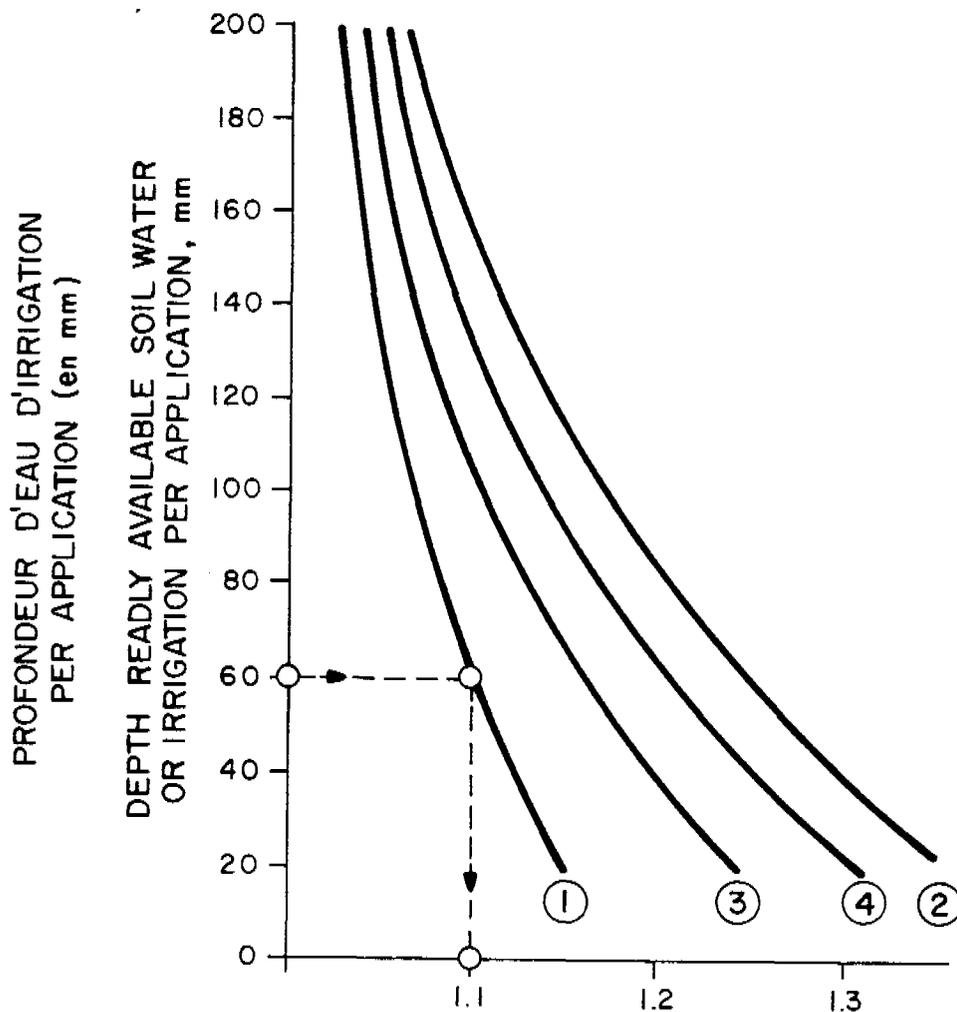
FREQUENCY DISTRIBUTION OF MEAN DAILY ETRYEGRASS FOR EACH MONTH IN COASTAL CALIFORNIA VALLEY; FREQUENCY DISTRIBUTION OF 1 TO 30 DAY MEAN ETRYEGASS DURING PEAK PERIOD JUNE - JULY



Source: NIXON, ET AL IN FAO, 1977A

RAPPORT ENTRE LE TAUX D'EVAPOTRANSPIRATION MAXIMAL ET MOYEN DANS LES CULTURES AVEC DIFFERENTES CONDITIONS CLIMATIQUES PENDANT LE MOIS D'UTILISATION MAXIMALE DE L'EAU

RATIO PEAK AND MEAN ET CROP FOR DIFFERENT CLIMATES DURING MONTH OF PEAK WATER USE.



PROPORTION  $\frac{\text{TAUX MOYEN D'EVAPOTRANSPIRATION DE CULTURE MAXIMUM}}{\text{TAUX MOYEN D'EVAPOTRANSPIRATION DE CULTURE MENSUEL}}$

RATIO  $\frac{\text{MEAN PEAK ET CROP}}{\text{MEAN MONTHLY ET CROP}}$

mesure que l'intervalle de temps diminue (annuel, puis mensuel ou quotidien), cette propriété n'est pas nécessairement applicable. Cela est un fait d'importance considérable quand les quantités sont exprimées en tant que pourcentages de leurs moyennes respectives. Par exemple, Podor peut recevoir 150 % de ses pluies moyennes d'Août pendant l'année "X", tandis que Matam obtient seulement 70 % de sa moyenne d'Août. Chaque mois ou année doit être traité séparément. Quelques différences géographiques spécifiques parmi les totaux annuels sont indiquées au tableau C.1-1. Il est clair que n'importe quelle courbe (pluviométrique) peut être présente, et pendant de courtes périodes, il est rarement possible de faire des affirmations générales correctes du genre : "il a beaucoup plu dans le bassin du fleuve Sénégal ce mois-là (ou cette année)".

Trois principales propriétés de la pluviométrie, c'est-à-dire quantité, fréquences et intensité, sont d'intérêt pour le météorologue. Cependant, en agriculture, on ne met pas l'accent sur les pluies à proprement parler, mais sur les pluies effectives (définies en tant que pluies utilisables). Si l'on considère les besoins en eau des cultures, l'eau de pluie qui s'écoule par ruissellement de surface et par percolation profonde, ainsi que l'humidité laissée dans le sol, est définitivement perdue. La quantité qui reste (pluies effectives) est influencée par plusieurs facteurs : météorologiques, ceux de la terre, du sol, de l'eau du sol, de la nappe phréatique, de la gestion, de la canalisation, et des cultures. A cause du nombre de variables impliquées, on procède toujours à quelques simplifications. Les exemples vont du plus simple -pour lequel un pourcentage fixe de toutes les pluies est pris comme effectif (souvent 65 à 80 %) - à ceux pour lesquels le pourcentage varie avec la quantité de pluies et celle de la consommation. La plupart des méthodes utilisées montrent qu'il est plus réaliste d'accepter que au fur et à mesure que la pluviométrie augmente, le pourcentage effectif décroît. En utilisant une méthode préconisée par le U.S. Department of Agriculture (Département de l'Agriculture des Etats-Unis) (1962) et qui a été modifiée pour son utilisation dans le bassin du fleuve Sénégal, le schéma des pluies annuelles effectives est comme indiqué dans la figure C.1-3.

TABLEAU C.1-1

Pluviométrie Annuelle Totale (exprimée en pour-cent  
de la moyenne des précipitations)

Année	Saint-Louis	Podor	Matam
1918	190	172	114
1936	105	102	222
1941	62	81	51
1942	50	30	103
1955	119	240	96
1966	95	38	89

Peut se résumer comme suit :

- 1918 très humide à St. Louis et Podor, moyenne à Matam
- 1936 moyenne à St. Louis et Podor, très humide à Matam
- 1941 année sèche aux trois stations
- 1942 très sèche à St. Louis et Podor, moyenne à Matam
- 1955 moyenne à St. Louis et Matam, très humide à Podor
- 1962 moyenne à St. Louis et Matam, très sèche à Podor

### C.1-3. Conclusion

Il n'y a pas eu suffisamment d'études pour savoir les besoins exacts en eau des différentes cultures au cours de leurs différentes phases de développement dans les Tropiques semi-arides. Cela signifie que le volume d'eau nécessaire pour produire les meilleures récoltes est inconnu. On devrait procéder à des études lysimétriques dans les régions de Richard Toll et de Matam pour accentuer l'efficacité de l'emploi de l'eau. Le coût de l'équipement et des installations serait inférieur à 10.000 dollars par station. Un agronome qualifié serait nécessaire pour superviser les investigations.

### C.2. Ressources de la terre

#### C.2-1. Topographie

Le fleuve Sénégal est le second, de par sa grandeur, en Afrique de l'Ouest. Il a plus de 1.800 km de long, draine quelques 290.000 km<sup>2</sup> et a un écoulement moyen annuel de plus de 25 milliards de mètres cubes. Le bassin du fleuve occupe plus de 14 % de la superficie du Sénégal, presque 13 % de celles du Mali et de la Guinée, et presque 7 % de celle de la Mauritanie. Tandis que 825 km, ou à peu près 45 % de sa longueur forment la frontière entre le Sénégal et la Mauritanie, presque 55 % ou 155.000 km<sup>2</sup> de la superficie de drainage est en République du Mali et presque 50 % des apports au fleuve proviennent de Guinée. Géographiquement le bassin du fleuve Sénégal est divisé en trois régions :

- 1°) - le Delta
- 2°) - la Vallée moyenne
- 3°) - et la Haute vallée.

#### C.2.1-1 Le Delta

Les 200 kilomètres inférieurs, de l'Océan Atlantique à Dagana, forment le delta plat. A l'exception de quelques bancs sableux, le Delta a une superficie extensive, difforme et globalement sans gradient. Le delta est généralement à moins de 2,5 m au dessus du

niveau de la mer. Dans la région entre Saint-Louis et Podor, la hauteur maxima est de 5 à 6 mètres au dessus du niveau de la mer. Les surfaces des terres se présentent comme plates et lisses, ou légèrement ondulées. Pendant les périodes de bas écoulement du fleuve, une langue d'eau salée s'introduit dans le fleuve jusqu'à Dagana.

Il semble que jadis l'océan ait couvert la zone maintenant occupée par le delta et y ait déposé des sables fins et très fins. L'inondation subséquente par le fleuve Sénégal a déposé des matières dont la texture allait de moyenne à fine. Cela constitue l'essentiel des matériaux de la couverture du sol. Les crêtes de sable s'élèvent au-dessus des sédiments du fleuve.

Les sols du delta varient de ceux à texture grossière et qui sont très perméables et sablonneux sur les crêtes et les bordures des fleuves, à ceux dont la texture est fine, et qui sont relativement imperméables et affectés par le sel dans les zones de dépression. La plupart des sols du delta ont une texture qui va de la moyenne à la fine et qui ont une couche inférieure de sables fins, profonds de 30 à plus de 120 cm. En général, les sols du delta sont à la fois salés et acides.

Généralement, une végétation éparsse, des arbustes et des herbes sont la couverture prédominante, mais il y a de nombreuses zones arides.

A l'exception des crêtes de sables et des digues naturelles le long du fleuve et des marigots, le drainage interne est très peu développé. Cela peut être imputé au gradient plat, au manque d'élévation des terres au-dessus des zones d'eau, à une conductivité hydraulique des sols relativement basse et des inondations fréquentes. Des nappes phréatiques salines existent en petites profondeurs dans la plus grande partie du delta.

La vallée entre Podor et Richard Toll est une zone de transition et les terres dans cette région peuvent avoir des caractéristiques soit du delta, soit de la vallée moyenne, mais sont plus caractéristiques de la vallée moyenne.

### C.2.1.2 La Moyenne Vallée

La Vallée moyenne, plaine alluviale large de 10 à 20 km entourée d'un semi désert, s'étend sur une distance de 600 km de Dagana à Bakel. Les terres ici sont soit lisses ou légèrement ondulées, soit plates ou légèrement en pente et s'élèvent de 3 à 15 m au dessus de la surface de l'eau du fleuve pendant la saison sèche. Une portion de ces terres est inondée annuellement, mais les endiguements naturels le long du fleuve et autres crêtes sont rarement ou jamais recouverts par les eaux d'inondation. Une végétation éparse et des herbes sont la couverture prédominante, bien qu'il y ait quelques petites zones de forêt clairsemée.

Les sols se sont développés d'abord sur les dépôts alluvionnaires. Ces sols qui ont généralement une texture qui va de moyenne à fine, sont profonds, soit très peu ou modérément perméables, ont une capacité adéquate de conservation de l'eau, ne sont pas salés, ne sont pas sodiques, et sont relativement peu sujets à des concentrations néfastes de substances toxiques.

Bien que peu développé, le drainage de surface est adéquat et le drainage interne est de modéré à pauvre. On n'a observé aucune nappe souterraine libre à l'intérieur de la zone racinaire.

L'agriculture de décrue prévaut dans cette portion de la vallée. Parce que la texture de ses sols est fine et qu'ils sont peu perméables, cette région constitue une zone adéquate pour un aménagement agricole d'irrigation de cultures diversifiées et de production de riz paddy.

### C.2.1.3 La haute vallée

Les 1000 km qui restent forment la haute vallée. De petits périmètres dans le Mali et le Sénégal sont situés le long des fleuves Sénégal et Falémé dans cette zone. Les terres

hautes se composent principalement de collines basses avec une surface lisse ou légèrement inondée. Une végétation éparse et des herbes couvrent la plus grande partie de la superficie.

Les sols sont, pour la plupart, rougeâtres, de texture grossière et d'origine éolienne. Ces sols semblent avoir un taux élevé d'infiltration, un taux élevé de drainage interne, une faible capacité de rétention d'eau, une faible capacité d'échanges de cations, et ces sols seraient sujets à une forte érosion si la végétation actuelle était enlevée. On trouve fréquemment un sol rougeâtre, peu profond, de texture moyenne, avec de la latérite consolidée ou non.

Entre Bakel, au Sénégal et Kayes au Mali, où une partie de la route est à l'intérieur, loin du fleuve, l'érosion classique par ravelines est évidente à l'intérieur de grand nombre de zones naturelles de drainage qui traversent la terre. Les hautes terres qui bordent la vallée ne semblent pas propices à un aménagement d'irrigation. La zone de frontière entre les terres hautes aux sols de texture grossière et la vallée d'alluvion, n'a pas de caractéristiques de surface définies.

#### C.2.1.4 Le système du marigot

A l'exception du fleuve Sénégal, le système du Mari-got est la caractéristique la plus remarquable à l'intérieur du champ d'inondation du fleuve. Les marigots sont des bras sinueux du vieux fleuve, dont les élévations de sol varient à travers toute la vallée. Ce système est considéré à présent comme faisant partie intégrante de l'agriculture de décrue dans le bassin. On ne voit pas pour le moment le rôle qu'ils joueront dans l'agriculture future.

En amont de Bakel, le fleuve est étroit avec un chenal bien défini ainsi que des rives extrêmement hautes; c'est le point de départ des terres hautes du Sénégal qui s'étendent jusqu'à l'intérieur du Mali.

Le champ d'inondation du fleuve commence approximativement à dix kilomètres en aval de Bakel. A 4 km en amont de Waondé, un petit marigot s'écarte du fleuve Sénégal et s'écoule en aval, mais ne repénètre pas dans le fleuve. Un grand marigot, le Diammél, commence à 2,5 km en dessous de Matam, s'écoule généralement vers le Nord-Ouest en direction de Thilogne, et pénètre un vaste champ d'inondation. Ce champ d'inondation a, à peu près 65 km de long et approximativement 20 km dans sa plus grande largeur, entre Thilogne et le fleuve Sénégal. A l'intérieur de cet immense champ d'inondation, il y a floraison de marigots de diverses tailles qui commencent soit à partir de celui de Diammél soit du fleuve Sénégal. Le Diammél disparaît ensuite dans cette région. Deux autres importants marigots situés dans la même région sont ceux de paol et de diorbivol. Le Doué, un grand marigot, situé, à peu près à 10 km en dessous de M'Bagne, débouche du fleuve Sénégal et s'écoule vers l'Ouest.

Le Doué donne naissance à plusieurs petits marigots qui se dirigent en amont vers Horé Fondé. A Diammél Diayat, le marigot tiatiolol débouche du doué et devient le dadévol à environ 8 km en aval. Ces deux canaux finissent par former une floraison de petits cours d'eau.

Le marigot Gayo débouche du fleuve à Donaye et par des méandres se dirige en amont vers la forêt de Tiélao. Près de Ndiarame, le marigot dia ané commence. Il coule en amont et se divise pour former le marigot Koundi qui s'écoule vers la Mauritanie.

A deux kilomètres en amont de Rosso, le petit marigot de natchié commence. A deux kilomètres de Rong, le marigot gorom sort du fleuve et après des méandres sur six kilomètres, s'en écarte pour former les marigots de diovol et de kassak.

Le Kassak s'écoule en aval et rencontre le marigot de lampsar qui va pénétrer éventuellement dans la zone du delta. Le marigot de gorom finit par rejoindre le fleuve Sénégal en aval, au dessus de l'île de tieng. Le marigot de djeuss s'é-

tend entre ceux de gorom et de lampsar puis joint le lampsar à approximativement 35 km en aval, où tous deux s'écoulent dans le delta, rejoignent le fleuve Sénégal et se déversent ainsi vers l'océan.

### C.2.2 Description générale des sols

La source d'information la plus complète sur les sols du bassin du fleuve Sénégal est l'étude de classification des sols et des terres financée par la FAO et faite par la Société d'Etudes et de Développement Agricole (SEDAGRI) en 1973. Dans cette étude, des cartes à une échelle de 1/50 000 furent groupées par aires géographiques, de Saint-Louis à Bakel. Il n'y a pas de cartes disponibles pour les sols en amont de Bakel. Un inventaire des classes d'aptitude des sols fut préparé pour chaque région. Se basant sur une étude de la SEDAGRI, le Groupement Manantali (1977) a évalué l'aptitude des sols à l'irrigation selon un système de classification mis au point par le US Bureau of Reclamation et qui tient compte des principaux facteurs ci-après :

- 1 profondeur des sols utilisables
- 2 structure des sols, particulièrement leur stabilité.
- 3 perméabilité à l'eau et à l'air.
- 4 Capacité de rétention d'eau.
- 5 le pH et la salinité du sol.
- 6 texture qui détermine la perméabilité, la capacité de rétention d'eau et la capacité d'échanges des cations.
- 7 topographie (relief ou pente)
- 8 Conditions de drainage.

six classes ont été reconnues et le Groupement Manantali les catégorise ainsi :

classe 1 : sols facilement irrigables. Sols profonds, de bonne texture, profonde nappe souterraine d'eau libre. Sols non salins.

classe 2 : sols irrigables, mais avec réserves en ce qui concerne la culture. Certains problèmes se présentent : l'eau met du temps à pénétrer les sols, les sols sont salins; la topographie est défavorable, la nappe d'eau souterraine est peu profonde.

classe 1 r : culture de riz. Sols à texture fine (plus de 60 % d'argile) non salés, topographie, régulière.

classe 2 r : culture rizicole sujette à réserves. Sols à texture d'argile, dépôts de sels retenus par des particules de sols, drainage en profondeur nécessaire. Une zone de végétation permanente est aussi probable.

classe 6 : Sols non irrigables, texture trop grossière, topographie irrégulière, drainage difficile ou salinité excessive.

classe 6 r : Sols non-irrigables. Ces terres pourront être remises en valeur pour la riziculture dans des conditions de gestion coûteuse. Ces terres sont composées de sols à la texture fine, la nappe souterraine d'eau est saline.

Les descriptions des classes d'aptitude des sols ainsi qu'elles ont été décrites par SEDAGRI (1973), diffèrent légèrement de celles indiquées ci-dessus, mais puisqu'elles sont, en essence, les mêmes que celles données par le Groupement de Manantali, elles sont fournies ci-après par souci de clarification.

Classe 1 : Les meilleurs sols. Ces sols fournissent les plus fortes productions pour la plupart des cultures adaptées au climat, sans travail excessif. Sols non salins.

Classe 2 : La granulométrie, la topographie et la salinité de ces sols présentent des problèmes. Néanmoins, des sols de cette catégorie peuvent fournir des productions satisfaisantes pour des cultures adaptées au climat, mais une plus

grande quantité de travail y est requise que pour la classe 1.

Classe 1 r : Ces sols ont une teneur en argile trop grande pour être irrigués de façon normale. Leur texture les rend propices à la culture du riz. Sols non-salins.

Classe 2 r : Ces sols ressemblent à ceux de la classe 1 r, à la différence qu'ils sont salins. Le drainage est nécessaire pour la mise en valeur des terres. Si ces sols sont cultivés comme il le faut, ils sont propices à la riziculture.

Classe 6 : Sols non-irrigables. Ces sols présentent tant de problèmes que leur aménagement n'est pas économique.

Classe 6 r : Sols non irrigables. Ces sols ont une forte teneur en argile et sont extrêmement salins. La nappe souterraine d'eau est saline, le drainage est très difficile.

Les résultats de la classification des sols en raisons de leur aptitude et par région apparaissent au tableau C-2-1. La zone totale propice à l'irrigation (la somme des classes 1, 2, 1 r et 2 r, à partir du tableau C.2-1) est de 828 033 hectares.

Le rapport de la SEDAGRI (1973) comportait également des cartes de classification des sols couvrant la même zone que les cartes de classification des terres et celles d'aptitude des sols. Un inventaire général fut entrepris en tant que partie intégrante de cette étude afin de comparer les types de sols par série géocartographique avec l'inventaire de classification des terres et des sols en raison de leur aptitude. Une estimation approximative du pourcentage des principales catégories de sols dans chaque série cartographique régionale est indiquée au tableau C.2-2.

La superficie couverte par chaque catégorie de sols a été révisée afin de l'accorder aux divisions établies selon

Tableau C.2-1

Zone couverte (en hectares) par classes d'aptitude des sols et par régions géographiques

Série carto- géographique suite	classes						Total
	1	2	IR	2R	6	6R	
Bakel	2,796	656	-	-	305	-	3,757
Sélibabi	34,520	18,714	16,845	-	15,325	-	85,404
Matam	47,117	36,384	20,706	-	18,624	-	122,831
Kaédi	37,936	36,173	44,902	76	17,691	-	136,778
Podor	82,264	89,223	47,739	3,534	18,799	-	241,559
Dagana	24,436	121,037	28,647	2,791	48,553	74	225,538
Saint-Louis	1,606	95,868	3,090	27,540	130,192	27,199	285,495
Louga	-	3,433	-	-	8,850	-	12,283
<b>Total</b>	<b>230,675</b>	<b>401,488</b>	<b>161,929</b>	<b>33,941</b>	<b>258,339</b>	<b>27,273</b>	<b>1,113,645</b>

Tableau C.2-2

Distribution en pourcentage des majeures catégories de sols par région géographique

Série carto- géographique	Catégories																
	AH	V	PG	V +	PG	AH +	AH PG	PG+	G	G <sub>s</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	H <sub>3</sub>	H+	H+S	I	C
Bakel	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Selibabi	50.4	22.4	22.6	-	-	-	-	-	4.6	-	-	-	-	-	-	-	-
Matam	25.8	29.9	25.7	-	16.4	-	-	-	2.2	-	-	-	-	-	-	-	-
Kaédi	24.2	46.9	11.1	12.5	-	-	-	2.9	1.2	-	-	-	-	-	-	2.2	-
Podor	38.4	24.1	21.1	11.0	-	-	-	-	0.6	-	-	-	-	-	-	-	1.5
Dagana	18.6	13.6	1.9	16.0	-	1.3	0.8	9.4	1.1	23.5	1.5	-	-	-	-	11.4	1.5
Saint-Louis	1.4	-	-	-	-	-	-	5.0	2.3	21.7	15.6	19.9	6.4	2.5	11.1	3.1	-
Louga	30.0	-	-	-	-	-	-	-	-	5.0	5.0	5.0	20.0	-	35.0	-	-

l'aptitude des sols données pour les séries cartographiques (Groupement Manantali, 1977) à l'exception du cas du Groupe de Podor. La superficie de la zone couverte qui correspond au pourcentage évalué est indiquée au tableau C.2-1.

Les numéros de code des cartes individuelles sont fournis au tableau C.2-2.

Une brève explication des caractéristiques des catégories de sols décrites partiellement par la SEDAGRI (1973) est nécessaire pour bien comprendre le tableau C.2.3. Les noms locaux sont indiqués entre parenthèses.

#### AH Sols alluvionnaires hydromorphes (fondé)

Ces sols sont caractérisés par et dus à un excès d'eau survenant par moments à la surface. L'épaisseur et la structure du sol montrent la présence ou les effets d'une nappe phréatique.

#### V - Vertisols et Quasi-Vertisols (Hollaldé)

Ces sols ont un profil A (B) C plus ou moins homogène, une texture de plus de 35 % d'argile (souvent de 50 à 70 %), une coloration sombre et présentent soit des fissures, soit des foisonnements selon leur teneur en eau. Ils ont une porosité très faible et une structure prismatique massive ou polyédrique.

Les sols hydromorphes alluvionnaires et les vertisols augmentent en amont au fur et à mesure que l'on s'approche du champ d'inondation. Ainsi qu'il est montré au tableau C.2-2, 73,6 % des sols dans la série carto-géographique de Sélibabi sont de composition AH et V. Plus loin en aval les sols sont encore essentiellement des vertisols ou hydromorphes alluvionnaires. AH et V totalisent 72,2 % de tous les sols du groupe géographique de Kaédi et 62,7 % dans celui de Podor.

Tableau C.2-3

Superficie approximative des sols couverts(en hectares) par catégorie de sol et par groupe géographique

Série carto- géographique	Classe de sols	Numéros de Code						Total
		2a	2b	2c	2d	4a	4b	
Saint-Louis	AH	-	-	-	-	1,200	2,780	3,980
	G	-	-	-	7,389	-	6,951	14,340
	G <sub>s</sub>	-	-	-	-	2,399	4,170	6,569
	H <sub>1</sub>	3,630	1,455	20,333	25,862	3,599	6,951	61,830
	H <sub>2</sub>	10,891	-	8,714	18,473	2,399	4,170	44,647
	H <sub>3</sub>	18,152	8,732	11,618	14,778	3,599	-	56,879
	H+	-	2,911	5,809	-	9,598	-	18,318
	H+s	7,261	-	-	-	-	-	7,261
	I	29,045	16,008	11,618	3,695	1,200	1,390	62,956
	O	<u>3,630</u>	-	-	<u>3,695</u>	-	<u>1,390</u>	<u>8,715</u>
	<b>Total:</b>	<b>72,609</b>	<b>29,106</b>	<b>58,092</b>	<b>73,892</b>	<b>23,994</b>	<b>27,802</b>	<b>285,495</b>

Tableau C.2-3 (suite)

Série carto- géographique	Classe de sols	Numéros de Code							Total
		1c	4c	3a	1d	3b	4a	4b	
Dagana	AH	9,947	374	2,770	1,788	6,335	7,111	13,570	41,895
	V	-	-	-	2,384	10,558	9,482	8,142	30,566
	V+PG	-	-	-	-	12,670	7,111	16,282	36,063
	H	19,893	-	6,464	1,788	4,223	7,111	13,570	53,049
	H	2,487	-	923	-	-	-	-	3,410
	I	-	675	-	-	8,446	14,224	-	23,345
	AH+s	-	-	-	596	-	2,370	-	2,966
	PG	-	449	-	1,192	-	-	2,714	4,355
	PG+	-	-	1,846	-	-	-	-	1,846
	G	12,434	-	4,616	4,173	-	-	-	21,223
	Gs	2,487	-	-	-	-	-	-	2,487
	O	2,486	-	1,846	-	-	-	-	4,332
<b>Total:</b>		<b>49,734</b>	<b>1,498</b>	<b>18,465</b>	<b>11,921</b>	<b>42,232</b>	<b>47,409</b>	<b>54,278</b>	<b>225,537</b>

Tableau C.2-3 (suite)

Série carto- géographique	Classe de sols	3a	3b	4a	4b	2c	2d+2b	Total
Podor	AH	22,175	27,673	21,635	3,556	3,704	18,886	97,629
	V	19,007	12,299	13,522	593	2,223	13,490	61,134
	PG	15,840	18,449	5,409	1,482	1,482	10,792	53,454
	V+PG	-	-	10,817	296	5,927	10,792	27,332
	G	-	-	-	-	1,482	-	1,482
	O	6,336	3,075	2,704	-	-	-	12,115
	Total :	63,358	61,496	54,087	5,927	14,818	53,960	253,646

Tableau C.2-3 (suite)

Série carto- géographique	Classe de sols	3d	Numéros de Code				Total
			4c	4a	4b	2d	
MATAM	AH	412	9,135	974	16,100	5,170	31,791
	V	1,648	11,419	6,818	9,660	6,893	36,438
	PG	4,534	9,135	9,740	4,830	3,447	31,686
	AH+PG	1,236	13,703	1,948	1,610	1,723	20,220
	G	412	2,284	-	-	-	2,696
<b>Total :</b>		<b>8,242</b>	<b>45,676</b>	<b>19,480</b>	<b>32,200</b>	<b>17,233</b>	<b>122,831</b>

Tableau C.2.3 (suite)

Série carto- géographique	Classe de sols	Numéros de Code				Total	
		1a	1c	1b	2a		
Kaédi	AH	8,639	3,102	11,560	8,456	1,181	32,938
	V	15,551	4,653	20,808	13,530	9,452	63,994
	PG	3,456	1,551	4,624	5,074	591	15,296
	V+PG	5,183	1,034	6,936	3,382	591	17,126
	G	-	-	-	1,691	-	1,691
	PG+	1,728	-	2,312	-	-	4,040
	I	-	-	-	1,691	-	1,691
<b>Total:</b>		<b>34,557</b>	<b>10,340</b>	<b>46,240</b>	<b>33,824</b>	<b>11,815</b>	<b>136,776</b>

Tableau C.2-3 (suite)

Série carto- géographique	Classe de sols	3a	1c	1a	1b	Total
Sélibabi	AH	2,697	15,878	10,849	13,576	43,000
	V	2,360	9,924	2,712	4,177	19,173
	PG	1,686	11,908	3,616	2,088	19,298
	G	-	1,985	904	1,044	3,933
Total :		6,743	39,695	18,081	20,885	85,404

Tableau C.2-3 (suite)

Série carto- géographique	Classe de sols	4C	Numéros de Code	Total
Louga	AH	3,685		3,685
	H <sub>1</sub>	614		614
	H <sub>3</sub>	614		614
	H <sub>3</sub>	614		614
	H+	2,457		2,457
	I	4,299		4,299
				<hr/>
				12,283

Grand total, (en hectares) : 1,121,972  
=====

PG = Pseudogley : C'est un groupe de sol hydromorphe caractérisé par le processus de réoxydation subséquent à la réduction. Les Pseudogleys peuvent contenir des concrétions de fer ou de manganèse, et présenter des marbrures typiquement rouillées ou noires.

V + PG - Association de Vertisol et de Pseudogley

C'est une association de sols que l'on trouve sur les levées de berge principalement en aval et qui ont les caractéristiques agronomiques des vertisols.

AH + PG - Association des sols alluvionnaires hydromorphes et des sols pseudogley.

Cette association de sols occupe les levées de berge actuelles et en formation, le long de la vallée. L'influence du Pseudogley est prédominante et il impose ses caractéristiques sur l'utilisation de l'association globale de ces sols, particulièrement dans les zones basses du terrain.

AH + S - Sol alluvionnaire hydromorphe avec un horizon faible en teneur saline.

C'est une association mineure que l'on trouve seulement dans le delta ou dans la basse vallée.

P G + - Association de Pseudogleys : C'est une association mineure à prédominance autre que celle de vertisols ou de sols hydromorphes, et que l'on trouve à la fois dans les zones de Kaédi et de Dagana.

G - C'est une catégorie majeure de sols hydromorphes dans lesquels le processus de réduction prédomine, et dont le profil contient trois horizons ou plus; il y a fréquemment aussi une nappe phréatique.

G<sub>s</sub> Gley avec une influence saline

Ce sol hydromorphe a des propriétés qui sont essentiellement celles d'un gley, mais la présence de sels est suffisamment importante pour justifier une identification séparée.

H<sub>1</sub> Sols Halomorphes, avec un taux d'acide non-déterminant

H<sub>2</sub> Sols Halomorphes, légèrement acides

H<sub>3</sub> Sols Halomorphes, fortement acides

Les trois sols dont on vient de faire l'énumération (H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>) forment un groupe se distinguant par la présence de sels solubles qui produisent une importante modification dans la végétation. La conductivité électrique est d'au moins 4 mil-limhos/cm. En outre, des différences de pH surviennent. On dit qu'un sol est salin mais acide si un horizon de 20 cm ou plus de profondeur a un pH inférieur à 6.5 à une profondeur de 60 cm.

Les sols halomorphes avec taux d'acide non-déterminant sont ceux qui détiennent les plus hauts pH, les sols légèrement acides sont ceux supérieurs ou égaux à pH 5, et ceux qui sont fortement acides sont ceux inférieurs à pH 5.

H + Association de sols halomorphes

H + S Sols halomorphes avec un horizon faible de surface

Les deux variantes énumérées ci-dessus ont été remarquées dans le groupe géographique de St. Louis et de Louga. Elles possèdent les caractéristiques des sols halomorphes et celles d'autres associations distinctives.

I Sols isohumides semi-arides (diéri) Ces sols des dunes sont marrons-rouges, de texture sableuse, de structure particulière et n'ont pas de cohésion.

O Autres sols - Cette catégorie comprend des sols disparates d'importance mineure que l'on trouve à travers tout le bassin du fleuve Sénégal. Les ressources du sol ont été aussi classées par hectares de fondé, de simili - hollaldé c'est-à-dire avec des caractéristiques qui chevauchent entre celles du fondé et du hollaldé) et de Hollaldé, que l'on trouve à l'intérieur des zones de l'U.N.E (Unité Naturelle d'Equipement) sur les deux rives du fleuve Sénégal (Groupement Manantali, 1977).

Le tableau C.2.4 dresse une liste des ressources en sol selon cette terminologie vernaculaire. Le système de l'U.N.E. fut mis au point pour arriver à des chiffres significatifs et pour servir de référence pratique à un aménagement futur. (Juton, 1971).

A l'intérieur du bassin du fleuve Sénégal, 72 zones ont été désignées comme futures zones d'aménagement. Le choix de ces zones fut déterminé en fonction du relief, de l'aptitude des sols, et de la disponibilité en eau. Ces unités de ressources naturelles furent ensuite regroupées en 18 zones (trois au Mali, six en Mauritanie, et neuf au Sénégal) autour des centres d'aménagement (F.A.O./O.M.V.S., 1977)

On ne peut établir de relation simple entre la classification technique des sols utilisée par la SEDAGRI, leur classification des terres selon leur aptitude et la classification des sols qui utilise la terminologie locale. Bien que la surface totale des terres à l'intérieur du Walo excède 1 200 000 hectares ainsi qu'il a été indiqué dans les cartes et les classifications de la SEDAGRI, le total des hectares à l'intérieur des zones de l'U. N. E. est considérablement moins élevé parce que certaines terres de Walo n'ont pas été jugées propices à être incluses dans ce système de l'U. N. E.

Tableau C-2-4

Superficies irrigables dans les U.N.E par classe de sols  
(Source, Groupement Manantali, 1977)

U. N. E	Lieu	Superficie brute	Superficie nette	Fondé	Faux Hollaldé	Hollaldé
(DELTA)						
GA 1	Garak	10,400	7,609	1,294	4,001	1,314
GA 2	Garak	6,800	5,036	982	2,224	1,830
GU	Guidakhar	3,404	2,528	404	886	1,238
Total :		20,604	15,173	2,680	7,111	5,382

Pour cent : 17.7 46.9 35.4

Tableau C.2-4 (suite)

U.N.E	Lieu	Superficie totale	Hectares nets irrigables	Fondé	Faux Hollaldé	Hollaldé
<b>(Basse vallée)</b>						
DA	Dagana	3 990	2 820	367	1 314	1 139
KO	Koundi	5 480	3 968	514	1 875	1 579
KO	"	10 068	7 247	735	5 051	1 461
KO	"	15 400	11 268	1 147	7 811	2 310
KO	"	5 400	3 954	264	1 952	1 738
KO	"	15 300	10 950	3 488	3 735	3 727
KO	"	12 750	8 845	5 126	2 178	1 541
KO	"	4 600	3 352	2 516	827	9
KO	"	15 416	10 593	5 879	2 203	2 511
BO	Boghé	5 325	3 803	1 177	215	2 411
NG	N'Galanka	3 640	2 620	311	1 432	877
NG	"	3 635	2 680	1 048	676	956
NG	"	6 800	4 826	2 113	1 200	1 513
NG	"	14 900	10 452	2 989	4 399	3 064
MO	Morfil	2 800	2 029	439	416	1 174
MO	"	8 950	6 195	885	2 100	3 210
MO	"	16 950	12 124	4 159	5 329	2 636
MO	"	4 300	2 996	931	1 470	595
MO	"	3 850	2 800	456	829	1 515
MO	"	2 550	1 684	435	675	574
MO	"	9 500	6 690	2 438	2 392	1 860
MO	"	4 000	2 516	1 851	598	67
MO	"	10 400	7 272	1 312	3 499	2 461
<b>Total :</b>		<b>186 004</b>	<b>131 684</b>	<b>40 580</b>	<b>52 176</b>	<b>38 928</b>
				<b>Pourcentage :</b>		<b>29,6</b>
				<b>30,8</b>	<b>39,6</b>	

Tableau C.2-4 (suite)

U.N.E	Lieu	Superficie totale	Hectares nets irrigables	Fondé	Faux Hollaldé	Hollaldé
Moyenne Vallée						
MO 10	Morfil	4 800	3 316	1 331	907	1 078
MO 11	"	12 650	8 979	1 654	3 928	3 397
MO 12	"	7 550	5 328	2 239	2 077	1 012
MO 13	"	5 150	5 658	877	1 684	1 097
MO 14	"	5 650	4 039	1 924	1 485	630
MO 15	"	5 050	3 562	1 185	1 095	1 282
MO 16	"	2 630	1 761	565	319	877
MO 17	"	2 390	1 528	276	748	504
MO 18	"	2 250	1 594	664	649	281
DO 1	Doué	7 830	5 471	1 245	1 777	2 449
DO 2	"	2 890	1 980	639	967	374
DO 3	"	1 657	1 182	322	498	362
BO 2	Boghé	2 325	1 676	1 140	349	187
BO 3	"	920	675	243	144	288
MB 1	Tiangol M'Bagne	3 990	2 945	865	575	1 505
MB 2	"	6 365	4 718	1 204	598	2 916
MB 3	"	9 174	6 285	3 733	692	1 860
OT 1	Orefonde Thi-	11 447	7 318	1 028	2 000	4 290
OT 2	logne	15 370	10 980	2 576	2 869	5 535
OT 3	"	4 380	3 090	1 335	1 102	653
OT 4	"	8 800	6 330	2 269	1 286	2 775
OT 5	"	11 450	8 038	2 473	2 593	2 972
OT 6	"	9 600	6 483	1 770	2 182	2 531

Tableau C.2-4 (suite)

U.N.E	Lieu	Superficie totale	Hectares nets irrigables	Fondé	Faux Hollaldé	Hollaldé
Moyenne Vallée - (suite)						
K 1	Kaédi	11 480	7 620	1 999	1 515	4 106
D 11	Diamel	7 310	5 250	2 355	604	2 291
D 12	"	1 495	990	755	103	112
D 13	"	1 450	1 060	896	86	78
D 14	"	5 812	4 096	2 810	596	690
D 15	"	9 800	6 473	3 630	1 869	974
D 16	"	16 700	11 355	5 415	3 302	1 638
Total :		198 365	137 780	49 417	38 599	49 744

Pourcentage: 35,9

36,1

28



Tableau C.2-4 (suite)

U.N.E	Lieu	Superficie Totale	Hectares nets irrigables	Fondé	Faux Hollaldé	Hollaldé
	Delta	-	9 300	-	3 100	6 200
	Gorgol	-	10 000	-	3 500	6 500
	Total :	-	19 300	-	6 600	12 700
 (Autres régions)						
	Total Général (Toutes régions) :	504 245	371 444	122 060	117 855	131 528

En outre, les considérations chimiques et génétiques sont plus importantes pour la classification technique que pour la terminologie locale qui tient compte surtout des caractéristiques de textures et d'exploitation des sols.

Un des problèmes les plus importants, lié à la productivité agricole dans le delta est celui de la salinité des sols.

On remarquera grâce au tableau C 2-1 que le pourcentage des sols de nature halomorphe décroît brutalement à l'intérieur des terres (cf. figure C 2-1 pour le code des cartes individuelles).

La série géographique de six cartes pour la zone de St. Louis montre 66,2 % de sols halomorphes. La zone de Louga entre Rao et Saint-Louis contient 33,5 % de sols halomorphes. Dans la carte du groupe géographique de Dagana, le pourcentage de ces sols descend à 24,5 et ils disparaissent totalement en amont.

### C.3 L'Agriculture actuelle dans le bassin du fleuve Sénégal

#### C.3.1 Introduction

Selon des données démographiques présentées dans cette étude (Dossier socio-économique) la population du bassin du fleuve Sénégal en 1976 était de 1 600 000; d'autres estimations sont plus élevées. Une grande partie de cette population, 90 % au Mali, et 76 % au Sénégal, est engagée dans l'agriculture de subsistance.

En Mauritanie, où l'activité pastorale est la principale occupation traditionnelle, et où 70 % de la population est nomade, l'agriculture est aussi, essentiellement, à un niveau de subsistance. Les revenus sont par conséquent bas et il y a beaucoup de pénuries alimentaires.

DETERMINATION DES REGIONS ET NOMBRES DE CODE DE SUITES CARTOGRAPHIQUES  
DE CLASSIFICATION SELON LEUR CAPACITE, DES SOLS ET DET TERRES.

AREA DESIGNATION AND CODE NUMBERS OF SOIL AND LAND CAPABILITY CLASSIFICATION MAP SUITES

St LOUIS	DAGANA 4c	PODOR	KAEDI	LOUGA	SELIBABI	BAKEL
4a	3a	3a		3d	3a	
4b	3b	3b			4b	
4c	3c	3c			4a	
4d	3d	3d			4c	
2a	1a	1a	1a	1a	2a	1a
2b	1b	1b	1b	2b	2a	1b
2c	1c	1c	1c		2b	
2d	1d	1d			2c	
3a	2a	2a			2d	
3b	2b	2b				
3c	2c	2c				
3d	2d	2d				
4a	3a	3a				
4b	3b	3b				
4c	3c	3c				
4d	3d	3d				
MATAM			MATAM			

Le Mali, la Mauritanie, et le Sénégal ont besoin d'importer la plupart de leurs aliments ainsi que d'autres marchandises. Ces pays ont, donc, habituellement, de grands déficits dans leur balance commerciale. Les données de la production et des importations du Sénégal, de 1968 à 1974, sont indiquées au tableau C 3.1 (Bechtel, 1976). Ce tableau montre clairement que la production céréalière du Sénégal ne couvre pas les demandes de consommation locale et que de grandes quantités de céréales, spécialement le riz et le blé, doivent être importées. Des données économiques plus récentes indiquent que le Sénégal importe à l'heure actuelle une moyenne de 300 000 tonnes de céréales, dont 115 000 de blé. Aucune donnée n'est disponible pour la production céréalière et les importations du Mali et de la Mauritanie.

L'importance de l'agriculture dans le bassin du fleuve Sénégal est davantage soulignée par le fait que 33 % du produit national brut du Mali de la Mauritanie et du Sénégal, viennent de l'agriculture et que 75 % de la main-d'oeuvre dans ces pays sont engagés dans l'agriculture et dans les activités parallèles.

La survie de l'agriculture dans le bassin du fleuve Sénégal dépend de deux ressources d'eau. Les pluies et le fleuve Sénégal. Malheureusement la pluviométrie est très irrégulière. La saison des pluies commence normalement en juin ou en juillet et finit en octobre. Les précipitations varient de 300 à 900 millimètres par an, comme l'indique la carte pluviométrique de la figure C.3.1

Le fleuve Sénégal a des débits annuels qui vont d'un maximum de 10 000 m<sup>3</sup>/s en Août-septembre pendant une période de grande inondation, à un débit de 10 m<sup>3</sup>/s en mai à Bakel.

La quantité annuelle d'eau du fleuve qui se déverse dans l'océan, varie de 34 milliards de mètres cubes (1936) à huit milliards de mètres cubes (1972). Pendant les périodes de bas débit, l'intrusion d'eau salée va au delà de Dagana; durant



TABLEAU C.3-1 (suite)

	Mill et sorgho	Riz <sup>(1)</sup>	(paddy)	Maïs	Blé (sans la farine)	TOTAL	Population estimée (en milliers)	Equivalent de la consommation par tête d'hab (pertes incluses) (kg/an)
1972 / 1973								
Production	323	24 (37)	20	-	367			
Importation	41	192	51	105	389			
TOTAL	364	216	71	105	756	4 137	183	
1973 / 1974								
Production	571	42 (64)	45	-	658			
Importation	7	175	27	73	282			
TOTAL	578	217	72	73	940	4 223	223	

NOTES : (1) : Données de production enregistrées pour le riz paddy ; les importations sont de riz blanc. Equivalents calculés pour le riz : 65 % du riz paddy.

(2) : La production est celle de la saison de culture pour l'année indiquée.

(3) : Les importations sont celles de l'année calendaire pendant laquelle la saison de culture annuelle se termine.

(4) : - : Négligeable. ND : Non disponible.

SOURCE : Bechtel, 1976.

\* : Référence : Bechtel, 1976.

une année exceptionnellement sèche, l'intrusion peut atteindre Boghé (Groupement Manantali, 1977).

La conséquence directe des courbes de précipitation, de la variation annuelle du débit du fleuve, et de l'amplitude des intrusions d'eau salée fut le développement de trois différents systèmes agricoles dans le bassin du fleuve Sénégal. Le premier est l'agriculture traditionnelle de terres sèches, ou de diéri, qui dépend entièrement des pluies annuelles et qui se pratique essentiellement dans la haute vallée où les pluies annuelles sont les plus importantes.

Les deux autres systèmes sont :

- 1) l'agriculture traditionnelle de décrue que l'on pratique sur les champs d'inondation du fleuve et
- 2) les périmètres irrigués.

Les deux derniers systèmes utilisent l'eau du fleuve Sénégal pour l'aménagement des ressources de la terre.

Il faut savoir que le bassin du fleuve Sénégal est divisé selon ses caractéristiques géomorphologiques en trois zones : le delta, de Saint-Louis à Dagana, la vallée moyenne, de Dagana à Bakel et la Haute vallée, de Bakel à Manantali. Ces divisions apparaissent dans la plupart des écrits et sont également utilisés dans les autres volumes de cette étude. Cependant, pour présenter une image plus nette des activités traditionnelles agricoles dans le bassin du fleuve, il est nécessaire - dans la section sur l'agriculture de cette étude - de diviser le bassin de la manière suivante :

- le delta - (de Saint-Louis à Dagana)
- la partie inférieure de la vallée moyenne de Dagana à Boghé
- la partie centrale de la vallée moyenne - de Boghé à Matam.
- la partie supérieure de la vallée moyenne - de Matam à Bakel
- la haute vallée - Au delà de Bakel.

Ces divisions additionnelles du bassin sont rendues nécessaires par les fluctuations pluviométriques et par le fait que les activités agricoles du bassin - par exemple les différentes techniques agricoles, les courbes de récoltes, et les divers programmes d'action agricole etc.. - dépendent aussi des courbes annuelles de crues du fleuve.

Les superficies consacrées aux cultures de décrue et aux cultures pluviales augmentent dans des proportions identiques, de Saint-Louis (le delta) à Matam (commencement de la partie centrale de la vallée moyenne) où la superficie pour les deux systèmes de culture est à son maximum. La concentration la plus élevée de cultures de décrue se trouve dans la région qui commence approximativement à 10 km en amont de Dagana, à Bokhol et se termine à 50 km en aval de Bakel à Dembancane. Au delà de Matam, les zones de culture de décrue diminuent progressivement pour atteindre un niveau négligeable au delà de Bakel.

Le niveau maximum d'hectares consacrés à l'agriculture pluviale se situe entre Matam et Bakel (partie supérieure de la vallée moyenne), puisque c'est une zone de hautes précipitations.

Tous les écrits disponibles sur le bassin du fleuve Sénégal mentionnent les aléas des cultures pluviales et de décrue. Les productions sont affectées par tant de facteurs différents (par exemple, la hauteur et les dates des inondations, la quantité et la distribution des pluies, le nombre de prédateurs...) - qu'elles peuvent s'élever de presque rien, à un niveau moyen, puis excellent, et peuvent varier grandement une année sur l'autre. L'entière économie de subsistance du bassin du fleuve est basée principalement sur ces récoltes imprévisibles et fluctuantes.

### C.3-1-1 Contraintes qui foisonnent l'agriculture traditionnelle

Il y a des problèmes qui surgissent tant pour l'agriculture de décrue que pour celle de Diéri, et qui sont dûs aux interactions des deux systèmes. Les semailles des cultures de décrue peut coïncider avec la récolte des cultures de Diéri. Ce conflit est, ironiquement, au niveau le plus intense, pendant les années de très grandes pluies, lorsque les productions de cultures de diéri sont à leur maximum et que le plus grand pourcentage de terres utilisables de décrue est inondé. Dans les bonnes années, la terre de Dieri est plus productive par hectare, ainsi le travail est transféré, de la culture de la terre de Walo à la récolte du Diéri. Donc, si la récolte du diéri est prolongée, il se peut qu'il soit trop tard pour cultiver les terres de Walo même si ces dernières ont été normalement inondées (1976).

Un vent chaud et sec appelé harmattan affecte les cultures des systèmes agricoles traditionnels. Ce vent débute généralement en février, mais peut aussi être présent en Mars ou Avril. Il est, d'ordinaire, non-continu, mais il cause des dommages considérables aux cultures. Les feuilles sont échaudées, et si les épis sont en formation, la production peut décroître de 40 ou 50 %, ou la récolte entière peut être détruite.

Une infestation de petits criquets (pèlerins) survient chaque année vers la fin de la crue (octobre-novembre). Cet insecte-fléau consomme les jeunes plants dans les zones de Walo, forçant l'agriculteur à replanter une ou plusieurs fois durant la saison, selon la durée de l'infestation.

Pendant le mois d'octobre, dans les régions de Walo et de diéri, le nombre de moustiques et la température augmentent. Ces deux facteurs diminuent le rendement des agriculteurs et leur capacité pour les travaux des champs.

C.3.2 Agriculture traditionnelle des terres de cultures sèches (diéri)

La saison normale des pluies dans le bassin du fleuve Sénégal se situe de juin à septembre, et correspond à la période de culture du diéri. Dans les pays francophones du Sahel, on appelle cette saison hivernage.

La culture des terres de cultures sèches est sédentaire, non itinérante, et la récolte principale est le mil. De nombreuses terres du bassin du fleuve Sénégal sont propices aux cultures sèches. Parce qu'il n'y a pas de problème de terres disponibles, le plus grand facteur limitatif dans la culture du diéri est celui des pluies. Cela a été démontré d'une manière dramatique par les années de sécheresse de 1972 et de 1976. Le tableau C.3.2 énumère les différentes cultures de terres de cultures sèches du bassin du fleuve Sénégal.

Tableau C.3-2

## Cultures de terres sèches du bassin du fleuve Sénégal

Nom commun	Famille et espèce	Nom local
Haricots	<u>Vigna sinensis</u>	Niébé
Mil	<u>Pennisetum gambiense</u>	Souna
	<u>Pennisetum pycnostachyum</u>	Sanio
Sorgho	<u>Sorghum</u> sp.	Niendico Bassi
Pastèque	<u>Citrullus vulgaris</u>	Bèref

### C-3-2.1 Répartition du diéri dans le bassin du fleuve Sénégal

Les potentialités pour l'agriculture du diéri sont importantes à travers tout le bassin du fleuve. Voici une brève analyse de l'exploitation agricole du diéri telle qu'elle existe maintenant dans les majeures divisions du bassin du fleuve Sénégal.

#### Le Delta (de Saint-Louis à Dagana)

La culture des arachides fut originellement le lot de la région de Louga puis fut transférée dans le Delta où les productions étaient bonnes car la pluviométrie était adéquate. A cause des faibles pluies dans le delta ces dernières années, on n'obtient une bonne récolte qu'une fois tous les quatre ou cinq ans quand les pluies sont suffisantes. Cependant, et cela est dû à la tradition, l'agriculteur ouolof du delta cultive l'arachide sur une petite échelle.

La culture du mil, qui demande peu d'investissements agricoles, disparaît petit à petit du delta parce que les agriculteurs émigrent vers la vallée du Lampsar pour y cultiver le riz irrigué. Cette migration a commencé il y a vingt ans quand on a introduit le riz dans la vallée. Bien qu'il y ait encore des plantations éparses de mil et un peu de manioc, les zones de dieri dans le delta sont principalement des zones de culture de niébé (Vigna (*Vigna sinensis*, une espèce d'haricot) et de béref (une variété de pastèque dont les graines contiennent une huile que l'on peut extraire et exploiter à des fins commerciales).

Les petits champs sont bordés d'arbrisseaux (Hibiscus sabarifla), que l'on désigne en langue ouolof par bisap.

#### - La partie inférieure de la Vallée Moyenne (de Dagana à Boghé)

Les pluies dans cette zone ne sont guère abondantes, ce qui limite les activités agricoles à la culture extensive de pastèque. On cultive un peu de mil dans cette zone, mais les

productions sont basses.

- La partie centrale de la Vallée Moyenne (de Boghé à Matam)

Un bon équilibre entre l'agriculture pluviale et celle de décrue existe dans cette région. Les précipitations varient entre 350 et 600 millimètres par an.

Si la saison est pauvre pour les cultures de décrue, l'agriculteur exploitera une zone extensive de dieri en y cultivant le mil et le sorgho ; si la saison de décrue est bonne, l'agriculteur exploitera moins ou pas du tout de culture de dieri.

- La partie supérieure de la Vallée Moyenne (de Matam à Bakel)

La culture de dieri de mil et de sorgho dans cette partie du bassin est généralement extensive et les productions sont bonnes car la terre et l'eau y sont abondantes.

Pour ces mêmes raisons, il y a de grande potentialités dans cette région quant à l'établissement d'élevage et d'agriculture diversifiés.

C-3.2.2 Les techniques agricoles

Les techniques traditionnelles de culture de mil dans le diéri comprennent plusieurs stades. D'abord, on enlève les mauvaises herbes et les arbrisseaux du sol, et les petits arbres sont décimés. Les débris sont ensuite brûlés. Toute cette activité survient avant le début de la saison des pluies. Dans quelques zones de diéri, les agriculteurs possédant du bétail, font venir leurs troupeaux vers leurs terres pendant la saison sèche pour que les excréments du bétail fertilisent le sol. Avant l'arrivée du bétail, la terre aura été généralement débroussaillée et ne nécessitera aucune préparation ultérieure pour les semilles.

Après une pluie suffisante et après avoir laissé l'humid-

dité pénétrer profondément le sol, les agriculteurs commencent à planter. L'opération de semis est entreprise par deux personnes. L'une ouvre le sol à une profondeur de deux ou trois centimètres avec une houe. La deuxième met 10 à 15 graines dans le trou, les recouvre et tasse le sol avec la plante de son pied. L'espace normal de semis pour le mil est à peu près d'un mètre carré.

Une graine de haricot ou de pastèque est habituellement plantée avec le mil.

Dans quelques zones de diéri, il y a certains champs exclusivement plantés de niébé, de pastèque ou d'arachides.

Immédiatement après les semailles, les champs sont travaillés en surface. Ce procédé a plusieurs buts :

- protéger les semences des rongeurs et des oiseaux,
- contrôler les mauvaises herbes,
- aérer le sol,
- faciliter la pénétration de l'eau des pluies dans le sol, et ainsi contrôler le ruissellement de surface.

Quand les plants de mil atteignent à peu près 10 cm de hauteur, on les cueille pour ne laisser que cinq ou six plants par poquet. Les plants qui sont enlevés sont replantés dans un autre poquet. Les champs de mil sont protégés des oiseaux pendant la journée.

L'utilisation de charrues dans les cultures de diéri est presque non-existante. Dans la partie supérieure de la moyenne vallée, l'agriculteur utilise parfois un semoir attelé à un cheval ou à un âne. Le seul autre instrument qu'il utilise est une houe. L'emploi d'un semoir augmente la quantité de plants sur une certaine superficie, ce qui, à son tour, accroît la production. Plus loin, en aval, dans la vallée basse et dans la partie inférieure de la moyenne vallée, la plantation de

mil est une opération manuelle et la production y est plus faible.

Un calendrier typique pour le cycle de cultures de diéri est présenté au Figure C.3-2. Parce que les activités agricoles de diéri sont intimement liées à celles d'agriculture de décrue, la figure C-3.2 comprend aussi le calendrier des activités agricoles pour la culture de décrue, lesquelles sont analysées dans la section C-3.3.2 de cette étude.

### C-3.2.3 Productions agricoles de diéri

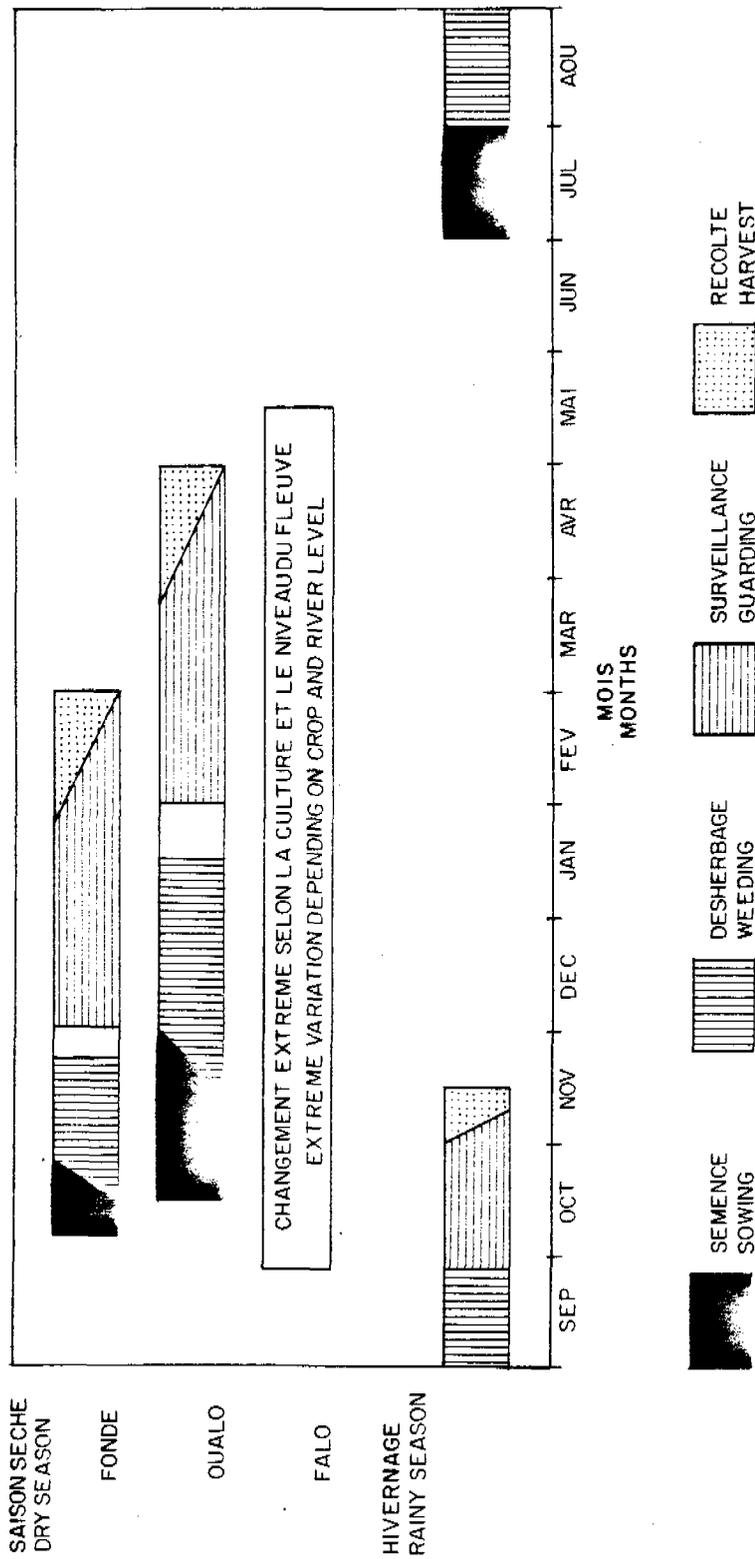
Dans les terres de diéri, la production dépend des précipitations. Celles-ci augmentent progressivement en remontant le bassin du fleuve Sénégal. Il est extrêmement difficile d'obtenir des données spécifiques sur les productions d'agriculture traditionnelle.

Les renseignements suivants ont été obtenus d'après BOUTILLIER et AL (1962).

R E G I O N	Mil/Sorgho	Productions (Kilogrammes/hectare)	
		Niébé (haricots)	Bérel (pastèques)
Moyenne Vallée	240 à 460	300	300

En 1957, année de la mission socio-économique du fleuve Sénégal (MISOES), la production moyenne de mil était de 400/kilogrammes/hectare. Le travail investi dans cette production représentait 70,5 jours par hectare. Sur le total de ces journées de travail, 42,5 furent des jours d'adultes de sexe masculin, 16 des jours d'adultes de sexe féminin et 12 des jours d'adolescents et d'enfants (BOUTILLIER et AL (1962)). Les productions ont été

CALENDRIER - TYPE POUR LES CYCLES DE CULTURE; DIERI ET DE OUALO  
 TYPICAL CALENDAR FOR CULTIVATION CYCLES, DIERI AND RECESSION



considérablement réduites ces dernières années à cause de la sécheresse.

C-3-2.4 Agriculture de diéri - Utilisation d'engrais et de pesticides

Dans l'agriculture de diéri, les engrais et les pesticides ne sont pas utilisés sur une large échelle et ils ne le sont pas régulièrement non plus. Cela est dû au fait que le facteur déterminant, pour l'obtention d'une bonne ou mauvaise récolte pour n'importe quelle année, réside dans la pluviométrie observée.

L'agriculteur de diéri hésite à investir le capital nécessaire à ces instruments d'exploitation agricole sur une base annuelle, alors que les revenus dépendent des caprices du temps.

C-3.2.5 Agriculture de diéri, problèmes de drainage et de salinité

Etant donné que les terres de diéri se trouvent dans la vallée moyenne du bassin du fleuve Sénégal où les sols sont sableux, les conditions de chainage et de salinité ne présentent pas de problèmes.

C-3.3 Agriculture traditionnelle - Agriculture de décrue

Le second genre d'agriculture traditionnelle pratiqué dans le bassin du fleuve Sénégal, l'agriculture de décrue, utilise les eaux d'inondation annuelle du fleuve. Quand le fleuve déborde, l'eau recouvre le champ d'inondation et l'humidité imbibe le sol plus ou moins profondément selon la durée de submersion des terres et le degré de ruissellement des eaux d'inondation. Au fur et à mesure que les eaux d'inondation baissent, et que la terre devient accessible, les agriculteurs commencent à semer leurs cultures. La pousse des plants est assurée par l'eau retenue dans le sol.

La culture de décrue dans le bassin du fleuve consiste en deux genres de cultures, falo et walo. Le Figure C.3-3 montre un profil du champ d'inondation à Matam et un système agricole traditionnel typique (BECHTEL, 1976). Les désignations des variétés de sols figurant dans le profil du Figure C.3-3 hollaldé, fondé et simili-hollaldé ont été expliquées dans la section C-2.2 de cette étude.

Un inventaire de la culture de décrue dans le bassin du fleuve devrait indiquer le nombre d'hectares exploités chaque année, par comparaison au nombre d'hectares inondés. Cependant, le sujet est très complexe et les données énoncées par diverses références sont contradictoires. Le débat suivant sur les fluctuations des inondations et leurs effets sur la culture de décrue, est proposé en qualité d'introduction à ce sujet complexe pour permettre au lecteur de comprendre, au moins en partie, les rapports qui existent.

Le Groupement Manantali (1977) estime qu'approximativement 100 000 hectares de terres sont cultivées chaque année, sur une surface totale inondée de 400 000 hectares. Cette approximation est basée sur une observation de l'inondation de 1970 et sur la récolte de décrue de 1970-1971. Cette inondation que l'on considère avoir été une inondation d'amplitude moyenne, dura 30 jours. Une mission aérienne fut entreprise dans tout le bassin du fleuve Sénégal pour déterminer le nombre d'hectares de terres exploitées. Les résultats de cette mission sont illustrés par les cartes de M. JUTON (1970-1971) (Voir Figure C.3-4). On devrait remarquer que, bien que ces deux cartes indiquent un total de 110 285 hectares, sous culture de décrue pour la saison de crue de 1970-1971, le Groupement Manantali (1977) a choisi le chiffre de 100 000 hectares comme une approximation du nombre moyen des hectares sous culture de décrue.

Les observations tirées de l'inondation et les données sur l'agriculture de décrue figurent au tableau C-3.3.

A partir de ces données, il est évident que les zones effectivement exploitées représentent seulement 30 % du total

# PROFIL DU CHAMP D'INONDATION A MATAM PROFILE OF THE FLOODPLAIN IN MATAM

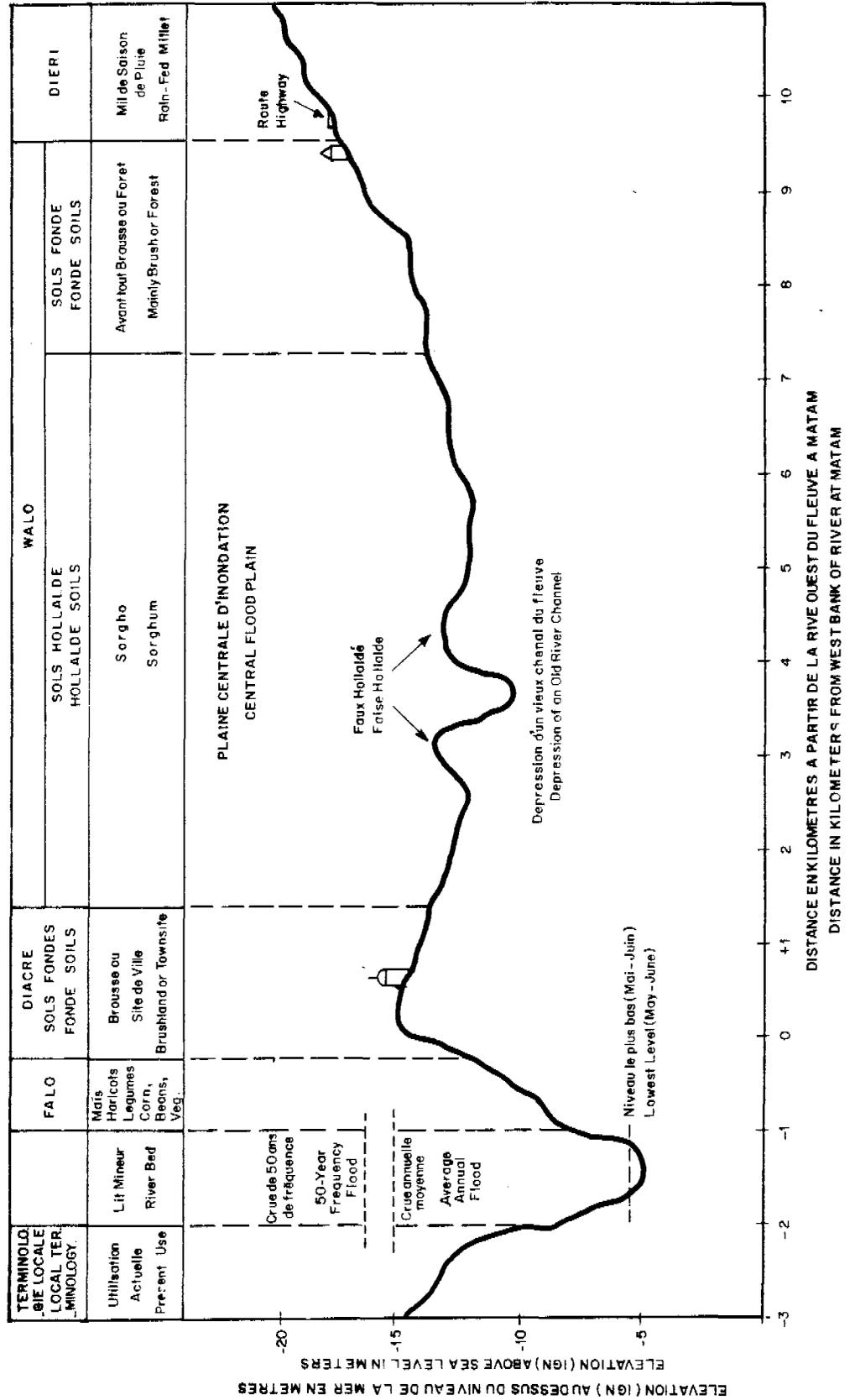


TABLEAU C.3-3

SURFACE INONDEE PAR COMPARAISON A LA SURFACE UTILISEE POUR LES CULTURES DE DECRUE,  
1970/1971.

	Surface de la zone inondée 30 jours (ha)		Surface cultivée (ha)		Total
	Rive gauche	Rive droite	Rive gauche	Rive droite	
En amont de Bakel à Kaédi	74 000	34 000	17 400	9 900	27 300
Centrale (zone) de Kaédi à Podor	99 000	62 000	36 000	22 700	58 700
En aval de Podor à Rosso	31 000	50 000	6 700	9 000	15 700
	Surface totale inondée =		Surface totale cultivée =		
	350 000		101 700		

de la zone de décrue inondée et cultivable.

La surface des terres inondées dépend naturellement de la hauteur maximale atteinte par la crue. Elle dépend aussi de la nature de la courbe des débits de la crue (quantité écoulée par rapport au temps d'écoulement).

On a donc pris l'habitude de déterminer une crue non seulement par sa hauteur maximale mais aussi par la hauteur dépassée pendant une durée spécifique, par exemple 30 jours.

L'expérience a démontré que la surface de la zone inondée varie considérablement entre une haute et une basse crue.

La Société Grendloise d'Etudes et d'Applications Hydrauliques (SOGREAH) a trouvé qu'il était possible de calculer la quantité d'eau d'une crue en usant d'un modèle mathématique et estima ainsi les inondations de 1968 et 1970.

Les résultats sont montrés ci-dessous (O.M.V.S., 1977)

Année de crue	Amplitude de la crue	SURFACE INONDEE (KM2)		
		15 jours	30 jours	45 jours
1968	Très forte	1 530	850	415
1970	Moyenne à faible	3 930	3 285	2 465
Taux - Surface inondée en 1970/Surface inondée en 1968		3,6	3,9	5,9

JUTON (1971) a établi qu'il n'existe pas de corrélation directe entre la hauteur de la crue ou la durée de l'inondation, et la surface exploitée par les cultures de décrue. Cependant, la durée de temps pendant laquelle l'eau reste sur le sol est un facteur critique pour la recharge de l'humidité dudit sol.

Le Groupement Manantali (1977) a déterminé que 250 à 300 mètres d'eau sont nécessaires pour assurer une bonne pousse des cultures.

Une recherche exhaustive des écrits existants sur les cultures de décrue dans le bassin du fleuve Sénégal a été faite pour déterminer si un rapport existe entre la nature de la crue, le nombre d'hectares inondés et le nombre d'hectares cultivés pendant les 33 dernières années.

La Table C-3.4 montre les résultats. Il est évident qu'aucune relation significative n'existe.

Ce manque de corrélation peut être attribué à des facteurs que l'on pense généralement être "secondaires", mais qui, en fait sont aussi importants que la hauteur et la durée des crues. Quelques-uns de ces facteurs sont :

- l'amplitude de la crue,
- la courbe et la vitesse de décrue,
- la diversité des techniques agricoles dans les différentes fermes,
- la disponibilité en main-d'oeuvre pendant la saison active,
- la relation entre les cultures de diéri et celles de décrue dans le bassin du fleuve. Par exemple si les récoltes de cultures pluviales (diéri), (lesquelles sont faites d'abord) sont bonnes, il y aura peut être moins de cultures de décrue pendant cette saison particulière.

Les études faites sur les cultures de décrue montrent beaucoup d'inconsistance quant à la dénomination d'une crue ; par exemple, forte, faible ou moyenne. Les nombres fournis ne sont pas ambigus en eux-mêmes, mais la décision de qualifier une crue de forte, faible ou moyenne dépend entièrement de l'interprétation individuelle faite par chaque source de référence.

TABLEAU C.3-4

AMPLITUDE DE LA CRUE, SURFACE INONDEE ET QUANTITE DE TERRES SOUS  
CULTURE DE DECRUE \*

Année	Amplitude de la crue	Nb total d'ha inondés	Total des ha sous culture de décrue
1944	faible	300 000	-----
1946		---	100 000
1946	moyenne		350 000
1947		---	105 000
1947	petite	80 000	80 000
1950	forte	800 000	119 000
1951		---	116 000
1951	moyenne	130 000	130 000
1952		---	98 000
1953		---	88 000
1954		---	131 000
1955		---	101 000
1956	moyennement forte	---	142 000
1957		---	143 000
1957	grande	230 000	180 000
1969	moyennement basse	---	---
1961		---	78 000
1963		---	94 000
1964		---	109 000
1964		766 000	245 000
1965		123 000	123 000
1966		117 000	117 000
1967		140 000	140 000
1968	très basse	86 000	86 000
1969	moyenne	95 000	95 000
1970	moyenne à basse	393 000	110 100
1970		---	110 285
1970		---	99 945
1970	moyennement basse à basse		110 000
1970		350 000	101 700
1970	moyenne	---	100 000
1972		---	15 000

TABLEAU C.3-4 (suite)

Année	Amplitude de la crue	Nb total d'ha inondés	Total des hasous culture de décrue
1973		---	97 000
1973		219 300 **	87 200
1976		---	32 600
	très basse	60 000	----
	basse à moyenne	275 000	----
	moyenne à forte	500 000	----
	très forte	745 000	----

\* : Renseignements fournis par différentes sources de référence.

\*\* : (d'après simulation sur ordinateur).

C-3-3.1 Répartition des cultures de décrues dans la vallée  
du fleuve Sénégal

Les cultures de décrue sont réparties dans les sections du bassin du fleuve Sénégal de la manière suivante :

- Le Delta (de Saint-Louis à Dagana) :

Dans cette zone, les cultures de décrue sont limitées et insignifiantes.

- La partie inférieure de la moyenne vallée (de Dagana à Boghé) :

Ici, la zone de walo est très grande. Les champs d'inondation s'étendent de 14 à 20 kilomètres sur les deux rives du fleuve Sénégal.

Etant donné que les cultures de diéri ne sont pas très importantes dans cette région, l'agriculteur déploie tous ses efforts dans la culture de walo. Par conséquent, les productions sont généralement bonnes, même durant les années de faible crue. La capacité de l'agriculteur à maîtriser les techniques traditionnelles du walo et à accepter les nouvelles techniques de culture, contribue à son succès dans cette région.

- La partie centrale de la moyenne vallée (de Boghé à Matam) :

Dans cette zone, il y a beaucoup de marigots qui s'écoulent presque parallèlement au fleuve Sénégal (Dirmbodia, Mbagne, Palol, Gorgol, Diamel, etc...). Ces marigots dispersent l'eau sur une grande surface et augmentent ainsi les effets des crues du fleuve. Dans cette région, les cultures de décrue et les cultures pluviales existent en quantités égales. La pluviométrie annuelle est dans des limites acceptables (500 à 600 mm), ce qui permet à l'agriculteur de pratiquer des cultures diversifiées et de diviser ses activités

entre les cultures de diéri et celles de décrue.

Le succès de l'agriculteur de cette région l'a aidé à accepter facilement les nouvelles idées telles que l'aménagement des périmètres irrigués. La culture en petits périmètres irrigués a commencée dans cette région, et elle est en train de s'accroître sur les deux rives du fleuve.

- La partie supérieure de la moyenne vallée (de Matam à Bakel) :

Ici, les cultures de décrue sont extrêmement limitées.

Les courbes pluviométriques y sont très importantes et contribuent à la très grande utilisation des terres de diéri pour les besoins de l'agriculture. Les cultures de décrue sont considérées comme des efforts supplémentaires et n'influencent guère sur l'agriculture de la région.

Les types de sols que l'on trouve dans les zones exploitées sont divisés approximativement de la sorte :

<u>Falo</u> :	7,5 %
<u>Fondé</u> :	16,0 %
<u>Hollaldé et</u>	
<u>Simili-hollaldé</u> :	76,5 %

### C-3.3.2 Cultures de décrue - Techniques agricoles

Le début des activités de cultures de décrue dépend de la décrue du fleuve Sénégal ; dans la haute vallée moyenne, partie supérieure de la moyenne vallée, ces activités commencent à peu près à la mi-octobre, dans la partie centrale de la moyenne vallée vers décembre, et dans la vallée inférieure aux alentours de janvier. Le début approximatif des récoltes se situe vers la fin de février pour la partie supérieure de la moyenne vallée, au mois de mars pour la partie inférieure de la moyenne vallée et au mois d'avril pour la vallée inférieure. La date exacte du début des cultures et des récoltes varie selon l'amplitude de la crue, le niveau de l'eau de décrue et la date où les vents secs commencent (harmattant).

Un calendrier typique pour les activités de cultures de décrue est montré au tableau C-3.3 de la section C-3.2.2 de cette étude, au chapitre "techniques agricoles de diéri".

Le Falo : le terme falo est utilisé pour désigner les terres des rives du fleuve Sénégal et les nombreux marigots qui y sont associés. On parle généralement des terres de falo comme de la région jardinière du bassin du fleuve. Ces sols sont très fertiles étant donné qu'ils sont inondés de façon presque régulière et qu'ils sont régénérés chaque année par les dépôts de limon issus du fleuve. Le falo est d'ordinaire réservé aux cultures qui ont besoin de sols très fertiles.

Environ 75 % de ces zones sont plantées de maïs, ce qui contribue substantiellement à la production céréalière. Les apports sont estimés à environ 10 000 tonnes pour 8 000 hectares de terres.

Le tableau C-3.5 donne les noms scientifiques et locaux pour le maïs et les autres cultures de décrue du bassin du fleuve.

Tableau C-3.5

Les différentes cultures de décrue du bassin  
du fleuve Sénégal

Nom commun	Famille et Espèces	Nom local
Haricots	<u>Vigna Sinensis</u>	Niébé
Maïs	<u>Zen mayz</u>	makka
Mil	<u>Pennisetum hirsutum</u>	tiotanda
Sorgho	<u>Sorghum Cernuum</u>	Same, sewil
Patates douces	<u>Ipomaea batatas</u>	Patass

Chaque année, on plante le maïs en différentes étapes au fur et à mesure que les eaux d'inondation du fleuve se retirent. Quelques graines de légumes sont incorporées au maïs dans le même emplacement. Quant le retrait des eaux a laissé un sol de texture limoneuse et sableuse, les agriculteurs plantent des patates douces. Le niveau en dessous de cette zone est généralement très sableux et on y plante une variété particulière de mil. Ce mil du nom de tiotandi en peul, produit de grosses graines vert foncé. Les zones inférieures des terres qui sont les plus proches du chenal du fleuve reçoivent de l'humidité non seulement du drainage des eaux d'inondation, mais aussi du suintement de l'eau venant des terres plus élevées du champ d'inondation.

Dans la zone la plus élevée de la région de falo, les dépôts de limons sont extrêmement limités, ou alors ils sont non-existants lors des années d'inondation plus faible que la moyenne. Sur ces terres, les agriculteurs cultivent du niébé.

Le walo : Les sols hollaldé du champ central d'inondation sont appelés walo, et on y cultive traditionnellement du sorgho.

On peut cultiver du sorgho ou du maïs dans les terres de

fondé si l'inondation a été assez forte pour les atteindre.

On plante deux genres de sorgho ; une espèce noire (same) et une espèce blanche (sewil). Les agriculteurs préfèrent le sewil.

Malheureusement, les oiseaux et les singes le préfèrent aussi et les pertes dues à ces prédateurs contribuent aux basses productions. Parce que la variante de sorgho appelée same séduit moins les prédateurs, elle est la plus cultivée.

Pour cultiver les terres de walo, l'agriculteur procède à une progression bien définie des activités agricoles. La préparation du sol commence avant la saison des pluies. Cette activité consiste principalement à arracher les mauvaises herbes et à couper les broussailles. On enlève les mauvaises herbes une seconde fois avant la décrue finale. La deuxième phase est accomplie en coupant les mauvaises herbes au dessous de l'eau.

La portion des herbes laissée sous l'eau meure car elle ne peut plus ni respirer ni procéder à la photosynthèse. L'arrachage des mauvaises herbes semble être la phase la plus difficile des pratiques agricoles et en cela constitue le facteur limitant la taille de l'unité de production. Les agriculteurs essayent souvent de payer des travailleurs qui aident à l'arrachage des herbes.

La difficulté des opérations d'arrachage des herbes sur les terres de walo, dépend de l'ampleur de la crue annuelle et des fluctuations des inondations sur une période d'années successives. La quantité et la qualité des mauvaises herbes dépendent directement de l'humidité du terrain. Les herbes qui poussent sur une terre qui a été suffisamment alimentée en eau pendant deux ou trois années de suite, sont plus difficiles à enlever que celles qui surgissent après plusieurs années d'inondation insuffisante.

Par conséquent, la basse terre de hollaldé est générale-

ralement plus difficile à cultiver que la haute terre de hollaldé et, si on leur donnait le choix, les gens déserteraient les basses zones pour les hautes zones pendant les années de grande crue.

Les activités agricoles de walo commencent normalement 15 à 20 jours après le retrait des eaux quand la terre est assez dure pour que l'on puisse marcher dessus. Pour travailler le sol, l'agriculteur utilise, soit une houe manuelle attelée à un boeuf ou à un cheval.

Cette première activité agricole a trois fonctions extrêmement importantes :

- Elle prépare la terre à recevoir le semis,
- elle contrôle la croissance des mauvaises herbes,
- elle arrête la montée capillaire de l'eau à l'intérieur du profil du sol, conservant ainsi l'eau du sol pour les cultures.

A cause de la forte humidité des sols hollaldé, un procédé unique est utilisé pour la culture du sorgho dans le walo. Les semailles nécessitent généralement quatre personnes qui marchent l'une derrière l'autre.

La première personne creuse une cuvette dans le sol avec une grande houe. Cette cuvette est large d'à peu près 10 à 15 cm et profonde de 3 cm. L'espacement entre les cuvettes est approximativement d'un mètre et d'un mètre entre les sillons.

La personne suivante fait un trou au milieu de la cuvette à l'aide d'un maillet lourd et pointu. Ce trou où seront plantées les graines est profond d'à peu près 5 cm. La troisième personne en ligne dépose plusieurs graines de sorgho, plus une graine d'haricot (niébé) ou de pastèque, (béref) dans le trou.

La dernière personne en ligne, qui est habituellement un enfant, recouvre les graines avec à peu près un centimètre (1cm) de sable sec. Les graines sont ensuite laissées ainsi pour la période de germination.

Quand les plants sont suffisamment développés on arrache les mauvaises herbes et on travaille le sol à nouveau. Ces

opérations sont presque entièrement faites par les hommes, étant donné qu'elles nécessitent le plus d'efforts physiques.

Le travail monotone, qui consiste à protéger les cultures des oiseaux, des rongeurs, des sangliers et d'autres prédateurs, commence à cette époque. Pendant la saison de décrue, les familles construisent une hutte grossière dans les champs et l'utilisent comme quartier de résidence temporaire pour rester à proximité des cultures.

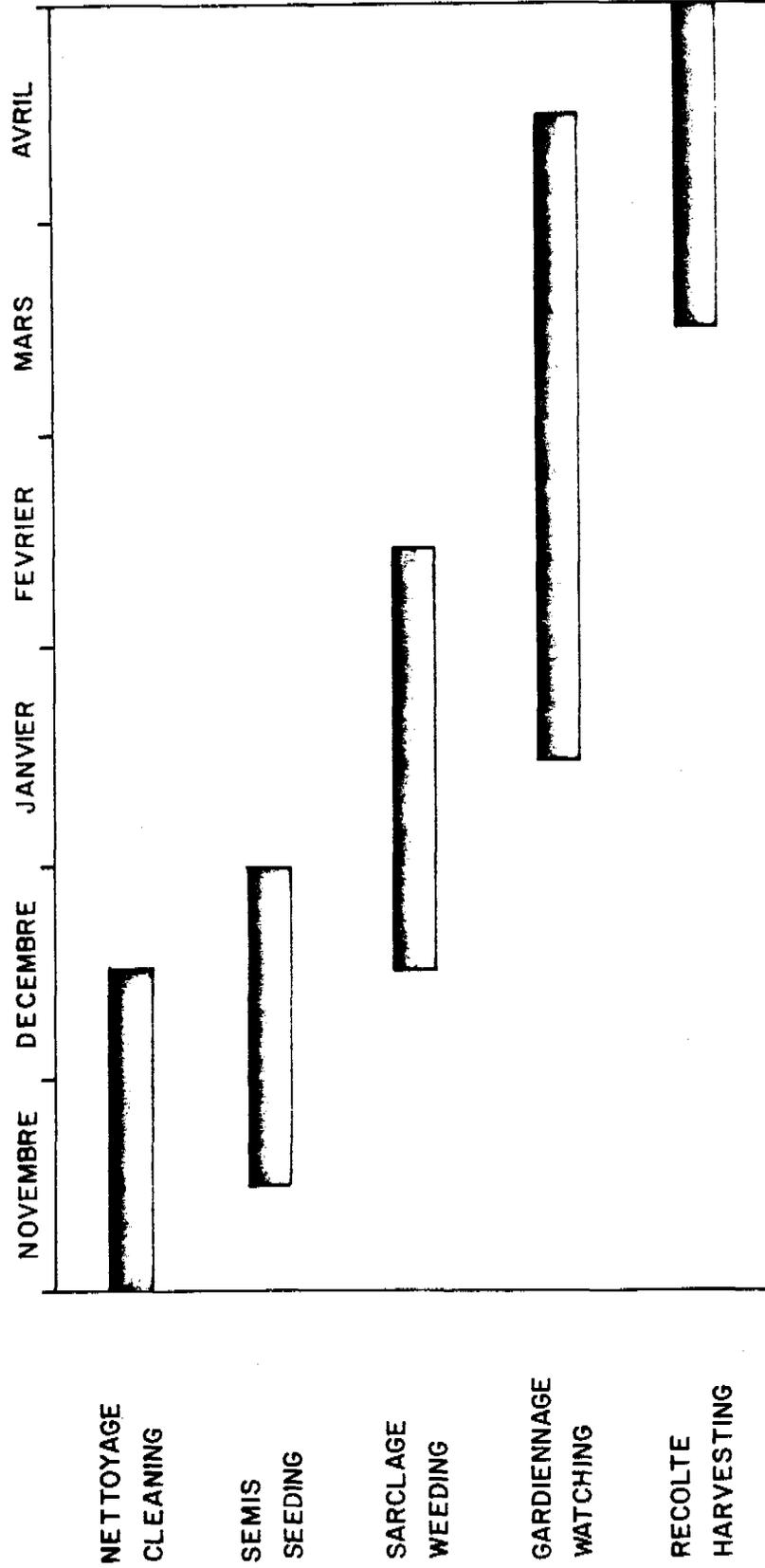
Protéger les cultures des prédateurs, dont la plupart ont leur habitat naturel dans les forêts de gonakié (acacia nilotica), est une activité importante et tout le monde y participe. On estime que les prédateurs peuvent détruire jusqu'à 75 % des productions potentielles. Quand les cultures de sorgho sont à point, on les récolte et on les transporte au village. On les entrepose avec les épis toujours sur les tiges jusqu'à ce qu'ils soient battus pour être utilisés comme aliments.

Les activités agricoles de walo s'étendent de Novembre à Mai et leur répartition est indiquée au Figure C-3.5. Le temps nécessaire pour terminer les différentes activités agricoles, pour un hectare de terre, est le suivant :

Nettoyage, préparation et mise en semilles :	15 jours
Arrachage des mauvaises herbes :	15 à 20 jours.
Protection des cultures :	48 jours.
Récolte :	7 jours
	<hr/>
TOTAL :	85 à 90 jours.

En moyenne, une famille comprenant trois adultes et trois enfants peut cultiver entre deux à trois hectares de walo.

DISTRIBUTION ANNUELLE DES PRATIQUES AGRICOLES DE WALO (SOL)  
YEARLY DISTRIBUTION OF WALO CULTURAL PRACTICES



Entre 5 à 8 kg de graines par hectare sont nécessaires pour le semis. La technologie de culture de walo est assez simple et la plupart des gens continuent d'employer des outils de fabrication locale. Ces derniers comprennent une houe manuelle (jalo ou daba), une pique à creuser des trous (luugal), une petite hache (jambaie), une grande hache (saacade), une grande houe (gendanku), un couteau (labi) et une faucille (waafdu).

A L'exception d'un cheval ou d'un boeuf occasionnel, on n'emploie essentiellement pas de machines ou d'animaux de trait dans la culture de walo à l'heure actuelle. Toutes les opérations, de la préparation de la terre au battage, sont faites principalement à la main.

### C-3-3.3 Cultures de décrue, productions

Dû aux hasards des inondations annuelles du fleuve Sénégal, qui varient considérablement une année sur l'autre, la zone de récoltes de falo et de walo est substantiellement moins grande que la surface plantée. Les renseignements exacts sur les productions moyennes de cultures de décrue, (diéri) sont extrêmement limités. Les productions moyennes, ainsi qu'elles ont été établies par BOUTILLIER et Al (1962), sont les suivantes :

<u>Zones falo</u> :	- maïs	650 kgs/hectare
	- niébé (haricot)	250 kgs/hectare
	- patates douces	2 à 6 tonnes/hectare

<u>Région de Bakel</u> :	maïs	800 kgs/hectare
--------------------------	------	-----------------

On considère que ces productions pour les zones de falo sont basses. Les raisons des plus grands rendements de maïs par hectare dans la région de Bakel n'ont pas été déterminées.

<u>Zones de walo</u> :	- Sorgho	430 kgs/hectare
------------------------	----------	-----------------

- niébé

300 kgs/hectare.

Les recherches de la MISOES en 1957 (BOUTILLIER et Al, 1962), ont établi les données suivantes :

Les rendements de sorgho pour les cultures de walo étaient de 430 kgs/hectare (graines sèches) pour un travail de 85,5 jours/hectare. Quarante (40) de ces jours de travail étaient des "jours d'adultes mâles", 18 des "jours d'adultes femelles", et 28 des "jours d'adolescents et d'enfants" (considérant que toute personne au-dessus de 14 ans est un adulte). Pour la ferme moyenne, qui comprend 5-7 personnes, dont 3 sont des adultes actifs, les activités agricoles combinées des cultures de diéri et de décrué, représentent la force de travail suivante :

- 215 jours de travail d'adultes de sexe masculin,
- 91 jours de travail d'adultes de sexe féminin,
- 114 jours de travail d'enfants et d'adolescents.

#### C-3-3.4 Cultures de décrue - Utilisation d'engrais et de pesticides

A l'heure actuelle, on n'applique pas d'engrais dans les zones de falo ou de walo.

L'utilisation d'insecticides dans les cultures de décrue, est limitée, à l'heure actuelle, à celle de produits chimiques (principalement du HCH et du DTT) pour contrôler les invasions de criquets (pélerins) si et quand elles surviennent.

Pendant les trois dernières saisons de culture, les paysans qui s'occupent de culture de décrue ont utilisé un nombre considérable de fongicides dans le traitement des semences pour contrôler les maladies provoquées par la moisissure.

#### C-3-3.5 Cultures de décrue - Problème de drainage et de salinité

Il n'y a pas de problèmes immédiats associés aux conditions de drainage ou de salinité dans les zones de cultures de décrue à travers tout le bassin du fleuve Sénégal.

### C.3.4 Les Cultures irriguées dans le Bassin du Fleuve Sénégal

#### C.3.4.1 Introduction

Pour une meilleure compréhension des cultures irriguées telles qu'elles existent aujourd'hui dans le bassin du Fleuve Sénégal, une revue de leur origine et de leur développement subséquent est nécessaire.

Les Français commencèrent la mise en valeur des ressources du bassin du Fleuve Sénégal pour ce qui est des cultures irriguées, à Richard Toll en 1819 (Hardy, 1921). En 1921, Jacques-François Roger, alors Gouverneur du Sénégal, employa les services d'une équipe d'experts européens, dont le plus remarquable était l'horticulteur Richard, pour établir une station expérimentale qui commença à fonctionner officiellement en juin 1922 à Richard Toll. Hardy (1921) fournit un catalogue des expériences extensives conduites par Richard à Richard Toll. Au début du siècle, Mathy (1904) proposa un système de barrages et de canaux pour régulariser l'écoulement du Fleuve Sénégal dans l'intérêt de l'agriculture et du transport fluvial (Papy 1952).

A cause des sols très salins du delta, Henry (1918) recommanda le développement de la culture de riz mécanisée. En 1922, Béline suggéra la culture du coton dans la vallée du Fleuve.

En 1938, le Gouvernement colonial français créa la Mission d'Aménagement du Sénégal (M.A.S.). La M.A.S. était responsable de l'aménagement de plusieurs centaines d'hectares avec la station expérimentale de Diorbivol et des milliers d'hectares à Guédé pour la culture du riz. Des études plus suivies de la M.A.S. (1953) produisirent un programme ambitieux, " Projets pour l'Aménagement du Fleuve Sénégal ", concernant les cultures irriguées. De concert avec le service de l'Agriculture, des recherches et des expériences ont été menées à Richard Toll, à Guédé et à Diorbivol. Pendant cette

période, les aménagements et les rendements agricoles les plus importants ont été obtenus à Richard Toll, qui était alors une région rizicole.

L'expansion agricole fut menée par la M.A.S. pendant la période allant de 1946 à 1953. De 1953 à 1959, la région était sous la gestion d'une compagnie d'ingénierie française l'ORTAL. En plus de la gestion, cette compagnie était aussi responsable de la conception et de la construction du système agricole.

L'indépendance du Sénégal en 1960 mit fin au contrôle par l'ORTAL, et la Société Nationale Sénégalaise pour le Développement du riz (SNSDR) fut créée pour mettre en oeuvre le projet (MAIGA, 1976, Diagne, 1974). En 1970, le Gouvernement Sénégalais liquida ses intérêts dans le projet d'irrigation de Richard Toll, et une compagnie privée, la Compagnie Sucrière Sénégalaise, (C.S.S) transforma la région en une plantation sucrière, qui opère toujours. Cette reconversion était nécessitée par le fait que le riz importé de l'Asie au Sud-Est coûtait moins cher que le riz produit localement.

Un organisme de service public, l'Organisation Autonome de la vallée (O.A.V.) prit en main les opérations du projet de Guédé, avec l'aide d'experts de Taïwan. Des projets furent aussi établis à Saldé, Méry-Mboumba, Madina, Pété-Galoya et Nianga. De tous les projets, la seule réussite fut celui de Guédé. Un autre organisme de service public, l'Organisation Autonome du Delta (O.A.D.), un analogue de l'O.A.V., commença d'aménager l'irrigation des cultures dans les régions inférieures du bassin du fleuve Sénégal. Des projets furent établis à Dagana, Gaé, N'Dombo, Thiagar, et M'Bagam. Ainsi, l'agriculture sédentaire n'a été une réalité pour le paysan sénégalais du delta que vers le milieu des années 60 quand le Gouvernement du Sénégal commença l'aménagement agro-industriel de cette région.

C.3.4.2 Agences Gouvernementales responsables de l'Aménagement agricole.

S A E D : En termes de sa surface d'opération, des capitaux investis pour la marche de ses programmes, de l'amplitude de ses projets actuels et futurs (allant de Saint-Louis à Bakel, plus les emplacements intermédiaires) et de l'ampleur des impacts de ses activités sur la population du Bassin du fleuve Sénégal, la SAED est l'une des agences les plus importantes du Gouvernement du Sénégal.

L'organisation interne de la SAED est très complexe et pour cette raison, on n'analysera ici que le cadre organisationnel directement lié aux différents districts de périmètres irrigués.

Dans le schéma organisationnel de la SAED, le bassin du fleuve (de Saint-Louis à Bakel) est divisé en 7 régions-périmètres séparées. Ce sont le Delta, Dagana, Nianga, Aéré-lao, Guédé, Matam, et Bakel. Les structures de la SAED sont illustrées à la figure C.3.6. Chaque région périmètre a son propre schéma organisationnel et ses cadres aux diverses responsabilités.

A l'intérieur des régions périmètres se trouvent des aménagements irrigués qu'on désigne du nom de " projets ", par exemple : Boundoum Nord, Kassak Sud et Grande Digue-Tellel. Le périmètre du delta possède à l'heure actuelle de loin le plus grand nombre de projets sous sa juridiction et c'est aussi le plus large du point de vue du nombre d'hectares de terres aménagées pour la culture irriguée. Les périmètres de Dagana et de Nianga ont tous deux à peu près 1.000 hectares irrigués et leur expansion est envisagée. Les périmètres de Aéré-lao, Guédé et Matam consistent en de nombreux petits projets. Le périmètre de Bakel a plusieurs petits projets et l'expansion est entravée par le manque de terres. Selon les responsables de la SAED, l'expansion des périmètres irrigués se fera principalement dans la moyenne vallée.

SONADER (Mauritanie) - Kaédi est le centre du champ d'opération de la SONADER dans le bassin du fleuve Sénégal. Dans ce centre, il y a un Directeur, un Directeur-adjoint et des Employés de bureau responsables de toutes les activités administratives. En outre, il y a quelques cadres du service technique, (qui sont surtout des expatriés), environ trente employés du service de vulgarisation, dont dix sont qualifiés pour le travail de vulgarisation.

L'exploitation et l'entretien des systèmes d'irrigation de tous les périmètres situés dans la partie mauritanienne de la vallée du fleuve sont sous la juridiction du personnel de la SONADER. L'organisation du centre opérationnel est divisée en 4 sections : Vulgarisation, construction, gestion et maintenance. Les périmètres irrigués sont divisés en trois unités administratives, selon la taille du périmètre : petit, moyen et grand.

Avant qu'un petit périmètre-villageois puisse recevoir de l'aide de la Sonader, il doit posséder au moins 60 familles. Après son aménagement, le périmètre devient une coopérative.

Le village reste propriétaire de la terre. Les cultivateurs construisent eux-mêmes toute l'infrastructure hydraulique. La Sonader procure les services topographiques, installe les pompes à eau et, pour la première année de l'exploitation du périmètre, fournit gratuitement des engrais et des pesticides. La Sonader est consciente que les petits périmètres sont, à l'heure actuelle, surtout à un niveau de culture de subsistance. Etant donné que l'aménagement moyen de 20 hectares ne constitue qu'un supplément à la production alimentaire, le cultivateur doit aussi pêcher et faire un peu de culture de décrue pour survivre. La Sonader est également consciente que les cultivateurs manquent encore de la technologie nécessaire aux meilleurs rendements des cultures des périmètres.

Les petits périmètres ont trois fonctions vitales :

- procurer de la terre à ceux qui n'en ont pas, en éliminant les grandes exploitations qui profitent à quelques privilégiés et en redistribuant la terre à un plus grand nombre.
- éduquer les gens à accepter une technologie agricole plus avancée, faisant ainsi oeuvre de zones d'essai.
- régulariser la production de cultures vivrières pendant l'exécution des projets de barrage dans le Bassin du Fleuve Sénégal.

Les moyens et grands périmètres doivent être autonomes, chacun ayant son propre budget et son personnel technique et d'exploitation. L'organisation de chaque périmètre comprendra les sections suivantes : administration, agronomie, hydraulique, formation, mécanisation et archives.

Chaque cultivateur associé à un moyen ou grand périmètre aura un contrat de travail avec la Sonader. Ce contrat stipulera les droits et obligations des deux parties et continuera d'être valable tant que le cultivateur travaillera pour la Sonader.

OPI/API (Mali) - Les quartiers généraux administratifs et techniques de l'OPI/API sont situés à Kayes. Le personnel est peu nombreux et comprend un Directeur, un Directeur-adjoint, un personnel de bureau et un très petit service de vulgarisation. Un conseiller technique agricole est procuré par la FAC pour aider le directeur.

Les services techniques fournis aux cultivateurs sont limités à des levées topographiques préliminaires et au nivellement des terres. Il n'y a pas de département d'ingénierie, et on ne fait aucune étude de sol avant la construction d'un périmètre irrigué. Les cultivateurs ont la responsabilité de la construction du périmètre. La distribution des terres aux cultivateurs se déroule comme suit : chaque cultivateur

reçoit 0,50 hectares pendant la saison des pluies et 0,25 hectares pendant la saison sèche.

#### C.3.4.3 Les grands périmètres irrigués

L'aménagement de cultures irriguées dans de grands périmètres du delta et de la partie inférieure de la vallée moyenne du bassin du fleuve Sénégal a donné lieu à une évolution des techniques d'irrigation et de gestion. Cette évolution partit d'un système primaire, passa à un système secondaire et finit par un système technologiquement beaucoup plus complexe qu'on appelle tertiaire. L'évolution de ces trois systèmes d'irrigation des cultures est analysée dans les sections suivantes.

Systèmes primaires d'irrigation. Une des premières phases dans l'évolution des différents systèmes d'irrigation, fut la construction par la M.A.S. d'une digue de protection de 85 km le long de la rive gauche du fleuve Sénégal, allant de Thiagar à l'embouchure du Marigot Gorom. Cette digue fut construite dans le dessein de protéger partiellement la zone du delta contre les crues du fleuve.

On installa sept vannes pour contrôler les admissions d'eau dans la région. Ensuite, l'aménagement des systèmes primaires d'irrigation commença. Un système primaire fut constitué par la construction d'une grande digue tout autour d'une zone cultivée (qui variait de 200 à 3.000 hectares) pour la protéger des crues du fleuve.

Cela fut fait par exemple le long du marigot Lampsar dans le bas delta. Quand le marigot s'emplissait pendant la période de crue du fleuve Sénégal, la submersion des champs était accomplie en laissant directement l'eau du marigot s'écouler par gravité vers les champs. Au fur et à mesure que les eaux d'inondation se retiraient, l'eau restant dans les champs s'infiltrait dans le sol.

Une autre forme de système primaire fut développée en construisant une digue protectrice autour d'une dépres-

sion afin de former un étang. Pendant la crue naturelle du fleuve, l'eau s'acheminait par gravité vers l'étang en passant par un petit marigot. Au fur et à mesure du retrait des eaux d'inondation, le petit marigot devenait une voie de drainage pour le retour de l'eau vers le fleuve.

Dans ces deux formes de systèmes primaires, les graines de riz étaient semées à la volée dans les champs, au début de la saison des pluies, pour que les pluies les fassent germer et pour qu'elles alimentent le sol en humidité jusqu'à l'arrivée des eaux d'inondation, en Août ou septembre. A cette époque, les plants étaient alors âgés d'un ou de deux mois. Le succès de ces systèmes d'irrigation primaires fut partiellement limité par le fait que les zones irriguées n'étaient pas subdivisées en bassins plus petits et que les champs n'étaient pas nivelés. L'élévation des terres à travers toutes ces zones différait de plus ou moins un mètre.

Tous ces facteurs rendirent difficile le contrôle de l'eau d'irrigation. Le succès des cultures dépendait aussi de deux éléments que les agriculteurs ne pouvaient contrôler : la pluviométrie et le niveau maximum des crues.

Selon Diallo (1975), les rendements de riz cultivé avec le réseau primaire se situaient entre 9 et 10 quintaux par hectare. L'objectif initial d'avoir 30.900 hectares cultivés dans le delta, ne fut jamais atteint. Durant la saison 1969-70, seulement 9.500 hectares étaient cultivés.

Les réseaux primaires d'irrigation étaient gérés par l'O.A.V. et l'O.A.D. pendant les premières années d'existence de ces organisations. Cependant, ces réseaux n'ont pas été positifs, pour plusieurs raisons, y compris une mauvaise gestion de l'eau, un fonctionnement inadéquat et un entretien insuffisant des réseaux, de mauvaises conditions de drainage, et à cause des dimensions inadéquates des digues de protection. En 1965, une inondation catastrophique détruisit les cultures de riz et démoralisa les agriculteurs.

A la suite de ce désastre, le gouvernement Sénégalais décida d'éliminer l'utilisation du réseau primaire qui était imprévisible et qui avait déjà enregistré plusieurs échecs.

### Systèmes secondaires d'irrigation

Le Gouvernement institua un autre réseau d'irrigation, qu'on désigne par réseau secondaire. Pour mettre en oeuvre ce nouveau réseau à travers le bassin du fleuve Sénégal, le gouvernement a créé la Société d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta et de la Vallée du Fleuve Sénégal (S.A.E.D.) A partir de 1966, le premier "réseau secondaire" d'irrigation utilisant l'écoulement par gravité, fut aménagé par la S.A.E.D dans la région du delta.

Dans le réseau secondaire, la terre fut subdivisée en de grandes parcelles qui furent ensuite redivisées en de plus petites unités, avec des niveaux différant de pas plus de 25 cm entre la zone la plus élevée et celle la plus basse des parcelles.

Une parcelle entière fut endiguée et submergée dans des conditions contrôlées. Une canalisation servit à la fois pour l'irrigation et le drainage. Au fur et à mesure de la décrue et du retrait des eaux, le drainage des terres commençait.

Quand le niveau des eaux d'irrigation était à 20 ou 60 cm, les cultures poussaient bien. Cependant, étant donné que les cultures étaient toujours ensemencées au début de la saison des pluies et dépendaient de la pluviométrie pour germer et maintenir l'humidité du sol, les deux variables cruciales étaient encore la hauteur des précipitations et l'amplitude des crues.

Selon Diallo, (1975), quand les deux variables étaient favorables, les rendements moyens s'élevaient de 10 à 15 quintaux par hectare. Entre 1966 et 1970, un total de 8.170 hectares de terres fut muni de réseaux secondaires d'irrigation (République du Sénégal, 1971).

Les contraintes liées aux réseaux secondaires d'irrigation étaient les suivantes :

- le niveau de submersion dans les bassins (petites unités) était directement lié à la hauteur du niveau de la crue.
- les 25 cms de différence de niveau existant dans les parcelles étaient encore trop grands pour permettre une submersion adéquate pour la riziculture.
- la même canalisation fut utilisée à la fois pour l'irrigation et le drainage.

Pour pallier le manque d'eau pendant les périodes de bas niveau des crues du fleuve, et pour assurer une submersion suffisante des champs de riz, la S A E D a construit 3 stations principales de pompage à Rong, Thiagar et Diawar. Cette tentative de compenser l'écoulement de l'eau par gravité dans les réseaux secondaires en pompant l'eau ne résolut cependant pas les problèmes des réseaux. Conséquemment, on mit fin aux réseaux secondaires d'irrigation pour adopter les réseaux tertiaires d'irrigation.

La conversion en systèmes tertiaires commença en 1972.

### Systemes tertiaires d'irrigation

Le système tertiaire de distribution des eaux d'irrigation en cours à la fois en Mauritanie et au Sénégal (le Mali n'a pas de grands périmètres à l'heure actuelle) est classé en tant que réseau ouvert. Dans un réseau ouvert, on conduit l'eau de la source au champ par un système de canalisations ouvertes, non-préssurisées, et au débit libre, qui dépendent de la gravité pour l'écoulement de l'eau; ces canalisations sont donc construites, de façon à épouser de très près la topographie d'une région.

Les apports en eau pour tous les projets irrigués du bassin du fleuve Sénégal proviennent et proviendront généra-

lement de pompages à partir du fleuve Sénégal et/ou de ses affluents (habituellement de grands marigots). Les stations de pompage consistent en de multiples installations de pompes allant de deux à quatre unités avec des moteurs diésel ou électriques.

L'eau est généralement pompée à partir de niveaux bas et se déverse directement dans le principal canal d'irrigation. Le système complet d'irrigation tertiaire d'écoulement par gravité, pour un grand projet, comprend un réseau complexe de canaux principaux, secondaires et tertiaires d'irrigation, et de canaux de diffusion d'eau (arroseur de quartier - voir Figure C.3.7) vaguement équivalents à des canaux d'irrigation à la parcelle équipés de mécanismes de contrôle du niveau d'eau et de distribution des écoulements.

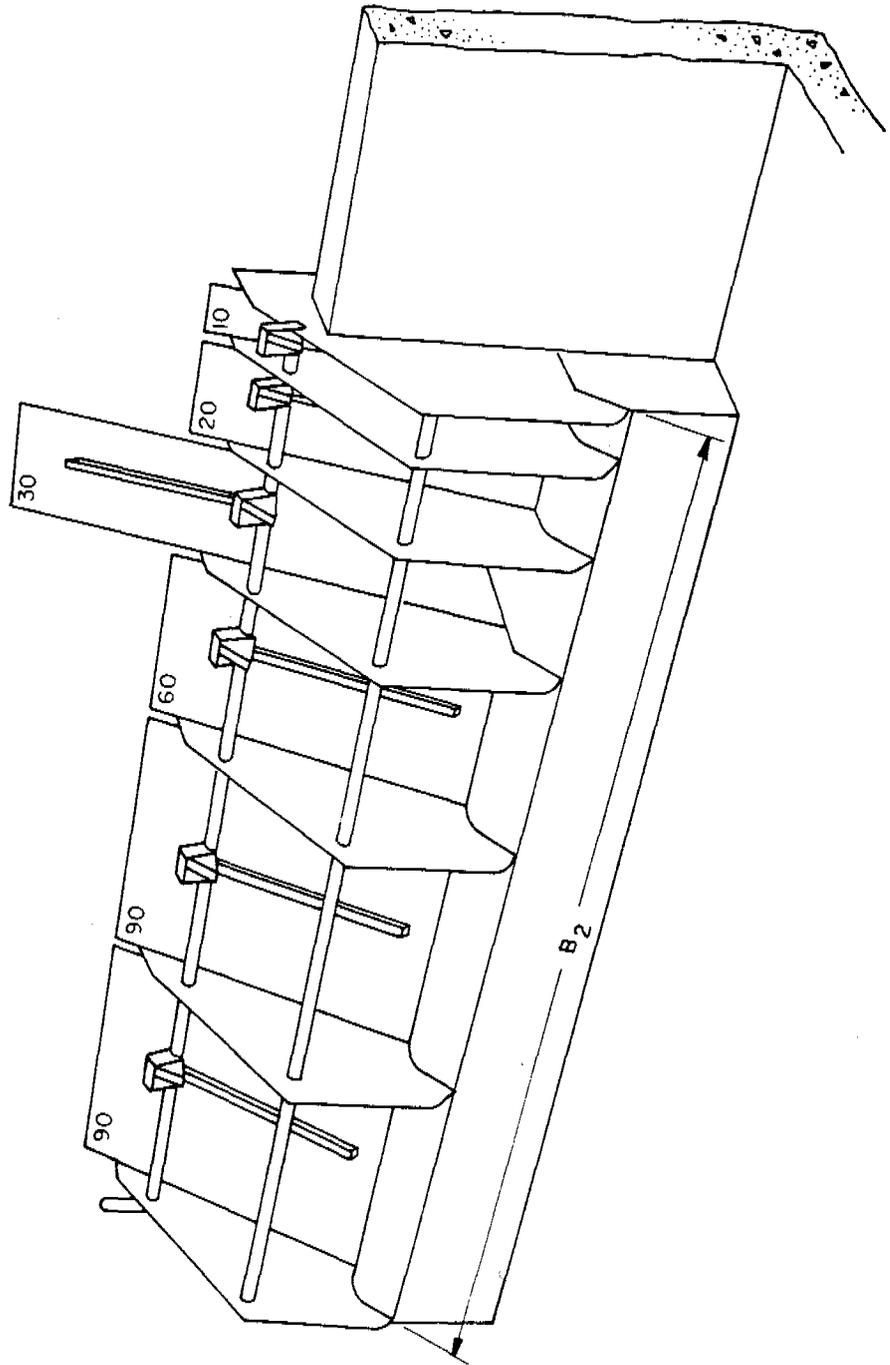
Tout le réseau d'adduction d'eau pour les grands périmètres est creusé dans du matériau naturel. Par conséquent, tous les canaux d'irrigation sont en terre. Cette formule fut adoptée parce que c'est un type de construction peu coûteux.

Le système a pour but de maintenir l'eau à un niveau constant dans les principaux canaux. Le niveau de l'eau dans le réseau de canalisation principale est contrôlé par des vannes situées à intervalles tout au long du canal d'irrigation principal.

Quand le réseau est opérationnel, l'eau d'irrigation est distribuée aux parcelles de différentes manières. Un module d'orifice à masque Neyrpic (voir Figure C.3.8) est un système de métrage utilisable quand l'eau est fournie sur une base volumétrique. Ces modules sont utilisés extensivement dans les grands projets d'irrigation. On les construit généralement dans des structures de béton directement sur la rive du canal principal. Un module est capable d'irriguer un secteur hydraulique, soit 48 à 60 hectares. L'eau coule à travers le module et s'introduit dans un dissipateur d'énergie lequel débouche directement sur un canal tertiaire.

MODULE A MASQUE NEYRPIIC A ORIFICES

UPSTREAM VIEW OF NEYRPIIC DISTRIBUTOR



Dans le canal tertiaire, à peu de distance au dessous du module, se trouve le distributeur. Cet élément est construit en béton et possède des orifices de métal pour distribuer l'eau - d'une manière proportionnelle, sans autre régulation, - dans trois canaux d'adduction d'eau d'irrigation.

Normalement le distributeur dirige l'eau d'irrigation vers de petits canaux dans trois directions différentes; si nécessaire, elle est distribuée en ouvrant manuellement une vanne qui conduit directement à chaque orifice. L'eau d'irrigation est ensuite canalisée dans l'arroseeur du quartier, qui a pour but d'irriguer cinq unités parcellaires en canalisant l'eau vers des siphons individuels de béton qui conduisent directement à chaque unité parcellaire.

Dans quelques cas, le canal primaire d'irrigation contient un siphon en béton, qui s'ouvre sur un canal secondaire dont la tête est munie d'un module à masque Nyerpic pour régulariser l'écoulement de l'eau dans le réseau tertiaire, répétant ainsi le processus décrit plus haut.

Les unités parcellaires agricoles des grands projets disposent d'un plan de réseau d'irrigation. Ces parcelles sont prévues pour l'irrigation de surface par sillons, par bordures de digues, ou par bassins. Pour les besoins de l'irrigation, la SAED divise les grands périmètres en unités spécifiques suivantes : à peu près 3 hectares forment une parcelle, 4 parcelles de trois hectares forment un quartier (à peu près 12 à 15 hectares), et 4 à 5 quartiers forment un secteur hydraulique (entre 48 à 60 hectares).

Chaque grand projet est équipé d'un système de drainage qui consiste en des drains de surface pour les parcelles et en des collecteurs profonds et à ciel ouvert qui déposent les eaux effluentes dans des dépressions ou de petits marigots pour l'évaporation.

L'infrastructure hydraulique d'un projet est généralement protégée des inondations du fleuve par un système exten-

sif de digues longeant une route principale de desserte.

Une compagnie française d'ingénierie, la Société Centrale pour l'Equipement du Territoire (S C E T), était responsable de la conception des travaux d'irrigation et de drainage de tous les grands projets de la S A E D. Les plans de base de tous projets sont identiques. La seule différence résidant dans la taille éventuelle. Le périmètre de Nianga est une exception - les plans furent faits par une compagnie allemande, la Ing - Gesellschaft Herdecke -

A l'heure actuelle, la Mauritanie aménage seulement des périmètres irrigués de taille moyenne. Ils sont fondamentalement identiques en structure hydraulique à ceux du Sénégal, à la différence unique de la taille. Cependant ces périmètres de " taille moyenne " représentent la première étape vers les grands périmètres. Là où les conditions topographiques ont permis de prévoir des Unités Naturelles d'Aménagement (U N A) dans le plan général d'aménagement du bassin du fleuve Sénégal, les périmètres irrigués débiteront par de grands périmètres. A l'heure actuelle, les périmètres de " taille moyenne " de la Mauritanie vont de 200 à 1.000 hectares. Quant à la saison des pluies de 1978, il y eut 576 hectares aménagés pour l'irrigation au périmètre de Gorgol (Kaédi) et 954 hectares du périmètre de M'Pourie (Rosso) furent plantés de riz. Ces deux périmètres ont des potentialités d'expansion, à condition que les rendements soient satisfaisants et que des fonds d'aménagement puissent être obtenus de diverses sources.

Il n'y a pas de grands périmètres au Mali à l'heure actuelle.

Le Tableau C.3.6 dresse une liste des grands et moyens périmètres existant dans le bassin du fleuve Sénégal ainsi que le nombre d'hectares de chacun.

Tableau C.3-6

Grands et moyens périmètres existant à l'heure actuelle  
dans le bassin du fleuve Sénégal

Pays	Périmètres	Hectares	Total
<b>GRANDS:</b>			
Sénégal	Savoigne	300	
	Boundoum	2 400	
	Kassak Sud	270	
	Thiagar	1 000	
	Grande Digue Tellele	1 000	
	Balky	500	
	Sousee	150	
	Mbane	140	
	Dagana	1,367	
	Guede	550	
Nianga	780		
			8 457
<b>MOYENS:</b>			
Mauritanie			
	Gorgol	161	
	MPourie	954	
			1 115
Mali	Aucun	0	0
Grand total :			9 572

Réseaux tertiaires, coût du projet A l'heure actuelle, la plupart des projets d'irrigation secondaire du delta ont été reconvertis dans le système tertiaire. Quand la S.A.E.D se rendit compte que les réseaux secondaires étaient inefficaces, elle suspendit temporairement l'aménagement d'irrigation agricole du delta (Diallo, 1975) et en 1972, fit une requête au F.A.C. pour financer la reconversion de tous les projets du delta à des systèmes tertiaires. Malheureusement, une grande partie des réseaux secondaires dût être éliminée aux grands dépens de la S.A.E.D pour construire les réseaux tertiaires (DIAGNE, 1974).

Le premier réseau tertiaire fut aménagé à Boundoum Nord (185 hectares) en 1970 à un coût de 151.000 f. CFA par hectare (MAIGA, 1976). Les rendements y furent exceptionnellement bons, à peu près 35 quintaux par hectare. D'après une estimation de 1976 (République du Sénégal, 1976) la reconversion d'un réseau secondaire à un réseau tertiaire coûterait 350.000 f. CFA par hectare, au cas où une station de pompage existerait déjà pour le projet.

Le problème des coûts d'aménagement est longuement analysé dans de nombreuses études et des chiffres très différents sont cités, les plus grands surpassant de trois ou quatre fois les plus petits (O.M.V.S., 1977). Les estimations sont très variables pour les principales raisons suivantes :

1. Il se peut que les contrats gouvernementaux de travail ne soient pas considérés comme stables en Mauritanie ou au Sénégal. En fait, la concurrence entre les entrepreneurs a été limitée à un petit nombre d'entre eux qui sont établis depuis de nombreuses années et qui ont ainsi un monopole presque de facto. Un seul projet à la fois est entrepris, choisi au hasard, au fur et à mesure que les fonds sont dis-

ponibles. Pour intéresser de nouveaux entrepreneurs, et assurer un emploi optimal du personnel et de l'équipement, il devrait y avoir beaucoup plus de travaux étalés sur plusieurs années ; cela permettrait au moins d'établir des rapports plus réalistes entre les prix convenus et les coûts véritables des projets.

2. Les coûts par hectare cités par différents auteurs comprennent la provision de différents types de services. Cela rend impossible toute comparaison significative de coûts. Le dépouillement des coûts prévus dans un contrat ne donne pas toujours une nette vision des différents coûts pour chaque type de construction, augmentant ainsi la confusion.

3. La détermination du coût par hectare dépend du dénominateur utilisé et les chiffres de référence varient grandement. Quelques études utilisent la superficie totale de la zone (surface géographique), qui représente la superficie obtenue par planimètrage de la région endiguée. D'autres études utilisent la surface irrigable de la zone. Cette surface est obtenue en soustrayant de la zone totale ces régions qui ne peuvent être irriguées (les surfaces non nivelées, les zones pédologiquement inadéquates et (ou) des nappes d'eau permanentes et des marigots). D'autres études utilisent encore un autre dénominateur, la surface "irrigable nette", c'est à dire, la surface disponible à l'heure actuelle pour la culture après avoir soustrait de la superficie "irrigable" l'espace utilisé pour la construction.

Les études de la SOGREAH pour trois bassins versants-pilotes et quatre périmètres montrent que, en général, la superficie "totale" brute doit être corrigée par un coefficient de réduction de 30 % pour obtenir la superficie "irrigable nette". Selon que l'on utilise le premier ou le dernier dénominateur, les coûts par hectare varient de plus de 40 % (O.M.V.S., 1977).

4. Les coûts peuvent varier grandement d'un pays à l'autre et d'une région à l'autre du même pays.

5. Quelques unes des subdivisions principales d'aménagement agricole, vu leur diversité, nécessitent les services d'entrepreneurs aux spécialités et à compétences différentes. Ces subdivisions comprennent le travail d'endiguement en général, le nivellement des petites digues, la construction de bâtiments agricoles et de stockage, les réseaux d'irrigation et de drainage avec routes associées, les facilités pour les transports de récoltes ; les stations de pompage ; le débroussaillage des terres (arbustes et souches), etc...

Exemples de coûts de projets :

Il fut très difficile d'obtenir des données sûres et spécifiques de coûts de projets pour les grands périmètres irrigués du bassin du fleuve Sénégal. Quelques exemples sont donnés par l'O.M.V.S. (Avril, 1977). Le tableau C.3-7 est tiré de leur étude (O.M.V.S) et montre des estimations calculées par J. CHAUMENY, qui les a basés sur des études de la SOGREAH (1974), et qui devraient être applicables en 1974. On devrait remarquer que ces chiffres indiquent les coûts exempts de taxes par hectare "net irrigable" et que les prix de la SOGREAH de 1973 ont été augmentés de 15 % pour couvrir des coûts imprévus, ainsi que les frais d'étude et de supervision etc...

TABLEAU C-3.7

DEPENSES POUR L'INFRASTRUCTURE HYDRAULIQUE-RESEAUX SECONDAIRES D'IRRIGATION -

(En milliards de francs CFA/hectare)

L I B E L L E	NIANGA	MATAM	BOGHE	SALDE WALDA	MOYENNE PONDEREE
Travaux d'endiguement	48	100	36	158	74
Stations de pompage	83	96	85	77	86
Travaux d'irrigation et de drainage	249	186	169	163	180
Routes	8	9	16	16	12
Aménagement de parcelles	138	144	115	128	132
<b>Infrastructure hydraulique totale</b>	<b>526</b>	<b>535</b>	<b>421</b>	<b>542</b>	<b>484</b>

Le volume 4 du rapport S.A.E.D/SCET (Ministère de l'Hydraulique, République du Sénégal) énonce le chiffre de 805 000 f.cfa par hectare pour l'aménagement au Sénégal. Ce coût réfère à la superficie nette irrigable et spécifiquement à l'endiguement, à l'infrastructure primaire et aux stations. Dans une tentative de comparaison des coûts, les prix de 1974 de la SOGREAH furent augmentés de 30 %, ce qui donna une somme de 630 000 f.cfa/hectare.

L'O.M.V.S. (Avril 1977) effectua les comparaisons suivantes :

Coût des installations	En milliers de francs CFA	
	S.C.E.T./S.A.E.D. (1976)	S.O.G.R.E.A.H. (Moyenne)
Travaux d'endiguement	80	95
Stations de pompage		110
Réseaux d'irrigation et de chainage		235
Routes		15
Aménagement de parcelles		175
Coût Total (par hectare irrigable net)	805	630

Cependant, l'étude de la SCET (1976) indique clairement que la somme de 100 000 f.cfa réfère seulement à "l'infrastructure primaire et aux stations" à l'exclusion des réseaux d'irrigation secondaire, tertiaire et quaternaire, et des canaux de drainage, et que donc toute tentative de comparaison est vaine. Comme l'étude de la SCET (1976) se base particulièrement sur les résultats de la construction des projets de Nianga et de Dagana et que les prix de la SOGREAH ne représentent que des prévisions, les chiffres de la SCET sont plus réalistes.

Les prix de construction des digues dépendent à la fois du type de projet (totalement endigué, tel que le genre de SAL-DE WALA ou partiellement endigué et adossé au diéri tel que le genre de Boghé), et de l'emplacement du périmètre dans le bassin (les niveaux d'eau diffèrent plus en amont qu'en aval). Le chiffre de 950 000 f. cfa par hectare pour l'infrastructure hydraulique et l'aménagement des parcelles de la rive gauche fourni par l'O.M.V.S. (1977) et basé sur les prix de 1977, semble être raisonnable. Lors d'une des missions sur le terrain faites par l'équipe agricole, A. VILLACEL, du Centre Technique de la S.A.E.D de Saint-Louis fournit les renseignements suivants quant aux coûts de projet (Communication personnelle, 1978) :

- Le prix en 1972-1973, pour développer un hectare de périmètre irrigué à l'inclusion de l'infrastructure hydraulique pour un réseau tertiaire, était entre 300 000 et 400 000 f. cfa. Ce chiffre ne comprenait pas le coût des systèmes de drainage et de nivellement complet.

- A Dagana, pour la période allant de 1974 à 1978, le coût par hectare était de 850 000 à 900 000 f. cfa pour la digue de protection, le système d'irrigation sans drainage, et pour le nivellement complet.

- A Grande Tellel, le coût d'un projet du delta s'étalera entre 1 100 000 et 1 200 000 f. cfa par hectare et comprendra : une digue de protection, un nivellement complet, un réseau d'irrigation sans drainage.

Une comparaison des coûts de 1977 à 1978 montre que les prix d'aménagement d'une infrastructure hydraulique ont augmenté d'à peu près 25 %, ce qui est un chiffre considérable.

Le coût des projets augmente d'une manière continue et il est évident que l'utilisation des formules standard pour ajuster les prix contractuels ne permet pas de prédire exactement les prix que les entrepreneurs demanderont lors du prochain appel

d'offres.

MAURITANIE :

En Mauritanie, comme au Sénégal, les coûts de construction relatifs à l'infrastructure hydraulique des périmètres irrigués sont d'intérêt primordial.

Le périmètre de Boghé n'a pas encore été construit, mais les calculs approximatifs préliminaires montrent que les coûts de construction de l'infrastructure hydraulique seront de 2 450 000 f.cfa par hectare. Les différents éléments de l'infrastructure hydraulique compris dans cette estimation sont : un système global de digues de protection, un réseau d'adduction hydraulique, un équipement de pompage et l'aménagement des parcelles. Le périmètre de Boghé contiendra un total de 4 260 hectares de zone "irrigable nette", mais seulement 1 080 hectares seront aménagés dans la phase initiale.

Le périmètre de GORGOL est partiellement construit à l'heure actuelle. Il consiste en un réseau de digues de protection sur le fleuve Sénégal, en un pont à pertuis sur le GORGOL et en une infrastructure hydraulique. La superficie "irrigable nette" est de 605 hectares. Les coûts d'investissement par hectare sont de 1 710 000 f.cfa, ce qui, par hectare représente un coût considérablement moindre que le coût du périmètre de Boghé.

### TECHNIQUES AGRICOLES

Le système agricole actuel de la S.A.E.D. requiert une certaine mécanisation pour accomplir les travaux préliminaires de culture. Cela est dû à la nature intensive de l'agriculture dans des régions telles que le périmètre du delta, à l'existence de zones extensives où la population est éparsée et où il n'y a pas suffisamment de travailleurs, et aussi au fait que l'on trouve des sols très lourds dans le bassin du fleuve Sénégal.

Ces pratiques agricoles comprennent le labour initial de la terre, le disquage et le hersage pour le semis et pour l'application des engrais. Dans le projet de Dagana, on utilise aussi des machines pour les semailles parce que cela donne des plants de riz beaucoup plus uniformes.

Ainsi le rôle des ouvriers agricoles, associés aux grands projets opérés par la S.A.E.D., est grandement réduit et limité à des activités telles que la semence des graines de riz là où les machines ne sont pas utilisées, le débroussaillage, la protection des cultures (par exemple, guetter les oiseaux) et la récolte. Tout le travail investi représente approximativement 40 jours de travail d'un homme pour une culture de riz, ce qui engendre un sous-emploi très prononcé (MAIGA, 1976).

Pour le Sénégal, où il y a abondance de main-d'oeuvre et un besoin de création d'emplois, de nombreux auteurs ont suggéré que les animaux de trait soient utilisés en agriculture en tant que technologie utile, et intermédiaire. Il y a eu quelque augmentation dans l'utilisation globale des animaux de trait au Sénégal, mais cela prévaut presque entièrement hors du bassin du fleuve Sénégal. A cette heure, les agriculteurs du bassin du fleuve ne semblent pas enthousiasmés par la possibilité de traction animale. Les sols lourds du bassin nécessitent la traction animale, or les boeufs dressés à cet usage sont pres-

que inexistants dans cette région. Il existe un centre de dressage de boeufs et de formation de conducteurs à Dagana, mais qui n'a pas suscité beaucoup d'intérêt (BECHTEL, 1976).

La S.A.E.D. a récemment estimé que les investissements initiaux, nécessaires pour doter les projets, de boeufs d'attelages et de matériel de traction animale, seraient à peu près de 86 000 f.cfa par hectare de terre. En plus de cet investissement, il y aurait le coût d'apprentissage extensif nécessaire aux animaux et conducteurs, les travaux préliminaires à la culture, faits, soit manuellement, soit mécaniquement, et l'approvisionnement en nourriture des animaux.

Aussi, un tel système de traction animale impliquerait au moins autant de problèmes qu'un système de mécanisation partielle, et on aurait quand même besoin, tous les quatre ans, de machines pour le renouvellement du terrain.

CISSOKHO (1977) établit qu'il y a 160 paires de boeufs intégrés au système du projet de Boundoum et que la traction animale est valable pour les parcelles de trois hectares de cette région. On rapporte aussi que l'objectif des cadres de la gestion est d'augmenter le nombre de boeufs.

En Mauritanie, où les périmètres actuels de taille moyenne, sont censés se développer en de grands périmètres, les pratiques agricoles sont déjà fortement mécanisées. Cependant comme la population est plus éparse, le sous-emploi n'est pas un problème comme il l'est au Sénégal.

Le lot de terre attribué à chaque adulte actif de sexe masculin varie à travers tout le bassin du fleuve Sénégal et d'un périmètre à l'autre. La moyenne totale pour la région du delta, du temps de la phase initiale des périmètres jusqu'en 1970, était de 0,65 hectare par adulte (MAIGA, 1976). Pour la saison 1976-1977, à Kassak Sud, la moyenne était de 0,23 hectare par adulte productif. La terre attribuée à chaque adulte à Nianga est de 1,8 hectare, tandis qu'à Dagana, la moyenne va de 0,52 à 0,70 hectare par adulte pour la culture du riz,

et de 0,25 à 0,35 hectare par adulte pour celle de la tomate.

Selon des renseignements récents de la S.A.E.D., les "groupes de producteurs" du delta contiennent de 4,5 à 5 travailleurs productifs par famille, bien que seulement 2 hectares de terre soient attribués à chaque chef de famille.

Dans l'organisation agricole du groupe de producteurs, tout le travail, y compris l'agriculture à proprement parler et les activités d'entretien (les femmes peuvent être engagés dans les deux), est réalisé sur une base collective et les compensations versées en fonction des heures de travail. Ce genre d'organisation s'adapte raisonnablement bien à une mécanisation plutôt intensive (O.M.V.S., 1977).

Dans quelques zones des grands périmètres irrigués (par exemple à Boundoum Nord), on attribue une parcelle à chaque agriculteur. On ne connaît pas les dimensions en hectares de cette parcelle. Avec l'aide de sa famille, l'agriculteur remplit toutes les activités agricoles, des semailles à la récolte. Il est le propriétaire exclusif de la récolte et peut en disposer comme il le veut.

Le problème, de la main-d'oeuvre engagée et de la répartition des terres en ce qui concerne les cultures des grands périmètres irrigués du bassin du fleuve Sénégal, est très complexe. Le rapport socio-économique dans cette étude de l'environnement, analyse de façon plus détaillée la force de travail engagée et la répartition des terres.

TABLEAU C.3-9

RENDEMENTS DU RIZ PADDY DES PERIMETRES DU DELTA RECOLTE ET PRODUCTION COMMERCIALE DEPUIS LA  
CREATION DE LA S.A.E.D. \*

Année	Hectares		Régions	Récolte totale	Rendements moyens par hectare récolté (tonnes)	
	Travaillés	Semés			Régions	Production commerciale
1965 - 66	6 400	6 300	5 900	ND	ND	5 000
1966 - 67	9 300	9 300	8 300	ND	ND	8 450
1967 - 68	10 250	9 650	8 450	15 000	1,78	6 100
1968 - 69	9 750	8 800	800	1 000	1,25	516
1969 - 70	10 200	9 096	9 096	17 000	1,87	10 927
1970 - 71	10 012	10 012	6 337	19 200	1,61	3 000
1971 - 72	10 600	9 500	7 400	16 800	2,27	8 000
1972 - 73	10 362	8 326	4 526	6 000	1,33	2 595
1973 - 74	ND	7 800	ND	14 000	1,79	3 916
1974 - 75	ND	ND	8 800	18 500	2,10	8 120
1975 - 76	ND	ND	ND	ND	ND	6 000

\* Référence : DIAGNE (1974) République du Sénégal (1975 et 1976).

ND : Non Disponible.

TABLEAU C.3-10

PERIMETRES DU DELTA DE LA SAED, PROJETS ET UNITES, 1977-78 \*

Projet	Unités
Richard Toll	Balky Sousse Nthiago Ndombo Nder
Boundoum	B. Nord B. Barrage B. Est
Djeuleuss	Nthiugar Ndietene Khor Thienel Ndiaw Ndiangue Kassak Nord Kassak Sud
Telel Grande Digue	Grande Digue Telel I Telel II Telel Peulh
Lampsar	Deby Tiguett Ferme de Savoigne Vallée de Lampsar
Foyers et autres (**)	Ronkh Mbane Autres foyers
** : Associations de production agricole (des jeunes)	

RESUME DE LA PRODUCTION : Total des hectares - 10 400  
Hectares plantés (sous le système ter-  
tiaire) - 5 130  
Production totale - 5 234 Tonnes  
Rendements - Moyens : 2,6 T/ha  
Grands : 3,5 T/ha  
Faibles: 1,0 T/ha

\* : Renseignements fournis par le Rapport saisonnier (Ross Bethio)

Le tableau C-3.11 indique l'augmentation dans la production de tomates de 1969-1970 à 1974-1975.

La SOCAS a investi des capitaux pour construire une conserverie à Savoigne où les tomates locales et celles des périmètres de la S.A.E.D sont traitées. La S.A.E.D est en train de construire une conserverie de tomates à Dagana, de concert avec d'autres organismes du Gouvernement Sénégalais.

La production commerciale de blé et de maïs dans le bassin du fleuve Sénégal, n'a pas reçu une grande attention de la part des agriculteurs et ses potentialités sont limitées. Les premiers rendements pour la production commerciale (1974-1975) étaient de 2,2 tonnes par hectare pour le blé et de 2,5 tonnes par hectare pour le maïs. (République du Sénégal, 1975 et 1976). Les tableaux C-3.12 et C-3.13 contiennent, pour les périmètres de Dagana et de Nianga respectivement, les données de production de 1974-1975 à 1977-1978 pour le riz, les tomates, et le blé, pour la saison des pluies et la saison sèche.

A l'heure actuelle, seulement deux périmètres moyens sont opérationnels en Mauritanie. Ce sont ceux de Mpourie à Rosso et de Gorgol à Kaédi. Les tableaux C-3.14 et C-3.15 fournissent les données pour ces deux périmètres. La surface plantée de riz à Mpourie a augmenté d'une manière constante depuis 1970, tandis que les productions ont fluctué à cause de la période de sécheresse. Le périmètre de Gorgol n'a commencé à fonctionner que depuis une année, aussi les données pour cet emplacement sont-elles extrêmement limitées.

Une revue des données de production pour les grands périmètres irrigués montre que les variations sont considérables une année sur l'autre. Des données spécifiques ne sont pas disponibles pour permettre la comparaison entre les rendements des cultures des parcelles individuelles et la moyenne globale du périmètre. Cependant, la petite quantité de données disponibles tend à indiquer que les différences sont prononcées.

TABLEAU C.3-11

AUGMENTATION DES TERRES AMENAGEES POUR LA CULTURE DE LA TOMATE AVEC  
RENDEMENTS PAR HECTARE ET PRODUCTION COMMERCIALE TOTALE DE 1960-70  
A 1974 - 1975 \*

Année	Superficie cultivée (hectares)	Production reçue par la SAED	Rendement (Ton- nes/hectares)	Production com- merciale (Tonnes)
1969-70	6	180	30,0	15
1970-71	ND	390	ND	150
1971-72	ND	900	ND	60
1972-73	77	2 000	26,0	90
1973-74	ND	3 000	ND	1 150
1974-75	700	10 282	28,5**	9 400

\* Basé sur des données de la République du Sénégal (1975-1976) DIAGNE (1974).

ND : Non Disponible.

\*\* : Différences dues à des pertes en produits avariés.

TABLEAU C.3-12

CULTURES ET PRODUCTIONS, PERIMETRES DE DAGANA, ANNEES 1974-75 A 1977-1978 \*

Saison	Culture	Superficie cultivée (hectares)	Production (tonnes) reçue par la SAED	Productions/hectare **		
				Moyenne	Forte	Faible
1974/1975	-	-	-	-	-	-
Saison des pluies	-	-	-	-	-	-
Saison sèche	Tomates	132	4 224	32	60,0	9,0
	Blé	28	66	2,8	4,3	2,2
1975/1976						
Saison des pluies	Riz	515	2 060	4,0	8,0	2,5
Saison sèche	Tomates	520	8 060	15,5	36,0	4,0
1976/1977						
Saison des pluies	Riz	708	3 823	5,4	8,5	3,8
Saison sèche	Tomates	350	8 750	25,0	37,0	18,0
	Blé	10	25	2,5	3,8	1,7
1977/1978						
Saison des pluies	Riz	450	3 540	5,1	8,0	3,2
Saison sèche	Tomates	695	6 982	15,5	27,0	8,0
	Blé	50	110	2,2	2,8	2,0

\* : Référence : Rapport annuel, Périmètre de Dagana, Mai 1978.

\*\* : Basé sur des échantillons pris au hasard pendant la récolte.

TABLEAU C.3-13

CULTURES ET PRODUCTIONS, PERIMETRE DE NIANGA, ANNEES 1976/1977 A 1977/1978 \*

Saison	Culture	Superficie cultivée (hectares)	Production totale reçue par la SAED (tonnes)	Productions (Tonnes/hect.)		
				Moyenne	Forte	Faible
<b>1976/1977</b>						
Saison des pluies	Riz	479,31	687,95	4	8,00	2
Saison sèche	Haricots	40,00	150,46	3,879	ND	ND
	Tomates	152,41	1 770,71	11,515	14,43	6,21
	Riz	203,36	ND	ND	ND	ND
<b>1977/1978</b>						
Saison des pluies	Riz	454,04	2 065,00	4,085	8,00	2,00
Saison sèche	Tomates	144,92	2 128,33	14,124	15,32	ND

\* : Référence : Rapport annuel, Périmètre de Nianga, Mai 1978.

\*\* : Basé sur des échantillons pris au hasard pendant la récolte.

ND : Non disponible.

TABLEAU C.3-14

PRODUCTION TOTALE ET RENDEMENTS PAR HECTARE, PERIMETRE DE M'POURIE, MAURITANIE \* RENDEMENTS (T/HA)\*\*

Saison	Superficie cultivée (hectares)		Production totale (tonnes)		Rendements (tonnes/hectare) **	
	Fermes d'Etat griculteurs	Total Fermes d'Etat griculteurs	Fermes d'Etat griculteurs	Total Fermes d'Etat griculteurs	Fermes d'Etat griculteurs	Moyenne Parcelles d'Agri- culteurs.
1970	266,0	-	266,0	736,0	-	-
1971	530,0	-	530,0	1 865,0	-	-
1972	530,0	-	530,0	2 255,0	-	-
1973	550,0	58,7	608,7	2 767,0	423,5	7,50
1974	572,0	144,7	716,7	2 471,0	349,0	2,39
1975	590,0	202,0	792,0	2 557,0	895,0	3,77
1976	609,0	277,0	886,0	1 484,0	1 113,0	4,38

\* : Statistiques de la République de Mauritanie (Août 1977).

\*\* : Basé sur des échantillons pris au hasard pendant la récolte.

TABLEAU C.3-15

PRODUCTIONS DE RIZ, PERIMETRE DE GORGOL, MAURITANIE 1977 / 1978 \*

Superficie cultivée (hectares)	Production totale (tonnes)	Rendements (Tonnes / hectares)	
		Moyens	Grands Bas
161	ND	3,6	6,0 2,5

\* : Référence, SONADER (1978).

Les coûts de production, à l'exclusion du travail proprement dit des agriculteurs et de l'amortissement des investissements pour l'aménagement, pour le riz cultivé dans les périmètres, sont à peu près équivalents à 1,5 ou 2 tonnes par hectare, par récolte. Ainsi, il est évident que la production doit être accrue si les cultures irriguées doivent devenir une entreprise profitable en rapport avec les aménagements prévus des barrages de Diama et de Manantali.

Une analyse de la situation actuelle de l'agriculture dans les grands périmètres irrigués du bassin du fleuve Sénégal révèle que les facteurs suivants contribuent aux basses productions, et que dans certaines zones, des terres disponibles sont sous-cultivées :

- Des concepts d'aménagement et des méthodes techniques n'ont pas été adoptés tout de suite par les agriculteurs dans les grands périmètres irrigués. Cela se reflète par de faibles rendements par hectare.

- Dans quelques zones, la terre n'a pas été nivelée correctement, ce qui rend impossible une irrigation suffisante.

- Dans quelques zones le sol de surface fut enlevé pendant le nivellement des terres. Les cultures poussent mal sur ces sols infertiles et les rendements sont beaucoup plus bas que sur les sols fertiles de cette même zone globale.

- Les pannes majeures dans l'équipement surviennent dans les stations de pompage pendant les périodes critiques d'irrigation. Par conséquent, les apports d'eau sont insuffisants, les plants vont mal et les productions sont réduites.

- L'organisation logistique est inadéquate. A cause de cela, les activités critiques de production telles que le labour, les semailles etc..., sont programmées tardivement.

- On observe une recrudescence de la *Phyricularia oryzae* dans le riz. Cette maladie est une des causes de la baisse des rendements et son incidence augmente dans les périmètres-paddies qui ne reçoivent pas suffisamment d'eau d'irrigation.

- Les pertes dues aux prédateurs sont lourdes. A l'heure actuelle, le plus grand problème de protection des plants est dû aux oiseaux. Ce problème a été intensifié par les conditions des récentes sécheresses qui ont créé un manque général de nourriture pour les oiseaux. L'oiseau prédateur le plus dangereux maintenant est le Queléa-queléa mais comme de nouvelles cultures sont introduites et que de plus vastes surfaces sont aménagées, d'autres oiseaux deviennent aussi une menace.

## BESOINS EN EAU DES CULTURES

Obtenir les données précises nécessaires à la détermination des besoins en eau exacts d'une culture dans une certaine région demande beaucoup de temps; en outre, c'est une entreprise très difficile et habituellement infaisable. Les conditions climatiques et agronomiques varient grandement d'une région à l'autre. A cause de ces facteurs, diverses méthodes et formules ont été adoptées pour calculer approximativement les besoins en eau des cultures quand la planification des projets agricoles nécessite de telles données.

### Méthodes pour déterminer les besoins en eau des cultures

Les renseignements suivants sont un résumé de la publication de la FAO intitulée "Besoins en eau des cultures" (FAO, 1977 a) et expliquent quelles sont les différentes méthodes utilisées pour prédire les besoins en eau des cultures.

Les besoins en eau des cultures sont définis comme " La profondeur d'eau nécessaire pour compenser les pertes d'eau dues à l'évapotranspiration (Et culture, taux d'évapotranspiration) d'une culture exempte de maladie, poussant dans de grands champs dans des conditions de sol non restrictives qui comprennent l'eau du sol et la fertilité, et obtenant tout son potentiel de production dans le dit environnement ". Un procédé qui comporte trois phases est utilisé pour calculer le taux d'évapotranspiration dans les cultures.

1 - L'impact du climat sur les besoins en eau des cultures est indiqué par le taux d'évapotranspiration dans la culture témoin (ETO). L'ETO est défini comme étant le taux à couvert végétal uniforme de 8 à 15 cm de haut en pleine phase de croissance et dont l'ombre portante recouvre entièrement le sol, les végétaux devant recevoir une alimentation en eau suffisante d'évapotranspiration sur une grande surface. On peut utiliser quatre méthodes pour déterminer les besoins en eau des cultures. Ce sont celles de Blaney-Criddle, de Penman,

celles par radiation et celles par les taux d'évaporation dans des bacs.

ETo est calculé en utilisant des données climatiques moyennes par jour pour des périodes de 30 ou 10 jours. On exprime le ETo en mm par jour et cela représente la valeur moyenne pour cette période.

Une analyse de distribution de fréquence de ETo pour chaque année de record climatique est recommandée, étant attendu que le ETo varie une année sur l'autre ; ainsi, la valeur de ETo choisie pour la planification ne sera pas basée sur des conditions moyennes, mais sur une gamme probable de conditions et sur une évaluation des risques tolérables si les exigences en eau des cultures ne sont pas satisfaisantes.

Le choix d'une méthode de prédiction devrait être basé sur le type de données climatiques disponibles et sur l'exactitude avec laquelle les besoins en eau doivent être prédits. Les données climatiques nécessaires pour chaque méthode sont indiquées au tableau C-3.16.

2. L'effet des caractéristiques des cultures sur leurs besoins en eau est indiqué par le coefficient des cultures ( $K_c$ ) qui établit le rapport entre le taux d'évapotranspiration dans la culture - témoin (ETo) et le taux d'évapotranspiration des cultures (ET culture) ou en d'autres termes  $ET \text{ culture} = K_c \cdot ETo$ .

Le  $K_c$  est choisi pour une culture donnée pour la phase de développement, et pour les conditions climatiques existantes, puis un coefficient de culture est préparé.

Taux d'évapotranspiration dans les cultures (ET culture):

Le ET crop pour chaque période de 30 ou 10 jours est  $K_c \times ETo$ . La phase 2 est répétée pour les différentes variantes de schémas de cultures afin d'atteindre un optimum en fonction du climat, du sol, de la disponibilité en terres et en eau, ainsi que des critères de gestion et de production.

TABEAU C.3-16

METHODES D'ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DES CULTURES ET DONNEES CLIMATIQUES REPRISES POUR CHACUNE (##)

Méthode	Température	Humidité	Vent	Ensoleillement	Radiation	Evaporation	Environ.
Blaney-Criddle	*	0	0	0			0
Radiation	*	0	0	*	(*)		0
Penman	*	*	*	*	(*)		0
Bac d'évaporation		0	0			*	

\* : valeur mesurée      0 = estimation      (\*) : si disponible, non indispensable.

(##) : Source : FAO (1977).

### 3. Facteurs affectant le taux d'évapotranspiration des cultures (ET culture) dans les conditions locales existantes

On détermine l'impact du climat et de ses variations dans le temps et dans l'espace. On évalue la disponibilité en eau du sol, ainsi que les pratiques agricoles et d'irrigation. On considère le rapport entre ET culture et le niveau de la production du culture.

#### La détermination des besoins en eau des cultures pour le Bassin du fleuve Sénégal :

Il est difficile de faire des calculs exacts des besoins en eau des différentes cultures dans diverses parties du Bassin du fleuve Sénégal à cause des conditions climatiques existantes et des trois cycles de saisons (c'est-à-dire saison des pluies, saison sèche, froide, et saison sèche, chaude).

La région du delta est influencée par l'océan, ainsi que le montre les petites différences entre les températures minimale et maximale et les variations dans la saturation de l'air (humidité), ce qui, à son tour régularise les besoins en eau des cultures. Au dessus du delta, des conditions climatiques continentales prévalent, ce qui résulte en des besoins en eau des cultures qui diffèrent de ceux du delta.

Selon Villocel, (Communication personnelle, 1978) du Centre Technique de la S.A.E.D de Saint-Louis, la détermination des besoins en eau des cultures utilisée par la S.A.E.D pour l'irrigation des cultures, est faite selon la formule de PENMAN. La valeur d'évapotranspiration utilisée pour la détermination de la formule de PENMAN est une moyenne des données enregistrées par la F.A.O. à la station expérimentale de Guédé et des données venant de Richard Toll.

A l'heure actuelle, la S.A.E.D utilise les besoins en eau des cultures, ci-après : riz (une seule culture par an) 9 500 mètres cubes par hectare, tomates 12 500 mètres cubes par hectare.

Les attributions totales d'eau pour le riz correspondent aux taux d'irrigation donnés dans la sous-section de cette étude sur les " grands périmètres ", intitulée " Pratiques d'irrigation ". Les besoins en eau des cultures pour trois emplacements dans le Bassin du fleuve Sénégal furent calculés par des chercheurs de la F.A.O. à Guédié (F.A.O., 1977a) en utilisant la formule de PENMAN. Ces données sont indiquées au tableau C.3-17. On peut voir à partir de ce tableau qu'il n'y a pas de différence significative dans les coefficients de culture de la consommation mensuelle totale, pour les trois emplacements. Ces derniers se trouvent tous dans la moyenne vallée, et on montre qu'ils varient en relation avec la culture, sa phase de croissance, la saison de culture et les conditions climatiques existantes. Le taux d'évapotranspiration dans les cultures (ET culture) peut être déterminé en tant que moyenne exprimée en mm par jour, sur une période identique de 30 ou 10 jours. Etant attendu que le même taux d'évapotranspiration est utilisé (ET<sub>0</sub>), les coefficients de cultures indiqués s'appliquent à chacune des quatre méthodes.

L'effet des conditions locales et des techniques agricoles sur les besoins en eau des cultures comprend les impacts locaux des variations climatiques dans le temps, selon la distance et l'altitude, la superficie des champs, l'advection, la disponibilité en eau du sol, la salinité, la méthode d'irrigation, les méthodes et les techniques agricoles, pour lesquelles des données prises sur le terrain sont requises.

On devrait obtenir toute donnée issue d'études-spécifiques sur les besoins en eau des cultures, faites dans la zone agricole concernée, ainsi que toute donnée climatique disponible sur la zone. On devrait vérifier l'exactitude de ces données. On peut y procéder en allant dans n'importe quelle station météorologique ou de recherche de la zone, et en y évaluant les instruments employés, l'environnement et l'emplacement, et les méthodes d'observations et d'enregistrement utilisées. Si l'on dispose de données même limitées provenant de plusieurs stations météorologiques, on peut améliorer l'analyse en préparant des cartes qui incluent des courbes d'égales valeurs des variables climatiques nécessaires.

TABLEAU C.3-17

BESOINS EN EAU DES CULTURES (en mm) (Formule de PENMAN)\*

Location	Mois												Total
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Boghé/Saldé	150	160	230	250	260	240	220	170	160	190	160	140	2 330
Matam	157	155	225	244	260	241	210	176	158	196	156	148	2 336
Podor	159	164	266	254	263	256	244	206	182	198	161	147	2 470

\* : Pour le riz en toutes saisons de l'année.

SOURCE : FAO (1977b).

On devrait obtenir des données relatives au genre de culture, aux phases de développement, et aux techniques agricoles dans la zone du projet.

### 1. Taux d'évapotranspiration dans les cultures-témoin (ETo)

Les données dont on dispose sur le climat et les cultures sont amassées et évaluées et servent de base à l'établissement de la méthode de prédiction pour le taux d'évapotranspiration dans les cultures-témoin (ETo) qui est choisie aussi selon le degré d'exactitude nécessaire.

ETo est calculé pour toute période de 30 ou 10 jours, en utilisant des données climatiques moyennes. L'amplitude et la fréquence des valeurs extrêmes de ETo pour un climat donné, sont analysées.

### 2. Coefficient de culture (Kc)

Le schéma de culture est choisi et l'on détermine la date de plantation ou de semis, le taux de développement des cultures, la durée des phases de croissance des cultures et leur période de croissance.

On choisit et prépare le Kc pour une culture donnée et pour la phase de croissance correspondant aux conditions climatiques qui prévalent. Des chercheurs de la FAO à Guédi calculèrent les besoins en eau de culture de trois emplacements du Bassin du fleuve Sénégal, en utilisant la formule de PENMAN (FAO, 1977a). Les trois emplacements se trouvent tous dans la moyenne vallée du bassin, ainsi les conditions climatiques étaient-elles identiques lors du calcul des besoins en eau. Cependant, l'étude de la FAO (1977b) ne fournit aucune information sur les données climatiques qui ont été insérées dans la formule de PENMAN ou sur les types de sols existant dans les différents emplacements.

Les chercheurs à Guédé ont aussi évalué les besoins approximatifs en eau pour le riz et pour d'autres cultures. Ces données sont indiquées au tableau C.3.18. Il n'y a pas d'explication dans l'étude de la FAO (1977b) sur la manière dont ils sont arrivés à ces calculs approximatifs des besoins en eau.

Le tableau C.3.19 est un résumé global des besoins en eau pour différentes cultures de saisons des pluies et de saison sèche, poussant sur les sols Hollaldé ou fondé, ainsi qu'ils ont été déterminés, par la FAO (1977b). Les calculs, publiés par la FAO, ont donné les besoins en eau en mètres cubes par hectares. Pour les besoins de cette étude, ils ont été convertis en mm/par hectare, pour faciliter la comparaison avec d'autres calculs de besoins en eau mentionnés dans cette section. Ces calculs ne comprennent pas de pourcentage d'efficacité de l'irrigation.

En 1976, Bechtel a calculé les besoins en eau des cultures de la région de Matam, en utilisant la méthode de Blaney-Criddle. Ils choisirent cette méthode de préférence à d'autres pour les raisons suivantes:

- la méthode de Blaney-Criddle nécessite seulement des données de température et de précipitation, et ces données étaient disponibles pour Matam.
- la méthode de Blaney-Criddle est basée sur des essais et des mesures effectués à l'échelon mondial dans des conditions très variées.
- la méthode de Blaney-Criddle s'est avérée pratique, et donne des résultats dignes de confiance, car on l'a utilisée pendant des périodes assez longues dans un grand nombre de pays.

Les besoins en eau des cultures, ainsi qu'ils ont été calculés par Bechtel (1976), sont indiqués aux tableaux C.3.20, C.3.21, et C.3.22. Ces tableaux montrent aussi les besoins en eau, par mois, pour chaque culture, ainsi que les divers

TABLEAU C.3-18

BESOINS APPROXIMATIFS DES CULTURES DE RIZ ET DIVERS (mm)

Culture	Mois												Total
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Riz	150	160	230	250	260	240	220	170	160	190	160	140	2 330
Fourrage/Marai- chage	120	130	185	200	210	190	175	135	130	150	130	110	1 855
Blé	180	80									112	135	507
	155	195	115									100	565
Maïs	180	160				145	175	205	55		95	115	
	120	195	230				135	135	195	65		85	
Sorgho	105	112				170	220	120			112	140	
	150	160	80				155	170	105			100	
Coton						145	245	205	190	150			935
							135	205	190	230	130		890

\* : Besoins en eau en saison humide et saison sèche froide.

SOURCE : FAO (1977).

TABLEAU C.3-19

ESTIMATION DES BESOINS EN EAU DE DIVERS CULTURES

Culture	Mois												Total
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Riz H W						231,0	475,0	351,5	150,5	,5			1 208,5
" H S	331,5	245	320	118							213,5	399	1 627
" FH H						270,5	527	378	166,5	,5			1 342,5
" FH S	385	269,5	347	126,5							253	451	1 805
Blé	262	216	2								86	164	730
Maïs H						111	236	261,5	216	16			840,5
Légumes F	185	197	283	308	320	295	271	209	197	234	197	170	970
Sorgho H						129,5	288	222	134	11,5			780
" FH H					80	221	270	183	26				780
" FH S			71	230	320	260	34						915
" S	178	197	212	76						8	55,5	123	850
Niebe H			6	57	160	240	220	104	33				820
" S		62	215										277
" H	178	197	212	76,5						8	55,5	123	850

H = Humide S = Sec F = Fonde H = Hollalde SOURCE : FAO-1977

TABLEAU C.3-20

BESOINS EN EAU DES CULTURES (mm)

Sorgho		Sorgho	
Saison de culture : du 1/1 au 30/4 Efficacité hydraulique : 60 % et 75 %		Saison de culture : du 1/7 au 31/10 Efficacité hydraulique : 60 % et 75 %	
Mois	f k u r <sub>e</sub> u-r <sub>e</sub>	f k u r <sub>e</sub> u-r <sub>e</sub>	Besoins à la parcelle 60 % 75 %
Jan.	148 0,70 104 0 104	199 0,60 119 91 28	139
Fev.	147 0,90 132 0 132	189 0,80 151 102 49	176
Mars	181 1,10 199 0 199	177 1,00 177 90 87	265
Avr.	195 1,00 195 0 195	181 0,90 163 23 140	260
Mai			
Juin			
Juil.			
Août			
Sept.			
Oct.			
Nov.			
Dec.			
Annuel	671 0,94 630 0 630	746 0,82 610 306 304	840
			507 405

TABLEAU C.3-20 (suite)

Maïs		Blé						
Saison de culture : du 1/6 au 30/9 Efficacité hydraulique : 60 % et 75 %		Saison de culture : du 1/12 au 31/3 Efficacité hydraulique : 60 % et 75 %						
Mois	f k u re u-re	f k u re u-re	Besoins à la parcelle 60 % 75 %					
Jan.		148	0,75	111	0	111	185	148
Fev.		147	1,00	147	0	147	245	196
Mars		181	0,50	91	0	91	152	121
Avr.								
Mai								
Jun	209	0,60	125	42	83			
Juil.	199	0,80	159	91	68			
Août	189	1,00	189	102	87			
Sept.	177	0,90	159	90	69			
Oct.								
Nov.								
Dec.								
Annuel	774	0,82	632	325	307	511	410	
Annuel	626	0,68	424	0	424	0	707	565

TABLEAU C.3-20 (suite)

Niebé		Légumes												
Saison de culture : du 15/1 au 15/4 Efficacité hydraulique : 60 % et 75 %		Saison de culture : les trois saisons Efficacité hydraulique : 60 % et 75 %												
Mois	f	k	u	r <sub>e</sub>	Besoins à la parcelle		Mois	f	k	u	r <sub>e</sub>	u-r <sub>e</sub>	Besoins à la parcelle	
					60 %	75 %							60 %	75 %
Jan.	74	0,40	30	0	30	50	Jan.	148	0,70	104	0	104	173	139
Fev.	147	0,75	110	0	110	183	Fev.	147	0,70	103	0	103	172	137
Mars	181	1,05	190	0	190	317	Mars	181	0,70	127	0	127	212	169
Avr.	98	1,10	108	0	108	180	Avr.	195	0,70	137	0	137	228	183
Mai							Mai	216	0,70	151	0	151	252	201
Juin							Juin	209	0,60	125	42	83	138	111
Juil.							Juil.	199	0,60	119	91	28	47	37
Août							Août	189	0,60	113	102	11	18	15
Sept.							Sept.	177	0,60	106	90	16	27	21
Oct.							Oct.	181	0,60	109	23	86	143	115
Nov.							Nov.	165	0,70	116	0	116	193	155
Dec.							Dec.	150	0,70	105	0	105	175	140
Annuel	500	0,88	438	0	438	730	Annuel	2157	0,66	1415	348	1067	1778	1423

Légende : f = facteur d'évapotranspiration k = coefficient d'évapotranspiration  
u = coefficient d'évapotranspiration u-r<sub>e</sub> = pluviométrie enregistrée  
u-r<sub>e</sub> = quantité d'eau d'irrigation à délivrer.

SOURCE : BECHTEL (1976).

TABLEAU C.3-21

RIZ EN SEMIS DIRECT

Saison de culture : du 15/1 au 31/5  
 Efficacité hydraulique : non applicable.

Mois	f	k	u	re	u-re	Humidité	?	Pertes par percolation	Besoins en eau à la parcelle
Jan.	74	0,50	37	0	37	100	150	0	137
Fev.	147	1,00	147	0	147		50	269	566
Mars	181	1,00	181	0	181			298	529
AVR.	195	1,00	195	0	195			288	483
Mai	216	1,00	216	0	216			98	314
Juin									
Juill.									
Août									
Sept.									
Oct.									
Nov.									
Dec.									
Annuel	813	0,95	776	0	776	100	200	953	2 029

Tableau C.3-21 (suite)

Mois	F	K	U	re	U-re	Humidification	Remblage	Pertes dues à la Percolation	Besoins en eau pour l'agriculture
Janvier									
Février									
Mars									
Avril									
Mai									
Juin									
Juillet	100	0,5	50	46	4	100		0	104
Août	189	1	189	102	87		100	298	485
Sept.	177	1	177	90	87		100	288	475
Octob.	181	1	181	23	158			298	456
Novemb.	83	1	83	0	83			88	171
Décembre									
Total									
Annuel	730	0,93	680	261	419	100	200	972	1 691

Légende :

F = facteur de consommation

K = coefficient de consommation

U = consommation

re = pluies effectives

u-re = Quantité d'eau devant être obtenue par irrigation

Source : Bechtel (1976)

TABLEAU C.3-22

RESUME DES BESOINS EN EAU D'IRRIGATION (en mm)

	% de la superficie	Besoins pondérés à la parcelle										Annuel				
		Jan.	Feb.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil	Août	Sept.	Oct.		Nov.	Dec.		
<u>Sols HOLLALDÉ</u>																
Riz en semis direct																
Hivernage	100								104	485	475	456	171			1 691
Saison sèche	80	110	453	421	386	251										1 621
Sorgho	20	35	44	66	65											210
TOTAL	200	145	497	487	451	251			104	485	475	456	171			3 522
<u>Sols Fondé</u>																
Irrigation de surface																
Maïs, hivernage	50							69	57	73	58					257
Sorgho, hivernage	45								21	37	65	105				228
Blé, saison sèche	60	111	147	91										75		424
Niébé, saison sèche	35	18	64	111	63											256
Légumes, hivernage	5							7	2	1	1	7	10			28
Légumes, saison sèche	5	9	9	11	11	13								9		62
TOTAL	200	138	220	74	74	13	76	80	111	124	112	10	84			1 255

SOURCE : BECHEL (1976).

facteurs utilisés pour les calculs Bechtel (1976) a estimé les besoins en eau d'après un taux d'efficacité de 60 %, ce qui est un taux raisonnable pour les systèmes d'irrigation de surface. (les chiffres donnés pour une efficacité de 75 % sont pour l'irrigation par aspersion-. Le tableau C.3.22 donne la moyenne pondérée des besoins en eau (tels qu'ils figurent aux tableaux C.3.20 et C.3.21) pour les schémas de culture que l'on espère voir se développer sur les sols Hollaldé et fondé Bechtel (1976) a estimé que ces quantités (réparties par mois, ainsi qu'indiqué) fourniront la quantité adéquate d'eau pour les programmes de culture aussi bien que pour toute déviation normale à partir des programmes que l'on pourrait raisonnablement prévoir.

On devrait remarquer que les besoins approximatifs pour le riz nécessitent des quantités additionnelles d'eau pour saturer la couche superficielle, inonder les périmètres-paddies et remplacer les pertes dues à la percolation tout en maintenant l'inondation pendant la saison de culture. Ces besoins supplémentaires en eau ne s'appliquent pas aux cultures non inondables, et les taux d'efficacité de l'irrigation ne s'appliquent pas non plus aux besoins en eau du riz puisque le facteur d'inefficacité (pertes dues à la percolation) a été considéré directement dans les besoins globaux de cette culture.

Les statistiques des besoins en eau des cultures, ainsi qu'indiquées par le Groupement Manantali (1977) figurent au tableau C.3.23. Le Groupement Manantali est arrivé à ces chiffres grâce à un procédé de synthèse des données brutes spécifiques venant d'études précédentes sur l'agriculture et également grâce à des études sur le terrain.

L'Equipe d'Aménagement Agricole a analysé et comparé les estimations des besoins en eau des cultures établies par la FAO, BECHTEL, et par le Groupement Manantali pour arriver aux conclusions suivantes:

TABLEAU C.3-23

ESTIMATION DES BESOINS NETS EN EAU DES CULTURES (mm/ha)

Cultures	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	TOTAL
----- Saison des pluies -----													
Riz	ETP	271	360	367	112	205							1 315
	Besoins	250+50	390+80	360+40	140+40								640
Maïs	ETP	143	258	214	20								635
	Besoins	140	260	200	40								640
Coton	ETP	111	211	230	146	34							722
	Besoins	110	210	230	150								700
Sorgho	Besoins	63	204	267	181	71							786
Légumes et fruits	Besoins	156	108	93	180	141							678
----- Saison sèche -----													
Riz	ETP					230	180	221	289	318	324	194	1 562
	Besoins					200+50	200+60	230+40	310+60	400+40	380+100	190+40	2 300
Blé	ETP					70	180	212	156	21			639
	Besoins					70	180	220	170				640
Maïs	ETP					72	140	176	157	34			579
	Besoins					70	160	190	180	50			650
Sorgho	ETP					78	91	138	137	68			512
	Besoins					70	110	140	150	80			550
Niébé	ETP					57	129	140	223	213	140		902
	Besoins					70	130	140	200	200			740
Légumes et fruits	Besoins					107	141	146	170	224	184	184	1 156
----- Cultures annuelles -----													
Canne à sucre		257	206	192	177	225	161	127	206	206	257	257	2 398
Fourrages		357				286	286	214	214	286	357	357	2 714

SOURCE : Groupement Manantali (1977).

1 Les données établies par la FAO (tableaux C.3.17-18 et 19) sont inconsistantes et inacceptables.

2 Les données établies par Bechtel (tableaux C.3.20, 21, et 22) sont réalistes, cependant, elles ont été établies spécifiquement pour les cultures de la région de Matam.

3 Les données établies par le Groupement Manantali (tableau C.3.23) étaient basées sur une considération du Bassin tout entier du Fleuve Sénégal, et permettent un programme viable de culture double pour une période d'aménagement de 50 ans. L'Equipe d'Aménagement Agricole estime que ces besoins en eau des cultures devraient répondre, d'une manière adéquate, aux exigences d'un aménagement à long terme, pour satisfaire les besoins agricoles et économiques très variés des Etats-membres de l'O.M.V.S.

Puisque des données relatives au Coefficient de consommation mensuelle par les cultures ( $K_q$ ) n'étaient pas mentionnées dans l'Etude du Groupement Manantali (1977), ces données ont été établies par l'Equipe d'Aménagement Agricole. Les calculs sont basés sur l'équation de Blaney-Criddle, ainsi qu'elle a été modifiée par la FAO (1977).

#### L'origine des courbes de Coefficients de culture

Dans l'équation originelle de Blaney-Criddle (1950), le facteur de consommation ( $f$ ) est calculé à partir de la température moyenne ( $T$ ) et du pourcentage ( $p$ ) du nombre total annuel d'heures de lumière survenant pendant la période considérée. Un coefficient empirique de consommation par les cultures ( $K$ ) est ensuite appliqué pour fixer les besoins en eau ( $c_u$ ). Cependant, comme l'impact du climat sur les besoins en eau des cultures s'est avéré être insuffisamment déterminé par la température et la durée du jour (différentes expériences ont montré que les besoins en eau des cultures varieront largement sous des climats ayant des valeurs identiques de  $T$  et  $p$ ), la FAO (1977a) a modifié la méthode

en incluant les niveaux généraux d'humidité, d'heures de soleil, et de vent, de même que des données de température mesurée, ce qui améliore la prédiction de l'impact du climat sur l'évapotranspiration.

On définit le coefficient de culture par  $K_c$ .

Les valeurs de  $K_c$  varient selon les différentes phases de culture. La F.A.O. décrit les quatre phases suivantes de croissance des cultures :

1. Phase initiale : germination et croissance hâtive quand la surface du sol n'est pas ou est à peine recouverte par la culture (sol couvert < 10 %).
2. Phase de développement : A partir de la fin de la phase initiale jusqu'à l'obtention d'un sol couvert à pleine capacité (sol couvert atteint à peu près 70 - 80 %). On peut reconnaître dans le champ le début de la phase de mi-saison quand la culture aura couvert 70 à 80 % du sol, ce qui, cependant, ne signifie pas que la culture a atteint sa hauteur de maturité. On considère qu'il y a couverture totale du sol lorsque le coefficient  $K_c$  est proche de sa valeur maxima.
3. Phase de mi-saison : Entre la couverture totale du sol et le début de maturation, ainsi qu'indiqué par la décoloration des feuilles (pour les haricots) ou par la chute des feuilles (pour le coton). Pour quelques cultures, cela peut aller jusqu'à une période proche de la récolte, (betteraves à sucre) à moins que l'irrigation ne soit pas appliquée en fin de saison et qu'une réduction dans le taux d'évapotranspiration ( $ET_{culture}$ ) ne soit occasionnée pour augmenter les productions et/ou la qualité (pour la canne à sucre, le coton, et quelques céréales); normalement, bien après la phase de fleuraison des cultures annuelles.
4. Phase de fin de saison : A partir de la fin de la phase de mi-saison jusqu'à la pleine maturité ou la récolte.

Pour dériver les valeurs de  $K_c$  et leurs changements selon les saisons, on doit connaître certains faits :

1. La date de plantation/semence
2. Durée de la phase de développement de chaque culture.

Groupement Manantali (1977) a établi ou estimé les dates de plantation et a donné la durée des différentes phases de croissance pour les cultures du Bassin du Fleuve Sénégal. En utilisant l'équation de Blaney-Criddle (1950), modifiée par la FAO (1977) et en y insérant les données du Groupement Manantali, les courbes de coefficients de culture ont été déterminées pour chaque culture et sont indiquées dans les figures C.3-9, C.3-10, C.3-11, et C.3-12.

Puisque l'on dispose de données concernant le pourcentage de chaque culture dans l'hectare théorique et le coefficient de culture pour chaque mois, il est possible de calculer une "moyenne pondérée" de Kc sur une base mensuelle. Par exemple, en février: il y a 0,12 (12%) dans le riz (Kc = 1,15 à l'époque)

0,17 dans le blé (Kc = 0,45), 0,03 dans la canne à sucre (Kc = 1,05), 0,04 dans le niébé (haricots) (Kc = 1,05), 0,04 dans les tomates (Kc = 0,6), 0,14 dans les fourrages (Kc = 0,95), 0,13 dans le maïs (Kc = 0,4), et 0,13 dans le sorgho (Kc = 1,1).

On voit que 0,80 (80 %) sont en culture, avec 0,2 (20 %) de sol nu. Donc, le Kc moyen appelé  $\overline{Kc}$  crop est donné par :

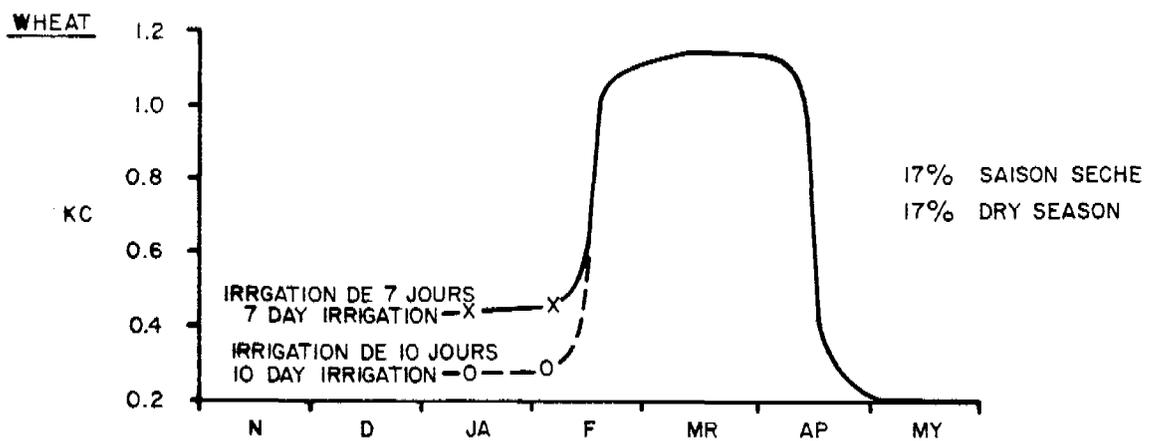
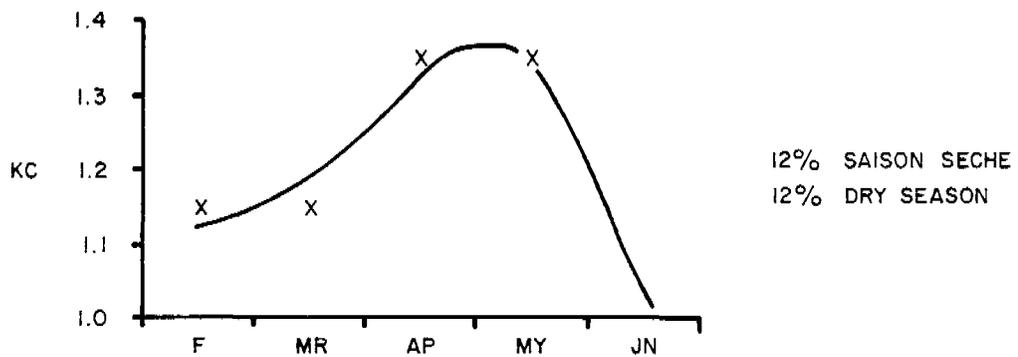
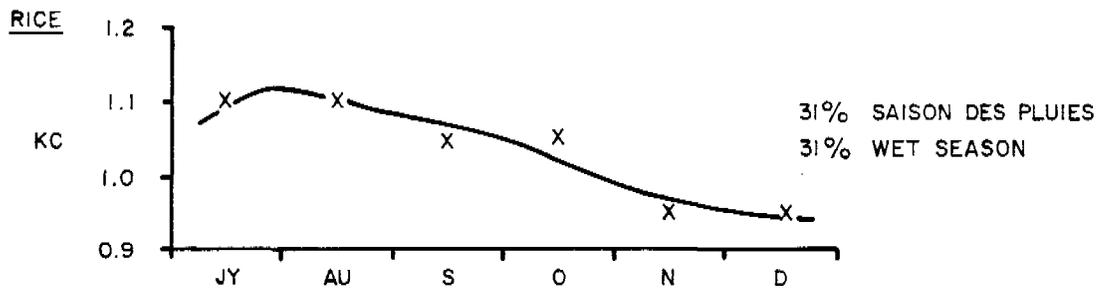
$$0,8 \overline{Kc} \text{ culture} = (0,12 \times 1,15) + (0,17 \times 0,45) + (0,03 \times 1,05) + (0,04 \times 1,05) + (0,04 \times 0,6) + (0,14 \times 0,95) + (0,13 \times 0,4) + (0,13 \times 1,1) = 0,629$$

$$\text{ou alors } \overline{Kc} \text{ culture} = 0,629/0,8 \approx 0,8$$

Si l'on considère que le sol nu a un Kc de 0,25 (FAO, 1977), donc pour l'hectare tout entier, le Kc, appelé  $\overline{Kc}$  total

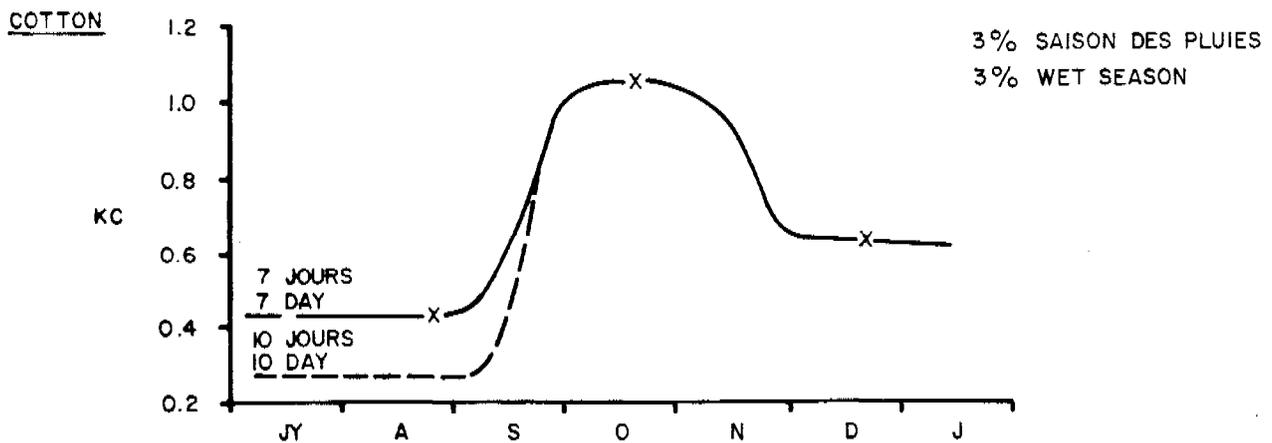
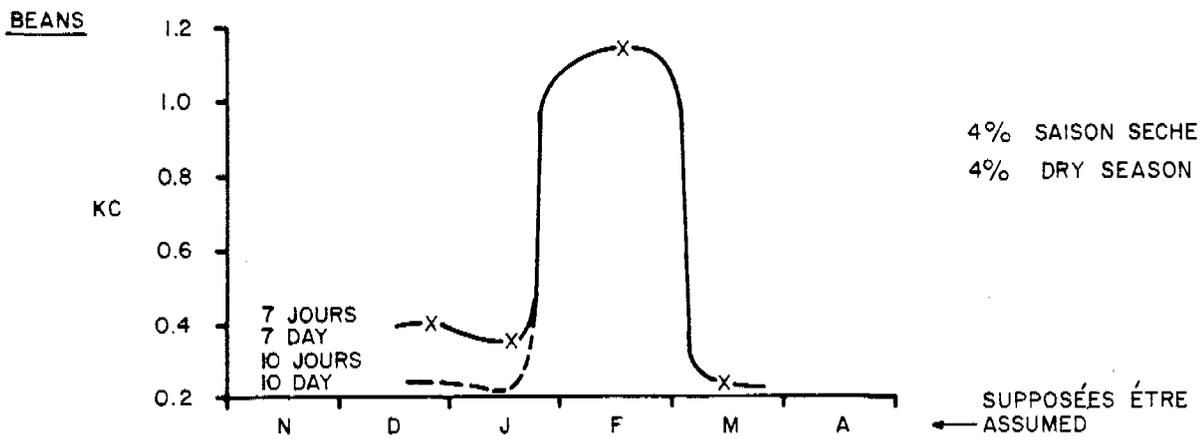
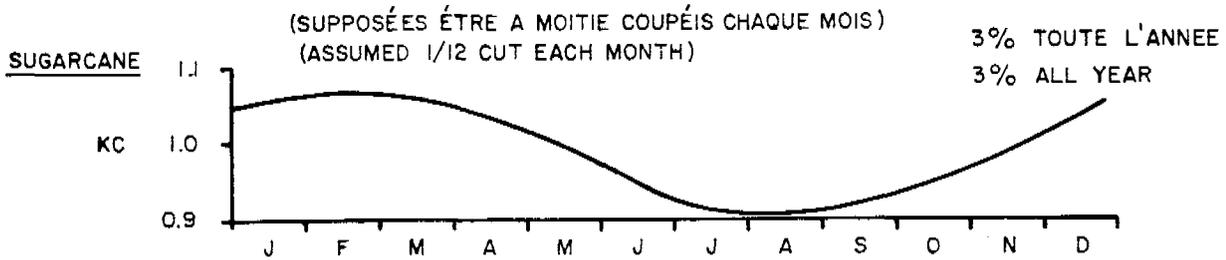
## COURBES DE COEFFICIENTS DE CULTURES POUR LE RIZ ET LE BLE

### CROP COEFFICIENT CURVES RICE AND WHEAT



COURBES DE RAPPORTS ENTRE LES CULTURES  
DE CANNE A SUCRE, DE HARICOTS ET DE COTON

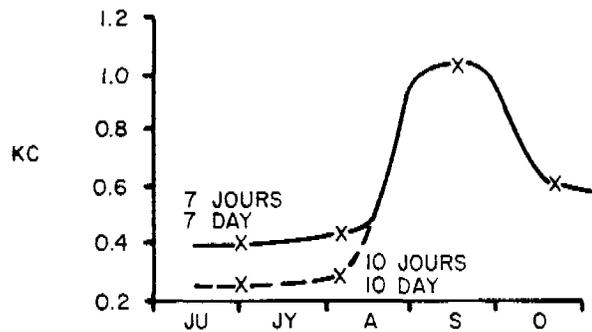
CROP COEFFICIENT CURVES  
SUGARCANE, BEANS AND COTTON



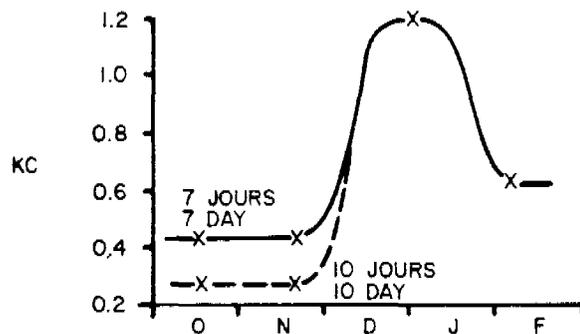
COURBES DE RAPPORTS ENTRE LES CULTURES  
DE TOMATES ET DE FOURRAGE

CROP COEFFICIENT CURVES  
TOMATOES AND FORAGE

TOMATOES

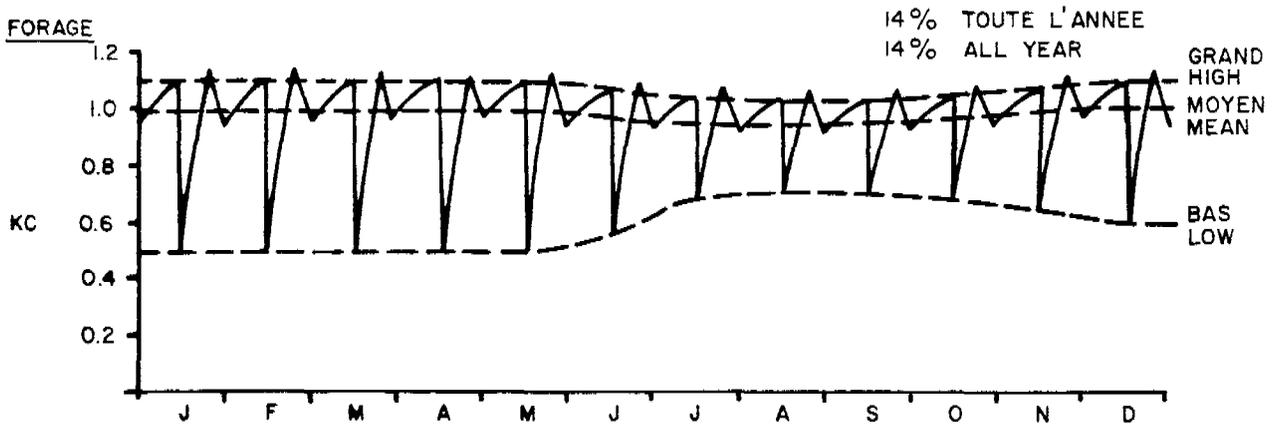


3% SAISON DES PLUIES  
3% WET SEASON



4% SAISON SECHE  
4% DRY SEASON

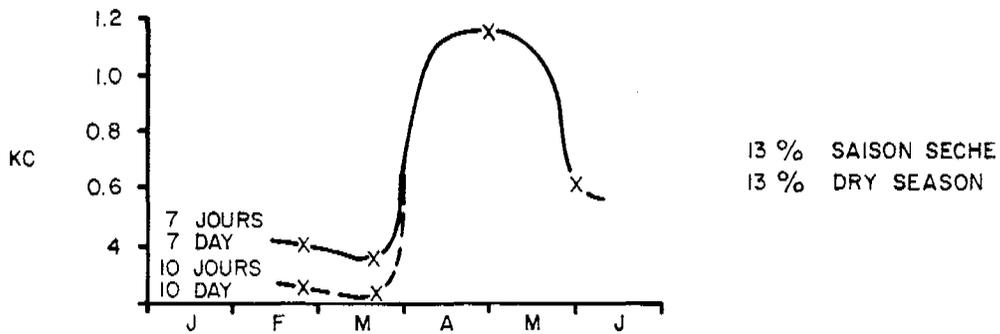
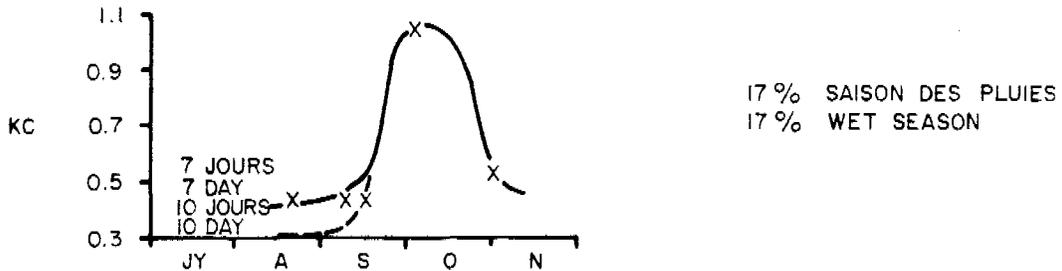
FORAGE



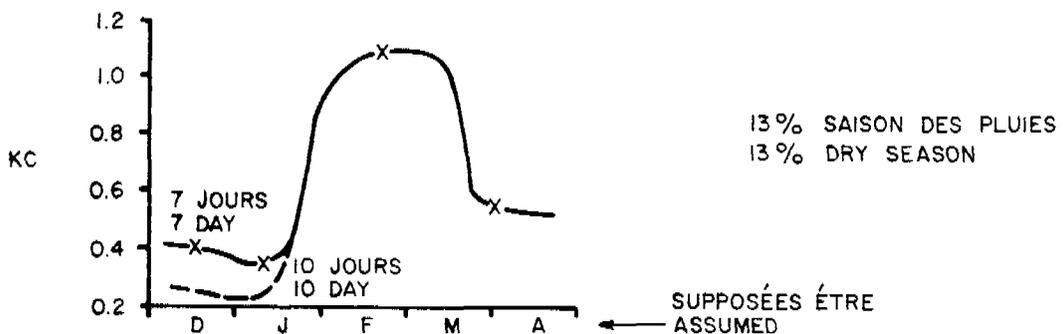
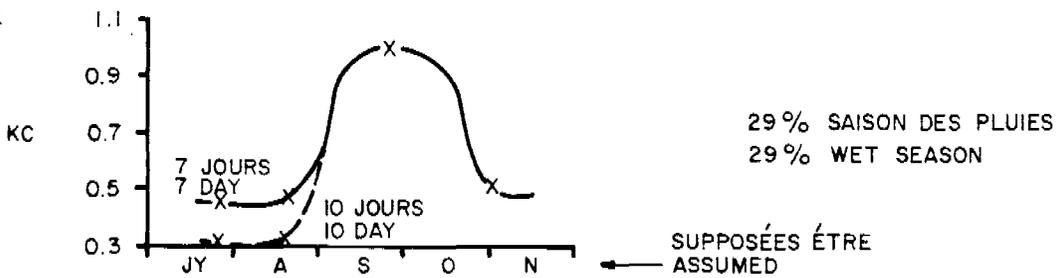
COURBES DE RAPPORTS ENTRE LES CULTURES  
DE MAIS ET DE SORGHO

CROP COEFFICIENT CURVES  
CORN AND SORGHAM

CORN



SORGHUM



est obtenu par :

$$\overline{K_c} \text{ total} = 0,629 + (0,2 \times 0,25) = 0,7$$

En utilisant la méthode ci-dessus, on en déduit le tableau suivant (en arrondissant le  $K_c$  à 0,05 au plus près, étant donné qu'une plus grande exactitude n'est pas garantie et qu'elle serait erronée) :

Tableau C-3.24

Valeurs moyennes de coefficients mensuels

J. F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
$\overline{K_c}$ culture										
0,6 0,8	1,0	0,9	0,7	0,9	0,80	0,75	0,9	0,95	0,7	0,9
$\overline{K_c}$ total										
0,5 0,7	0,85	0,7	0,5	0,3	0,7	0,75	0,9	0,95	0,7	0,65

### TECHNIQUES D'IRRIGATION - GRANDS PERIMETRES

Les grands projets d'irrigation de la S.A.E.D. dans le delta, (ceux des périmètres de Dagana et de Nianga) nécessitent qu'un programme d'irrigation soit maintenu 24 heures sur 24 à cause de l'étendue des surfaces. Cela ne signifie pas, cependant, que chaque agriculteur doive être disponible tout le temps.

L'opération des systèmes complexes des canaux principaux d'irrigation, à l'inclusion des stations de pompage, sont du ressort du personnel de la S.A.E.D. Quand l'eau arrive au module, l'agriculteur assume la responsabilité de sa distribution dans les parcelles de riz. Cela est réalisé par manipulation des autres systèmes de canalisation. Un assistant en irrigation du département de la vulgarisation donne des instructions à l'agriculteur sur la manière d'opérer le module et de le régulariser selon les besoins en eau de la culture à un moment particulier de la saison. L'eau venant du module, entre dans un canal tertiaire qui contient un distributeur à vannes.

Cette structure contrôle l'écoulement de l'eau, généralement vers trois canaux séparés qui la dirigent vers les canalisations des champs d'où elle est subséquentement guidée vers les parcelles de riz.

La première irrigation des parcelles est faite à une cadence de pré-irrigation de 6,3 l./sec. par hectare pendant deux jours. Quand l'eau diminue et atteint un niveau de 5 à 10 cm, l'agriculteur sème les graines de riz pré-germées à la volée dans l'eau.

Une fois que la graine est fixée dans les parcelles, à peu près 10 à 12 jours après la première irrigation, on procède à une seconde irrigation à une cadence de 2,1 l./sec. par hecta-

re pendant 14 jours. Le régime d'application de l'eau est ensuite réduit à 1,1 l./sec. par hectare, par jour, pendant deux mois et demi. Cette irrigation constante compense les pertes par évaporation et par drainage interne. On évalue à 10 876 m<sup>3</sup>/hectare la quantité totale d'eau utilisée pendant cette période. Après cette phase de développement des plants, l'eau est drainée hors des parcelles et la récolte est commencée à peu près dans les 20 jours qui suivent.

On a noté quelques inadéquations dans l'exploitation des réseaux d'irrigation existant dans les périmètres.

Celles-ci sont :

- Manque d'un manuel d'irrigation pour les projets individuels ou pour les périmètres. Un manuel d'irrigation donne des renseignements sur la granulométrie des sols de surface, sur le taux d'infiltration des applications d'eau, et sur les durées à observer.

- L'agriculteur n'est pas formé convenablement aux techniques d'irrigation et à la gestion de l'eau,

- l'agriculteur ne s'est pas encore adapté au système sophistiqué d'irrigation. Il utilise l'eau à tort et à travers.

- Les systèmes d'irrigation ne sont pas équipés de débitmètres ni même de simples appareils de mesure de vitesse moyenne de l'eau dans les canalisations.

- Les systèmes existants n'utilisent pas les ressources d'eau d'une manière efficace, les pertes d'eau sont extrêmes. D'après VILLOCEL (Communication personnelle, 1978) 20 % de l'eau seraient perdus dans le système de canalisation entre la station de pompage et le point de distribution d'eau à la parcelle. Ce chiffre semble être une sous-estimation pour un système d'irrigation qui est totalement sans revêtement et construit dans un matériau perméable. Les pertes approximatives d'un système d'adduction sans revêtement sont habituellement fixées entre 35 et 40 % (MC JUNKIN, 1975).

- Les parcelles ne sont pas nivelées correctement. A cause de cela, quelques zones de Boundoum Nord ne sont pas cultivées. Dans le périmètre Nianga, des variations de 40 à 50 cm du niveau d'eau dans les parcelles ont été observées pendant l'irrigation. Pour un bon contrôle des niveaux d'eau, la tolérance est plus ou moins de 5 cm (O.M.V.S., 1977).

- La maintenance du système d'adduction n'est pas faite annuellement.

- Le Département de Vulgarisation est trop petit et son personnel n'a pas reçu une formation assez poussée qui lui permettrait à son tour d'éduquer et de guider les agriculteurs d'une manière effective.

Une analyse des besoins du service de vulgarisation et les suggestions pour l'améliorer sont indiquées au chapitre G intitulé PLAN D'ACTION.

Etant donné que les pratiques d'irrigation sont directement liées à l'utilisation de l'eau du fleuve Sénégal, il est approprié à cette heure, de mentionner certains faits relatifs à la qualité des eaux dans le fleuve Sénégal.

On sait que pendant la saison sèche, l'eau en aval de Dagana ne peut être utilisée à des fins d'irrigation, à cause de sa teneur en sel. Cependant, l'eau du fleuve en amont de Dagana est propice à l'irrigation à condition que l'on contrôle son utilisation. La salinité totale à 25 °C varie de 56 à 86 micromhos. L'eau est légèrement minéralisée et le PH est quelque peu élevé, s'étalant entre 7,25 et 9,6.

La qualité des eaux pose quelques problèmes dans les régions de Boghé et de Kaédi. L'eau venant de Bakao Akibé contient ce que EATON (1950) appelle "du carbonate de sodium résiduel" (la somme de la teneur en  $\text{CO}_3$  et  $\text{CO}_3\text{H}$  est plus grande que la somme de  $\text{CA}^{++}$  plus  $\text{MG}^{++}$ ).

Dans ce cas, la teneur en  $\text{CO}_3$  est de 8 me tandis que

la somme de Ca et de Mg est de 0,63 me. Cela signifie qu'il y a possibilité de formation de carbonate alcalin, commençant par  $\text{CO}_3\text{H}$  dans l'eau et Na et K. Cela pourrait entraîner l'alcalinisation des sols irrigués. Le même problème existe à Kaédi (Voir tableau C-3.25 - F A O, 1973).

L'utilisation de ces eaux pourrait mener à la dispersion des argiles, ce qui rendrait les sols impénétrables. Les eaux sont, en effet, près du seuil-limite qui engendrerait une telle dispersion. La turbidité de l'eau est un bon paramètre de cette caractéristique. Le lent mouvement de l'eau offre suffisamment de temps pour qu'il y ait sédimentation quand les conditions favorisent la floculation.

Il est impossible de déterminer à cette heure l'ampleur de ce problème, mais les potentialités de problèmes futurs devraient être analysées. Il y a l'avantage que l'acide faible  $\text{CO}_3\text{H}$ , rendrait soluble le phosphate tricalcique. Ce dernier se trouve en abondance dans les dépôts alentours et son utilisation éliminerait le besoin d'importer comme il se fait à l'heure actuelle plus de super phosphate triple.

On peut conclure que la qualité des eaux dont on dispose, ne présente pas de problèmes insurmontables. On recommande que la qualité des eaux du fleuve soit analysée périodiquement en divers points du fleuve.

### Utilisation des engrais

Bien que les engrais soient généralement peu utilisés, le Sénégal en est de loin le plus grand consommateur, car il utilise plus d'engrais que les 5 autres pays sahéliens réunis.

Les tableaux C-3.26 et C-3.27 (IFDC, 1977) indiquent la consommation d'engrais du Sénégal, par région, pour les années 1962 à 1975, et le pourcentage de la consommation totale, par région, pour les mêmes années. On voit à partir du tableau C-3-26 que la région du bassin du fleuve Sénégal est l'une des régions du Sénégal où l'utilisation d'engrais est au troisième rang, par ordre décroissant.

### Taux d'application des engrais, pour le riz dans le bassin du fleuve Sénégal :

En règle générale, dans le bassin du fleuve Sénégal, les taux d'application saisonniers d'engrais pour une culture de riz, ne varient pas grandement d'une zone à une autre ou entre les grands périmètres et les petits.

Au Sénégal, la pratique habituelle est d'utiliser entre 150 et 200 kg/hectare de phosphate d'ammonium (18-46-0) et 50 kg/hectare de chlorure de potassium, qui sont tous deux employés avant la mise en plants, soit répandus, à la volée par l'agriculteur, soit disséminés par une machine. L'urée, un engrais à base d'azote, est utilisée comme supplément à ceux cités plus haut, et on l'emploie généralement à un taux de 150 à 200 kg/hectare en trois applications séparées. La première application qui représente 50 % de la quantité totale, est faite juste avant le repiquage. Ensuite, on recouvre la parcelle d'eau pour initier la croissance des plants et pour activer les engrais. (Voir Tableau C-3.28.)

TABLEAU C.3-25

## ANALYSE DE L'EAU DU FLEUVE SENEGAL \*

Paramètre	Emplacement		
	Kaédi	M'Bayne-Bodj	Diama
Conductivité (micromhos)	69	82	21 830
pH	7,6	9,6	-
Résidus sec (mg/l)	69	59	-
Ca	0,27	0,23	7,4
Mg	0,46	0,31	44,1
K	0,03	0,03	5,69
Na	0,08	0,14	186
CO <sub>3</sub> H	0,90	0,55	1,5
Cl	0,24	0,38	217,8
SO <sub>4</sub>	traces	0,15	22,59

\* : on prit des échantillons à Kaédi le 19/03/1964, à M'Bahne-Bodj le 21/02/1964 et à Diama le 15/03/1969.

TABLEAU C.3-26

ESTIMATION PAR REGION DE L'UTILISATION D'ENGRAIS AU SENEGAL (Tonnes) \*

Année	Sine Saloum	Diourbel	Thiès	Casamance	Fleuve	Sénégal Oriental	Cap Vert	TOTAL
1962	13 800	5 100	3 400	1 400	200	700	200	24 800
1963	17 300	2 900	2 700	1 100	300	2 000	200	26 500
1964	29 100	3 200	2 700	1 300	200	1 000	300	37 800
1965	23 600	3 600	3 000	500	300	600	300	31 900
1966	33 900	6 400	5 200	1 000	800	1 300	500	49 100
1967	43 900	8 600	6 000	900	1 100	1 700	600	62 800
1968	23 300	3 400	7 600	1 100	900	1 200	500	38 000
1969	10 100	5 100	4 200	1 600	1 700	1 500	700	24 900
1970	6 900	2 400	2 700	1 300	100	1 300	--	14 700
1971/1972/1973 **								
1974	25 800	9 300	13 200	10 800	3 500	2 800	1 100	66 500
1975	37 500	18 900	17 700	9 400	4 500	4 300	600	92 900

\* Adapté de IFDC, 1977

\*\* Données par région non disponibles pour ces 3 années.

Utilisation totale : 1971 = 29 200  
 1972 = 49 100  
 1973 = 44 200

TABLEAU C.3-27

REPARTITION (en pour-cent) PAR REGION DE L'UTILISATION  
D'ENGRAIS AU SENEGAL \*

Année	Sine Saloum	Diourbel	Thiès	Casamance	Fleuve	Sénégal Oriental	Cap Vert
1962	55,6	20,7	13,7	5,6	0,8	2,8	0,8
1963	65,3	10,9	10,2	4,2	1,1	7,5	0,8
1964	77,0	8,5	7,1	3,4	0,5	2,7	0,8
1965	74,0	11,3	9,4	1,6	0,9	1,9	0,9
1966	69,0	13,1	10,6	2,0	1,6	2,7	1,0
1967	69,9	13,7	9,6	1,4	1,8	2,7	0,9
1968	61,3	8,9	20,0	2,9	2,6	3,2	1,3
1969	40,6	20,5	16,9	6,4	6,8	6,0	2,8
1970	46,9	16,3	18,4	8,8	0,7	8,9	
1971/1972/1973**							
1974	38,8	14,0	19,8	16,2	5,3	4,2	1,7
1975	40,4	20,4	19,1	10,1	4,8	4,6	0,6

\* : Adapté de IFDC, 1977

\*\* : Données par région non disponibles pour ces trois années.

TABLEAU C.3-28

APPORTS D'ENGRAIS (en tonnes) AU COURS DE SIX PROGRAMMES CONSECUTIFS DE LA SAED\*

Engrais	Année					
	1972 / 73	1973 / 74	1974 / 75	1975 / 76	1976 / 77	1977 / 78
Urée	160,05	260,05	264,15	1 655	725,00	1 640,621
16-48-0	139,25	257,75	416,50	1 680	1 850,70	1 044,409
0-45-0	-	-	-	-	-	-
Sulfate d'ammoniaque	-	-	1,95	-	-	-
K C L	28,70	58,70	198,05	655	1 444,50	350,111
Triple Super Phosphate	78,30	60,00	-	65	-	-
4-0-48	8,75	42,45	-	-	-	-
Phosphate tricalcique	-	-	-	683	-	-
TOTAL	415,05	678,95	880,65	4 738	4 020,20	3 102,041

\* : Données fournies par le Directeur Général de la S.A.E.D.

Une seconde application, qui représente 25 % de la quantité totale, est faite pendant la phase de tallage . Les 25 % qui restent sont appliqués pendant la phase de formation des panicules.

En Mauritanie, les taux standard d'application des engrais pour le riz dans tous les périmètres irrigués qui existent, sont : phosphate d'ammonium, 110 kg/hectare pour la période antérieure au repiquage; ensuite 160 kg/hectare d'urée, en trois applications, 60 kgs/hectare pendant la phase de tallage, 50 kg/hectare 15 ou 20 jours après, et 50 kg/hectare pendant la phase de formation des panicules.

Taux d'application des engrais pour les autres cultures :

Pour les tomates, la totalité des engrais est appliquée avant le semis. On dissémine les engrais, ensuite on laboure légèrement le champ pour recouvrir les engrais. Les taux d'application sont : 200 kg/hectare de phosphate d'ammonium (18-46-0), 200 ks/hectare d'urée et 350 kg/hectare de chlorure de potassium.

Les taux d'application des engrais pour le blé sont de 150 kg/hectare de phosphate d'ammonium (18-46-0) et de 250 kg/hectare d'urée, qui sont appliqués en trois fois.

Les hauts taux d'application par hectare d'engrais azotés utilisés actuellement dans le bassin du fleuve Sénégal indiquent une pauvre fertilité du sol.

### Utilisation de pesticides et d'herbicides

Il semble que l'on ait identifié la plupart des principales variétés d'insectes et de plantes nuisibles au riz et aux autres cultures communément exploitées à l'heure actuelle au Mali, en Mauritanie et au Sénégal. Au fur et à mesure que de nouvelles cultures sont introduites, il est essentiel d'entreprendre des études sérieuses pour déterminer les potentialités de destruction des nouvelles variétés d'insectes et de plantes nuisibles, ou des dangers que représentent les espèces actuellement existantes pour les nouvelles cultures.

Virtuellement toutes les cultures agricoles affrontent un problème sérieux et complexe dû aux insectes nuisibles et les pertes de cultures sont fortes dans le bassin du fleuve Sénégal, certainement au delà des limites tolérables. Jusqu'à présent, des quantités relativement faibles d'insecticides ont été utilisées dans les trois états membres de l'O.M.V.S. et cela n'a pas provoqué de bouleversements majeurs sur la faune comme il en a été le cas dans d'autres régions du monde.

Dans le plupart des régions des trois états, les fermes sont petites (à l'exception de quelques périmètres irrigués dans le delta qui sont à un stage d'aménagement situé entre le moyen périmètre et le grand), quelque peu isolées et comportent une variété dans les cultures, ce qui a permis un certain équilibre de l'écosystème.

A l'heure actuelle, à peu près 11.800 hectares sont aménagés pour les cultures irriguées.

Les consommateurs ne sont pas sophistiqués au point d'exiger des produits qui n'ont pas été touchés par des insectes ou qui n'ont pas été endommagés par ces derniers, Parce qu'un

approvisionnement adéquat en nourriture bon marché est plus important que l'apparence du produit, il y a peu de pression de la part du consommateur quant à l'utilisation de pesticides non toxiques. L'agriculteur qui pratique une culture de subsistance ne peut également se permettre d'utiliser des pesticides, bien qu'il en aurait besoin. Le tableau C-3<sup>29</sup> dresse une liste des types et des quantités de pesticides utilisés pendant les quatre dernières années par les agriculteurs dans le cadre du programme de la S.A.E.D. au Sénégal.

A partir de ce tableau, on peut voir qu'une quantité significative fût appliquée pendant la saison 1975-1976 mais que le total fût faible pour les autres années. La Mauritanie et le Mali réunis n'ont qu'un total de 1 832 hectares irrigués et bien qu'il ne fût pas possible d'obtenir des données spécifiques sur les quantités totales annuelles des divers pesticides utilisés par les agriculteurs de ces deux pays dans leur portion du bassin du fleuve Sénégal, on sait quand même que l'utilisation des pesticides n'est pas extensive.

Le peu de renseignements que l'on a pu obtenir indiquent que les insecticides organochlorés sont normalement les produits chimiques de choix quand des insecticides sont utilisés. Le BHC (HCH) et le DDT sont des produits très efficaces et très utilisés pour le contrôle des insectes térébrants des tiges (Seramia Sp et Maliarpha separatella) qui sont un problème sérieux partout en Afrique en ce qui concerne la riziculture. Le Diazinon (Basudin) et l'endosulfan, qui sont des insecticides organo-phosphorés, sont utilisés en quantités limitées pour contrôler les insectes-térébrants des tiges.

SASSER et AL (1972) rapportèrent de leurs visites dans certains pays africains (Sénégal, Niger, Mali, Ghana, Nigéria, Kenya, Tanzanie et Ethiopie) que l'on y est convaincu de la nécessité d'utiliser les produits organochlorés à cause de leur période d'action relativement longue sur les cultures, ainsi qu'à cause de leur sécurité de manipulation et de leur coût plus bas.

TABLEAU C.3-29

UTILISATION DES PESTICIDES DANS LE BASSIN DU FLEUVE SENEGAL  
PROGRAMME DE LA SAED  
(Tonnes)

Produit utilisé	Saison			
	1973/74	1974/75	1975/76	1976/77
DDT	457	1,95	66	-
Hepta	-	-	3	2
BHC (HCH)	-	-	3	5
<b>TOTAL</b>	<b>457</b>	<b>1,95</b>	<b>72</b>	<b>7</b>

Cependant, beaucoup de travailleurs ont exprimé leur inquiétude au sujet de l'utilisation continue de tels insecticides à cause de leur probables effets négatifs sur la faune et sur les autres aspects de l'environnement. A partir de la saison de culture 1975-1976, le Sénégal a interdit l'utilisation du DDT en agriculture.

Le tableau C-3-30 indique les données pour l'utilisation des herbicides dans les périmètres S.A.E.D. pendant les 3 dernières saisons.

Le tableau C-3-31 est une liste des différents pesticides avec leurs taux d'application, qui sont actuellement utilisés dans les trois états membres de l'O.M.V.S.

A cause de la quantité globale relativement faible des pesticides et herbicides employés présentement dans le bassin du fleuve Sénégal, on n'a pas discerné d'effets sur l'environnement, issus de l'utilisation de ces produits chimiques. Quelques organismes, tels que l'Institut International d'Agriculture Tropicale d'Ibadan (International Institute of Tropical Agriculture) travaillent avec des insecticides organophosphorés et de sels d'acide carbonique qui se décomposent plus vite. On devrait fortement recommander leur utilisation dans le bassin du fleuve Sénégal aussi bien que dans d'autres régions du monde parce que leurs effets globaux sur l'environnement seraient sans grande conséquence.

TABLEAU C.3-30

HERBICIDES UTILISES PAR LA SEAD  
(en litres).

Nom du produit	Saison		
	1975/76	1976/77	1977/78
Stam F3,4	2 100	2 125	436
2,4,5 T*	ND	ND	ND
TOTAL	2 100	2 125	436

On n'utilise à l'heure actuelle aucun herbicide pour le contrôle des mauvaises herbes, au Mali ou en Maritanie.

\* : Utilisé mais pas de statistiques disponibles.

ND : Non disponible.

TABLEAU C.3-31

PESTICIDES SPECIFIQUES ET TAUX D'APPLICATION UTILISES DANS LES  
ETATS MEMBRES DE L'OMVS

Composé	Taux d'application		
	Sénégal	Mauritanie*	Mali
<u>DDT **</u> (insecticide)	15 kg/ha en poudre		
<u>HCH 75 %</u> (insecticide)	11 kg/ha, en poudre		45 kg/ha, en poudre (sauterelles)
<u>Lindane</u> (insecticide)	4 kg actifs dans 200 litres d'eau	4 kg actifs/ha dans 200 litres d'eau	
<u>Diazinon</u> (Basudin 60) (insecticide, Nematicide)	20 kg/ha, en poudre		
<u>Methomyl</u> (Lannate 90) (insecticide)	15 kg/ha dans 400 litres d'eau		
<u>Endosulfan</u> (insecticide acaricide)	800 gr actifs dans 150/200 litres d'eau		
<u>Difolatan</u> (fongicide)	5 litres/ha dans 200 litres d'eau.		
<u>Stam F-3,4</u> (fongicide) (Bemal S)			16 kg/hectare
<u>Parathion</u> (pour le con- trôle des oi- seaux).	1 litre dans 400 litres d'eau (par avion épandage).		
<u>Malathion</u> (insecticide) (Zithiol)			2 kg/hectare
<u>Lyndfor</u>			2 kg/hectare
<u>Benomyl</u> (fongicide) (Benlate)			15 kg/hectare

\*\* : utilisation en Agriculture interdite à partir de l'année de cul-  
ture 1976-1977.

\* : Statistiques disponibles très limitées sur les taux d'applica-  
tion des pesticides.

## Problèmes de drainage et de Salinité

### Introduction

En agriculture, le terme " drainage " réfère au retrait de l'eau en excédent et des sels des terres agricoles. Pour établir une distinction entre le processus de drainage naturel et ceux qui ont été conditionnés ou changés par l'homme, le terme " drainage artificiel " est utilisé quand on fait référence à ce dernier.

Tout aménagement agricole irrigué doit considérer le besoin de retirer les eaux en excès et les sels; un programme de contrôle global et efficient de l'eau et de la salinité ne peut être accompli qu'en incluant le drainage comme partie intégrante de la planification et de l'aménagement.

Le drainage et la salinité sont des problèmes liés, en ce qui concerne les terres irriguées. Les besoins de drainage sont accrus si le sol ou l'eau d'irrigation contiennent des sels, ou s'il y a une nappe phréatique peu profonde et saline. Il est nécessaire d'établir la profondeur minimum permise de la nappe phréatique qui permettra un lessivage adéquat et empêchera la concentration de sel dans la zone racinaire.

La profondeur de la nappe phréatique doit être telle que la remontée des eaux souterraines salines dans la zone racinaire soit réduite ou éliminée. Quand les besoins de drainage sont établis, on doit ensuite se pencher sur les problèmes de contrôle de la salinité et donc l'irrigation, le lessivage et les pratiques de gestion du sol. Un système de drainage doit au moins être capable d'enlever du sol l'équivalent de la quantité d'eau adéquate qui doit passer par la zone racinaire pour maintenir un équilibre favorable en sel.

Les facteurs principaux qui contribuent à l'élévation des nappes phréatiques sont la sur-irrigation, les filtrations à partir du système de transport, et les pertes normales d'irrigation. La plupart du temps les élévations de nappes phréatiques sont dues aux pertes issues des canalisations.

La manière la plus effective de contrôler les pertes de canalisations est de revêtir les canalisations. Bien que cela soit un procédé coûteux, l'utilisation - dans plusieurs cas - d'un revêtement au moins en sol compacté ou en argile peut être financièrement justifiable. Une amélioration dans le contrôle de l'eau d'irrigation prévient les pertes de cette importante ressource et a d'autres avantages, tels que celui de conserver les matières nutritives du sol. Quant aux pertes normales d'irrigation, bien qu'elles contribuent à l'élévation de la nappe phréatique, elles sont quand même nécessaires, car l'application d'un peu plus d'eau que celle nécessaire aux plants permet une profonde percolation dans la nappe phréatique, ce qui extrait les sels nocifs par lixiviation et crée une force pour parer à la capillarité phréatique ascendante des éléments de la nappe peu profonde, empêchant ainsi l'évaporation en surface et l'accumulation de sels nocifs dans la zone racinaire.

Les problèmes et les circonstances spéciales rencontrées durant l'analyse des surfaces de nappes souterraines libres et celle des éléments des nappes phréatiques sont nombreux, mais les mêmes lois fondamentales de fonctionnement prévalent. La première couche inférieure à lente perméabilité et généralement continue en dessous de la surface du sol détermine habituellement le comportement de la surface de nappe souterraine libre dans n'importe quelle zone irriguée. Si cette couche inférieure est assez proche de la surface (dans l'ordre de 1,5 à 3 mètres) - comme c'est le cas dans la zone du delta du Bassin du fleuve Sénégal - les capacités d'emménagement, pour les eaux percolées, sont très limitées.

La nappe souterraine libre empiétera rapidement sur la zone racinaire, à moins que les sols au-dessus de la couche inférieure soient assez perméables pour permettre un libre mouvement vertical de l'eau et qu'il y ait un gradient des terres assez important pour permettre un bon mouvement latéral de l'eau.

On peut tolérer des capacités de conductivité de l'eau inférieures et des gradients de terres plus plats, dans les couches surjacentes et dans le sous-sol, à condition que la barrière à lente perméabilité soit assez profonde pour fournir suffisamment d'espace d'emmagasinage au dessus d'elle et que le volume moyen d'eau se déplaçant latéralement hors de la zone, soit aussi important que la quantité qui y pénètre.

La quantité moyenne d'eau pénétrant en profondeur équivaut à l'accroissement de la percolation dans la nappe phréatique (égale à une profondeur d'à peu près 2 cm 5 u par irrigation sur les terres irriguées) est habituellement suffisante pour empêcher les terres d'avoir pendant de trop longues périodes une teneur excessive en eau. Là où la couche inférieure à lente perméabilité est proche de la surface, le même volume d'eaux percolées devra être drainé en quelques jours, sinon après chaque irrigation les terres deviendront incultivables dû à leur teneur excessive en eau.

#### Variations des conditions de drainage et de salinité dans le Bassin du fleuve Sénégal

Le réseau du fleuve Sénégal commence dans une zone montagneuse où les précipitations sont grandes et les pentes fortes. Les sols sont ici en prédominance de texture grossière, et ont une bonne conductivité hydraulique. Ces facteurs résultent en un bon drainage interne des sols, et en une nappe phréatique profonde qui contient peu de sels. Au fur et à mesure que l'on se dirige vers l'aval, les propriétés géomorphologiques de la terre, l'hydrologie du courant ainsi que le climat changent.

Le gradient des terres varie entre celles qui sont raides, légèrement ondulées puis plates, les textures de sols deviennent plus fines au fur et à mesure que la conductivité hydraulique diminue et que la pluviométrie décroît, et par conséquent le drainage naturel interne du sol et de la couche souterraine devient de plus en plus faible.

On trouve une nappe phréatique peu profonde et hautement saline dans les parties basses du bassin. Les variétés de sels trouvées dans l'eau du fleuve sont aussi nombreuses le long du cours du fleuve. Dans la région supérieure ou région à terrasses, les carbonates prédominent, dans la région centrale ou région du champ d'inondation, ce sont les sulfates, et dans la région inférieure appelée le delta, ce sont les chlorures (qui sont les sels les plus solubles). De plus amples informations au sujet de la qualité des eaux du fleuve Sénégal, sont fournies dans l'étude sur la qualité des Eaux.

La géomorphologie du delta est un important facteur affectant l'aménagement agricole de cette région. L'histoire géologique du delta indique que cette région a toujours été un ancien golfe.

C'est aussi une région de tassement. Le delta fut l'objet d'au moins trois transgressions marines pendant l'ère quaternaire. De ce fait, des sédiments fins (limons et argile) surgirent, couvrirent les résidus de sel de l'océan et maintinrent les poches d'eau salée dans les cuvettes (AUDIBERT, 1970). Khatib (1971) a étudié l'influence sur l'agriculture des zones affectées par le sel et de celles rendues incultivables par leur teneur excessive en eau; il a ainsi rapporté que l'intrusion d'eau salée et la submersion des terres basses par l'eau de mer provoquent la salinisation de la nappe phréatique et des sols dans les zones côtières.

Les sols ayant une teneur excessive en eau se développent dans les terres basses où de mauvaises caractéristiques de drainage interne et de (mauvaises caractéristiques) physiques du sol

existent. On trouve généralement ces conditions dans les plaines d'inondation et du delta des fleuves, et le delta du fleuve Sénégal est typique.

### Description des sols salins et de leurs impacts sur les cultures

L'analyse suivante des conditions du sol, des propriétés chimiques du sol et des effets du sel sur les cultures, est fournie pour procurer une meilleure compréhension des problèmes de drainage et de salinité reliés au delta du fleuve Sénégal.

Les sols salins prédominent partout dans la zone du delta. Les zones salines - alcalines apparaissent peu souvent. La description de ces sols ainsi qu'elle figure dans le manuel " 60 " de l'U.S.D.A (Département Américain de l'Agriculture) (Richards, 1954) est la suivante :

- Sols salins : On utilise le terme "salin " en rapport avec les sols pour lesquels la conductivité de la zone de saturation est supérieure à 4 micromhos par centimètre à 25 ° C, et le pourcentage de sodium échangeable inférieur à 15.

D'ordinaire, le Ph est inférieur à 8,5. Ces sols correspondent aux sols "alcalins blancs " de Hilgard (1906) et aux " solonchaks " des pédologues russes. Quand le drainage est adéquat, les sels solubles en excès peuvent être enlevés par lessivage et les sols redeviennent normaux.

Les caractéristiques chimiques des sols classés comme salins sont principalement déterminées par la variété et la quantité des sels présents. Le nombre de sels solubles présents contrôle la pression osmotique de la solution du sol.

Le sodium comprend rarement plus de la moitié des cations solubles et donc il n'y a pas un très grand phénomène d'absorption. Les quantités relatives de calcium et de magnésium présentes dans la solution du sol et dans le complexe absorbant peuvent varier considérablement. Le potassium soluble et

le potassium échangeable sont, d'ordinaire, des constituants mineurs, mais à l'occasion il se peut qu'ils soient des composants majeurs. Les anions principaux sont le chlorure, le sulfate, et quelquefois le nitrate. De petites quantités de bicarbonate peuvent être présentées, mais des carbonates solubles sont presque invariablement absents.

En plus des sels immédiatement solubles, les sols salins peuvent contenir des sels de faible solubilité, tels que le sulfate de calcium (gypse) et les carbonates de calcium et de magnésium (calcaire). Dû à la présence excessive de sels et à l'absence de quantités significatives de sodium échangeable, il y a généralement un processus de floculation dans les sols salins; et, conséquemment, la perméabilité est égale ou supérieure à celle de sols similaires non salins ".

Sols salins - alcalins On désigne comme salins-alcalins des sols pour lesquels la conductivité de la zone de saturation est supérieure à 4 micromhos par centimètres à une température de 25°C et le pourcentage de sodium échangeable supérieur à 15. Ces sols se forment à la suite des processus réunis de salinisation et d'alcalinisation.

Tant que les sels en excès sont présents, l'apparence et les propriétés de ces sols sont généralement identiques à ceux des sols salins.

Dans des conditions d'excès de sels, les teneurs en Ph sont rarement plus élevées que 9,5 et les particules restent floculées. Si les sels solubles en excès sont lessivés en profondeur, les propriétés de ces sols peuvent changer remarquablement et devenir identiques à celles des sols non-salins-alcalins. Comme la concentration saline dans la solution du sol est plus basse, une partie du sodium échangeable s'hydrolyse et forme de l'hydroxide de sodium. Cela peut se transformer en carbonate de sodium par réaction avec du dioxyde de carbone absorbé de l'atmosphère. De toutes manières, le lessivage peut rendre le sol fortement alcalin (des teneurs

de Ph supérieures à 8,5), disperser les particules, et rendre ainsi le sol défavorable à l'entrée et au mouvement de l'eau et à la culture.

Bien que le retour des sels solubles puisse abaisser la teneur en Ph et rétablir la floculation des particules, la gestion des sols salins-alcalins continue d'être un problème jusqu'à ce que les excès de sels et de sodium échangeable soient enlevés de la zone racinaire et qu'une condition physique favorable du sol soit ré-établie.

Les sections suivantes traitent de la façon dont le sel affecte ces cultures et de la récupération des sols salins; elles ont été extraites et constituent un résumé de l'ouvrage intitulé " Drainage des Terres Agricoles (USDA, 1972) (Département américain de l'agriculture).

#### Effet des sels sur les cultures

Les concentrations en sel du sol ou des eaux d'irrigation affectent les plants en interférant avec l'osmose qui est un procédé par lequel ces plants puisent leur eau du sol. Dans des conditions non-salines, les fluides à l'intérieur des racines des plants forment une solution plus concentrée que celle des eaux du sol, et la pression différentielle (pression osmotique) est toujours présente. La force de succion du sol affecte aussi la différence nette de pression.

Quand la pression osmotique est présente, le passage de l'eau du sol vers l'intérieur des racines des plants suffit à leur croissance. Quand les sols deviennent salins, la concentration en sel des eaux du sol s'accroît et s'approche de la concentration des fluides des plants, réduisant ainsi le passage de l'eau vers l'intérieur des plants.

Si la solution de l'eau du sol devient trop concentrée, l'osmose est réduite au point que les plants fanent. Cela explique pourquoi des plants peuvent se faner même s'ils sont submergés.

A cause de cette interférence avec l'osmose, le contrôle de la salinité est vital aux activités agricoles. Les problèmes de salinité sont habituellement associés à l'irrigation dans des zones arides, et quand on conçoit et exploite des projets d'irrigation dans de telles zones, on doit prévoir des structures adéquates pour le maintien de l'équilibre en sel.

#### Récupération des sols salins et alcalins.

Dans la plupart des zones humides, où les précipitations sont élevées, la majeure partie des sels solubles sont lessivés du sol. Dans les zones de basse précipitation, la salinité et l'alcalinité sont des problèmes communs.

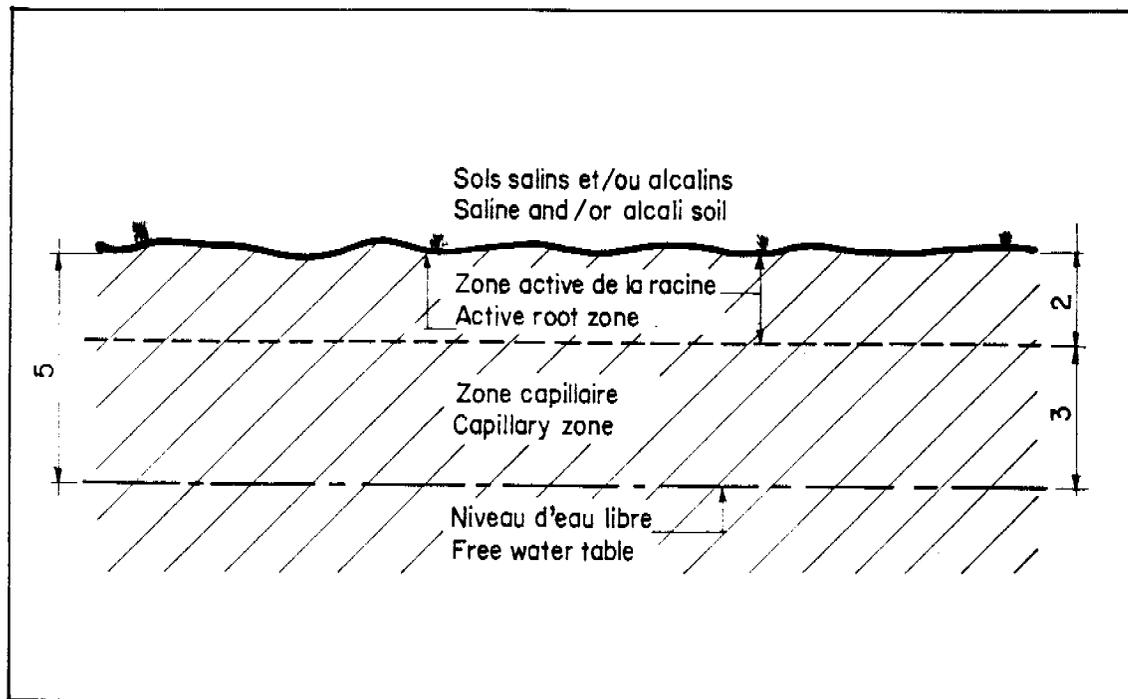
Les sols avec un pourcentage élevé en sels solubles, peuvent être récupérés par un procédé de lessivage et de drainage. Les sols alcalins (ceux avec un pourcentage relativement élevé de sel de sodium) ne sont pas immédiatement remis en état par lessivage, et demandent habituellement des amendements chimiques, en plus du lessivage.

Pour la récupération des sols salins ou alcalins, il est nécessaire d'installer un système de drainage adéquat. Le drainage des sols salins et alcalins requiert d'habitude des drains plus profonds que ceux utilisés pour des sols neutres ou acides.

Cela est dû au fait que les sels nocifs que l'on trouve dans les zones salines et alcalines montent vers la zone racinaire par capillarité et qu'ils réduisent ainsi la profondeur utilisable de la zone. La profondeur requise pour les drains dans les zones salines dépend quelque peu de la remontée capillaire dans les sols et les sous-sols de la région.

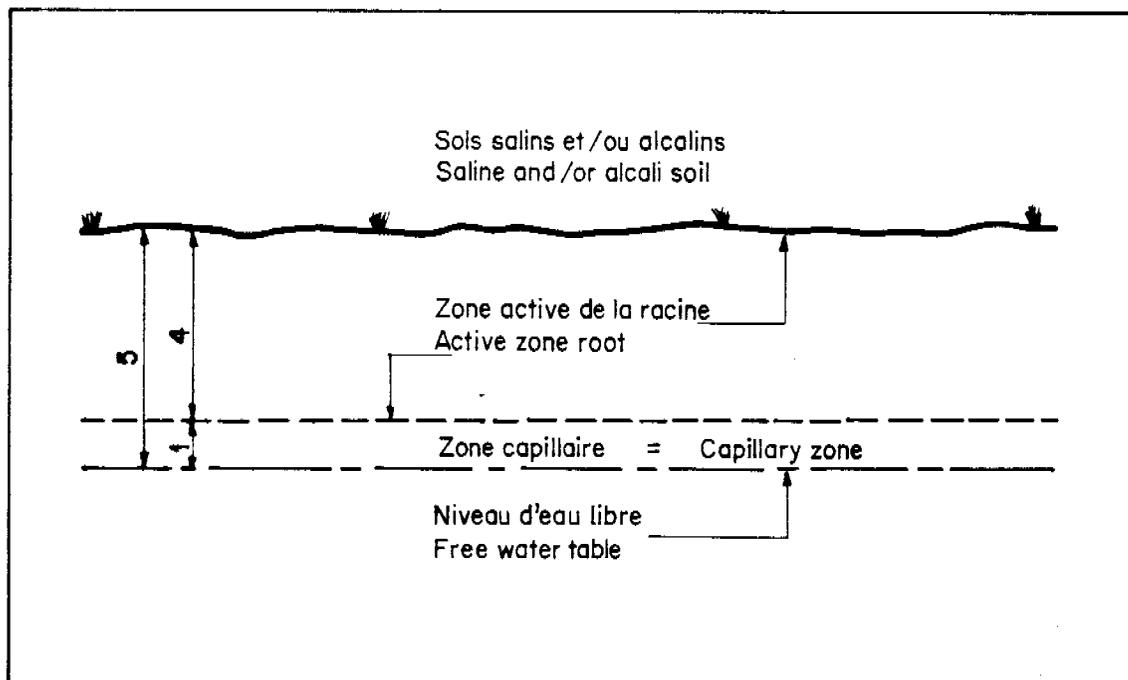
Les sols avec une grande ascension capillaire nécessiteront des drains plus profonds que des sols avec une faible ascension capillaire, à supposer qu'il existe un niveau de la nappe souterraine d'eau libre à la même profondeur. Cela est illustré par les figures C.3.13 et C.3.14.

PROFIL DE SOL INDIQUANT LINE GRANDE CAPILLARITE  
 SOIL PROFILE SHOWING HIGH CAPILLARITY



Source : USDA, SCS, (1973)

PROFIL DE SOL INDIQUANT UNE FAIBLE CAPILLARITE  
 SOIL PROFILE SHOWING LOW CAPILLARITY



Source : USDA, SCS, (1973)

Les sols peuvent être salins, alcalins, ou peuvent combiner les deux propriétés. Chaque type de sol requiert des procédés différents pour sa récupération. Il est très important que le type exact de sol de la zone concernée soit identifié pour déterminer si des mesures outre l'approvisionnement suffisant en eau pour le lessivage et le drainage souterrain adéquat sont nécessaires ou non. Dans quelques cas, si des mesures additionnelles, (telles que les amendements chimiques) sont requises, il peut ne pas être économique de récupérer la zone pour le projet particulier considéré.

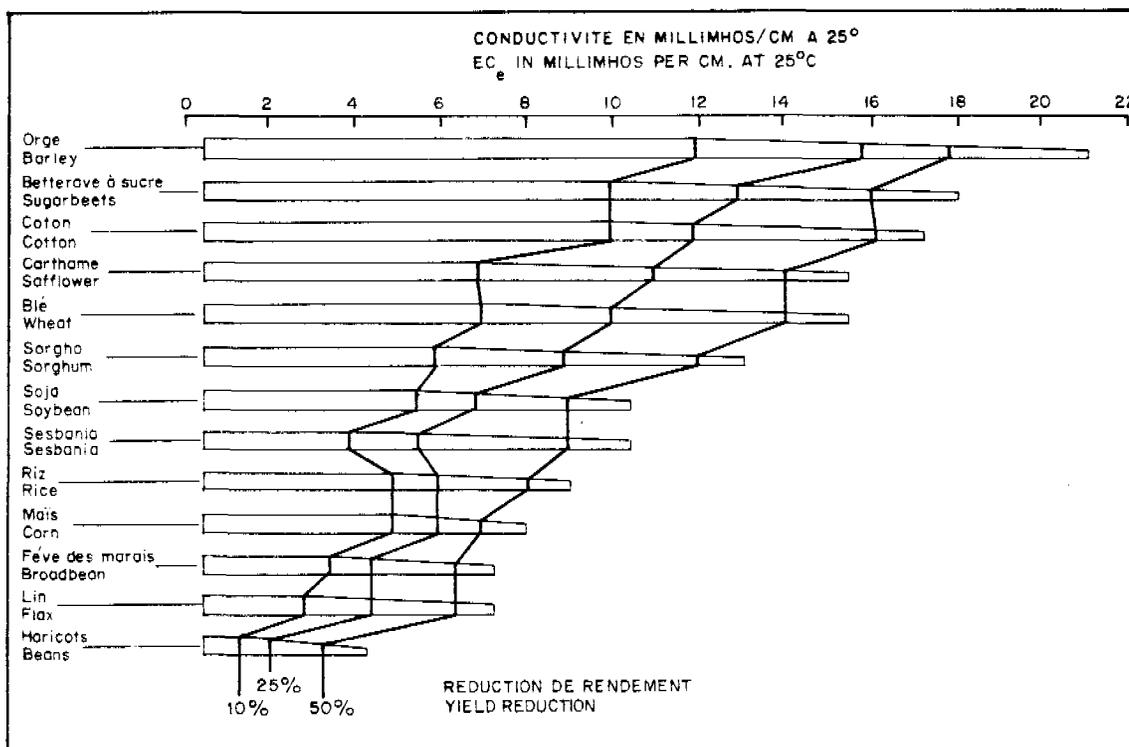
Si la récupération des terres salines ou alcalines par procédé de drainage souterrain adéquat et de lessivage, additionné aux amendements chimiques requis - s'avère financièrement impossible, on pourrait alors utiliser la terre en plantant des cultures ayant une grande tolérance au sel, ou, dans des cas de salinité extrême, en plantant des cultures fourragères adaptées.

Les figures C.3.15, C.3.16, et C.3.17 montrent la tolérance au sel des cultures de plein champ, maraichères et fourragères. La largeur de la case près de chaque culture indique l'impact de l'accroissement de la salinité sur les productions des cultures. Le tableau C.3.32 indique la capacité de tolérance au sel des cultures fruitières. Les cultures dans chaque catégorie sont classifiées par ordre décroissant de tolérance au sel.

#### Drainage de surface, Périmètres irrigués du Bassin du fleuve Sénégal

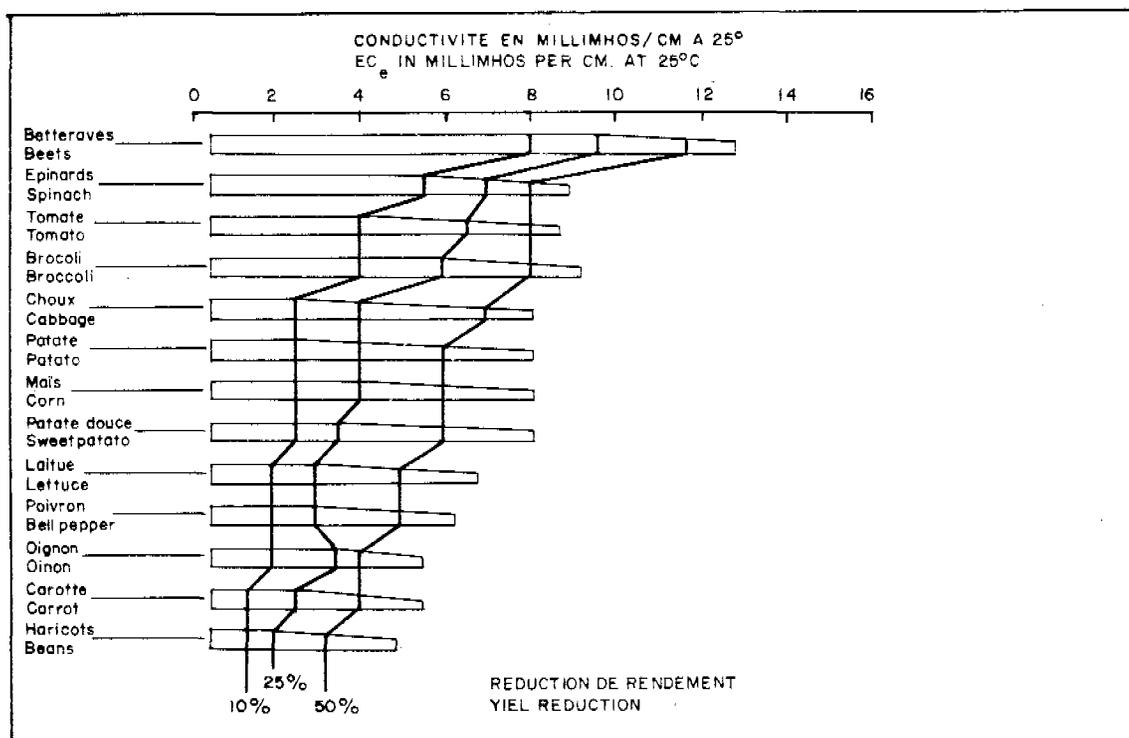
Un drainage de surface adéquat (L'écoulement des excès en eau sur la surface du sol) est particulièrement important pour des cultures maraichères, mais est aussi nécessaire à la culture du riz pour contrôler les algues et la salinité dans les périmètres-paddies.

## TOLERANCE AU SEL DES CULTURES DES CHAMPS SALT TOLERANCE OF FIELD CROPS



Source : USDA , SCS, 1973

## TOLERANCE AU SEL DES CULTURES DE LEGUMES SALT TOLERANCE OF VEGETABLE CROPS



Source : USDA , SCS, 1973

## TOLERANCE AU SEL DES CULTURES DE FOURRAGE SALT TOLERANCE OF FORAGE CROPS

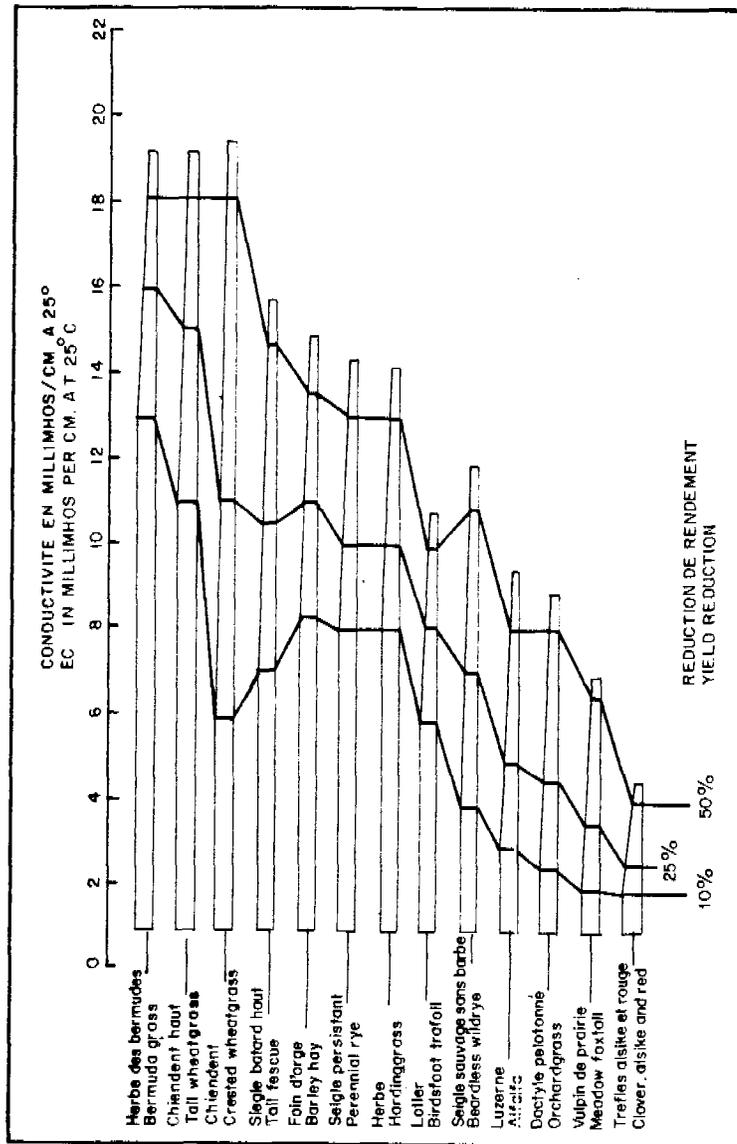


TABLEAU C.3-32

## RESISTANCE RELATIVE DES CULTURES FRUITIERES A LA SALINITE

Cultures	Conductivité Electrique (CE) des solutions de sol saturé qui correspond à une chute des rendements d'environ 10 pour-cent (1).
	----- Millimhos par centimètre à 25°C.
Palmier-dattier	8
Grenadier ) Figuier ) Olivier )	4-6 (2)
Vigne	4
Melon cantaloup	3,5
Oranger, pamplemoussier, citronnier	2,5 (3)
Pommier, poirier	2,5
Pruniers, pêcher, abricotier, amandier	2,5
Murier commun et de Boysen, framboisier	2,5-1,5
Avocatier	2
Fraisier	1,5

SOURCE : USDA, 1972

- 1/ - pour les sols grypseux, les valeurs de CE pour un degré de salinité donné sont supérieures d'environ 2 millimhos par centimètre comparativement aux sols non grypseux. Dans les sols grypseux on enregistre une chute des rendements à 10 millimhos/cm pour les palmiers-dattiers, à 6 millimhos/cm pour les vignes, etc...
- 2/ - Estimations.
- 3/ - Le citronnier est moins résistant que l'oranger et le pamplemoussier. Le framboisier est moins résistant que le murier commun ou le murier de Boysen.

Le drainage de surface dans le delta est faible. Cela est dû à la faible pente des sols de surface généralement dirigée à l'opposé du fleuve. La topographie naturelle de la surface des terres est irrégulière avec très peu de relief.

Nombre des grands périmètres de la SAED dans le delta, sont maintenant équipés d'un système de drainage de base, consistant d'un réseau de canalisations de surface qui sont situées au bout de chaque parcelle. Les drains de surface se dirigent vers une canalisation de collecte à ciel ouvert, ou encore appelée drain (principal) secondaire, qui éventuellement intercepte un drain principal ouvert. Les canalisations secondaires et principales sont plus profondes que celles de surface, afin de fournir un écoulement libre vers l'extérieur.

Les périmètres du delta sont protégés par des digues pour repousser les eaux d'inondation du Fleuve Sénégal. Cependant, ces digues permettent aussi aux eaux d'irrigation de rester à l'intérieur des périmètres, une situation qui pourrait devenir un problème sérieux, particulièrement pendant la saison d'inondation. Dans beaucoup de périmètres du delta, les drains principaux vident les eaux effluentes dans les marigots existants. Pendant la phase d'inondation du fleuve, le niveau de l'eau dans ces marigots est supérieur à celui des drains principaux, ce qui empêche une évacuation adéquate des eaux effluentes des drains et pourrait rendre les terres des périmètres incultivables à cause de leur teneur excessive en eau. Cette situation est davantage aggravée par la présence d'une nappe phréatique élevée et par le fait que la culture du riz est irriguée pendant la saison d'inondation.

En Mauritanie, le périmètre de M'Pourie de la SONADER possède un système complet de drainage qui est similaire en conception, à celui des périmètres du delta, de la SAED. M'Pourie est situé sur la rive droite du fleuve Sénégal, près de Rosso, et les problèmes de drainage dans ce périmètre sont identiques à ceux des autres périmètres du delta.

A l'heure actuelle, quelques uns des autres périmètres dans le bassin du fleuve, ne peuvent évacuer correctement les eaux effluentes de drainage.

Le périmètre de Dagana, au début de la partie basse de la moyenne vallée est un bon exemple. Les problèmes de drainage vont aller en s'intensifiant quand un système de double culture de riz sera instauré.

Dans quelques uns des autres périmètres, les eaux effluents du drain principal sont dirigées vers un vieux marigot ou alors sont laissées à l'évaporation dans une cuvette basse.

Dans la vallée moyenne, le drainage de surface est généralement meilleur que dans le delta. Il y a une amélioration graduelle dans les conditions de drainage à partir du delta à Podor jusqu'à la haute extrémité de la partie supérieure de la moyenne vallée à Bakel.

#### Drainage souterrain

Un drainage souterrain ou interne réfère à l'excès en eau qui est évacué par l'écoulement à travers le sol. Dans le delta, les conditions présentes de drainage souterrain sont extrêmement pauvres. La nappe d'eau souterraine varie entre 1,20 et 3,50 mètres et elle est hautement saline.

La salinité varie grandement d'une saison à l'autre, allant de 600 à 1200 ppm pendant la saison des pluies à 6 000 ppm en saison sèche. La granulométrie du sol diffère considérablement à travers le delta, qui est essentiellement une plaine alluviale. Une mission de reconnaissance de la SAED (SOGREAH, 1972) sur les terres des périmètres initiaux du delta inférieur, a établi que les deux tiers de ces terres étaient salins. Conséquentement à ces découvertes, la SAED a immédiatement réduit ses efforts dans ces zones et s'est concentrée sur les régions non salines (par exemple, DAGANAGAE, N'THIAGO et N'dombo.

MUTSAARS (SOGREAH, 1972) un pédologue du projet de L'OERS/FAO, fit des recherches sur les potentiels de cultures de riz dans les régions salines du delta et fit les observations suivantes :

- 1 - On peut améliorer les sols non-salins avec une bonne utilisation de l'eau.
- 2 - Les sols salins doivent être lessivés et les sels maintenus en dessous de la zone racinaire.
- 3 - On peut améliorer la qualité des sols salins en utilisant un système de plaques de drains profondes avec un espacement minime, et en appliquant de la gypse.

Le projet de l'OERS/FAO (SOGREAH, 1972), de concert avec la SAED, a fait des essais de drainage sur des sols argileux salins de 50 cm de profondeur à BOUNDOUM-OUEST. Les résultats indiquèrent qu'il est possible d'avoir des sols salins lessivés en utilisant des drains profonds à ciel ouvert. Van Der Velden (1973) utilisant les données de BOUNDOUM-OUEST fit des expériences de drainage souterrain sur 75 hectares à BOUNDOUM-NORD. Des tuyaux de drainage PVC furent utilisés. Les tuyaux de drains en plastique, étaient espacés de 50 à 200 mètres, à une profondeur de 1,3 à 2 mètres, selon la texture du sous-sol, la profondeur des limons, et la conductivité hydraulique du sol. Des données spécifiques quant aux productions accrues de riz au moyen de ce drainage artificiel, n'ont pas été indiquées dans le rapport. Le tableau C.3.33 montre les schémas de disposition utilisés dans le travail expérimental effectué par VAN DER VELDEN.

TABLEAU C.3-33

RESEAU EXPERIMENTAL DE DRAINAGE SOUTERRAIN A BOUNDUUM-NORD (VAN DER VELDEN, 1973)

N° de la parcelle	Espacement (m)	Types de drains	Profondeur (mètres)
I	200	à ciel ouvert	1,50
II	100	à ciel ouvert	1,50
III	100	à ciel ouvert	1,00
S	33	à ciel ouvert	1,50
G	50	enterré	1,20
IV (de 1-8)	75	enterré	1,80
LV (de 9-11)	100	enterré	1,80

TABLEAU C.3-35

## ZONES POSSIBLES D'EXPANSION DE LA RIZICULTURE EN RIVE GAUCHE ZZ

Sites	Source documentaire.	Superficie totale (ha)	Sols non salins (ha)	? + (ha)	Sols salins à couche sous jacente		Sols très salins non récupérables (ha)	? par la SAED.
					Sableuse (ha) récupérables	Argileuse à 50 cm (ha) à 50-100 cm (ha) (xx) récupérables.		
Djeuleuss Nord Thiagar Sud Diambar	Etude Pédologique de l'IRAT	8 170	3 320	1 350	500		3 000	1 660
Dioul Sud	"	5 250	230	450	570		4 000	
Boundoum Nord	"	4 100	1 430	860	210		1 600	2 600
Kassak Nord Kassak Sud Grande digue	"	9 400	1 950	1 450	850		5 150	2 100
Tellel	"	2 300	690	390	600		620	470
Marigot Co	Etude Pédologique de Dubois	2 000			2 000			
Boundoum Ouest		880			390	490		860
Debi	Etude Pédologique de l'IRAT	1 600	290	435			875	290
Djoudj	Etude du sous-sol (Audibert)	19 220			3 770	6 450	9 000	290
Djeuss Amont 1 et 2		10 000	800		3 200	3 640	2 360	
Djeuss Aval (a) (b)		2 050 2 500			1 550 400	500 1 600		
Vallée du Lampasar		1 750	1 000		750			1 750
TOTAL		69 220	9 760	5 385	2 730	12 060	26 605	10 020

La taille normale d'une parcelle agricole dans ce projet est de 60 à 80 hectares. Il y a une canalisation de drainage de surface à l'extrémité de chaque parcelle. Un drain secondaire est placé à une profondeur de 2,5 mètres parallèlement à la canalisation de drainage de surface. Par intervalles, des tuyaux de plastique placés sous terre et débutant de la canalisation du drain de surface, vident les eaux perdues dans le drain secondaire.

Les parcelles contiennent des drains en tubes de plastique perforé, flexible et ondulé, enterrés à des profondeurs de 1,5 à 1,7 mètres avec un gradient de 1 : 1 000, avec un espacement de 40 à 100 mètres (l'espacement est déterminé par une formule de drainage); ces tubes déposent les eaux effluentes dans le drain secondaire. Tous les drains secondaires déversent l'eau dans le drain primaire, qui est profond de 3,5 mètres. Les eaux effluentes s'écoulent vers un collecteur d'où elles sont pompées vers une canalisation à niveau élevé, qui se déverse soit dans le fleuve Sénégal soit dans le lac de Guiers.

Les parcelles, ayant des sols dont la salinité est supérieure à 4 micromhos, sont traitées avec 5 à 10 tonnes de gypse par hectare qui est mélangée dans le sol à une profondeur de 10 à 15 cm. Après l'addition de gypse, le sol est lessivé pendant trois mois successifs, en maintenant une profondeur constante de 25 cm d'eau dans la parcelle.

La teneur en sel des eaux effluentes venant des champs de canne à sucre varie de 4 à 12 micromhos, avec une tendance prédominante pour le chiffre supérieur.

CONCLUSIONS - A partir des observations faites sur le terrain, par l'Equipe d'Aménagement Agricole, et à partir des données disponibles, il est évident qu'un aménagement agricole à long terme dans la zone du delta sera uniquement possible si des systèmes de drainage souterrain correctement conçus, sont installés dans les périmètres irrigués.

Les conditions suivantes ont été identifiées dans le delta :

- Des sols rendus incultivables par leur teneur excessive en eau.
- Une nappe phréatique élevée
- des conditions de sols salins/sodiques
- Des zones agricoles qui ont été abandonnées à cause de la haute teneur en sel du sol.

On anticipe sur le fait qu'avec l'application d'un programme de double culture, la nappe phréatique s'élèvera et causera un amassement de sel dans la zone racinaire des cultures.

Lors des discussions avec le personnel de la SAED à Saint-Louis, l'Equipe d'Aménagement agricole apprit que certaines études-clé n'étaient pas entreprises avant l'aménagement de quelques zones du delta. Cette omission a conduit aux problèmes actuels de drainage. Les détails de cette situation ont été rapportés par la SOGREAH (1972). Bien que les responsables de la gestion technique de la SAED soient au courant des problèmes actuels de drainage dans les périmètres du delta, des contraintes économiques empêchent qu'ils ne prennent une action pour y remédier.

A partir des observations faites sur le terrain, il est évident que des pratiques de maintenance plus consistantes et plus au point, sont nécessaires dans tous les périmètres irrigués du Bassin du Fleuve Sénégal. Beaucoup de plants ayant un impact économique négatif (Carex, Tamarix, Gallica, typha latifolia , herbes aquatiques, etc...) poussent dans les canaux de drainage. Cette croissance arrête l'écoulement des eaux de drainage ; elle est aussi une source de graines qui peuvent infester les champs voisins, s'ajoutant à la difficulté du contrôle des mauvaises herbes.

Des systèmes de drainage incorrectement conçus et entretenus, ou défectueux, non seulement empêchent la production

des cultures mais peuvent aussi aggraver les problèmes de santé, en fournissant un habitat pour les vecteurs de maladie et peuvent aussi causer des effets adverses sur les habitats des poissons et des animaux sauvages.

L'Aménagement de futurs périmètres irrigués dans le Bassin du fleuve Sénégal doit inclure des clauses pour les systèmes de drainage, et les programmes de récupération, là où c'est nécessaire, spécialement dans la zone du delta.

C-3.4.4 Les petits périmètres irrigués du Bassin du  
du Fleuve Sénégal.

La construction des petits périmètres villageois dans le bassin du fleuve Sénégal fût une conséquence directe de l'évolution des cultures irriguées. Ainsi qu'il a été précédemment indiqué dans ce rapport, à la section C-3.4.2 intitulée "GRANDS PERIMETRES IRRIGUES", le concept de petits périmètres est directement lié à l'échec des périmètres rizicoles irrigués de l'O.A.V. et de l'O.A.D., qui survint entre 1961 et 1963.

En raison de l'échec de ces deux organismes, la S.A.E.D. dût s'occuper de l'aménagement des grands périmètres à réseau d'irrigation tertiaire du delta du fleuve Sénégal.

En 1972, la S.A.E.D. diminua l'emphase placée sur l'expansion agricole dans le delta, principalement à cause des problèmes de salinité de cette zone, et dirigea ses efforts vers les zones en amont du fleuve. Elle créa des périmètres à Dagana et Nianga, en utilisant le système tertiaire existant là-bas. Dans les régions de Aéré-Lao, Matam, et Bakel, la S.A.E.D. créa de petits périmètres villageois.

Fondamentalement, les petits périmètres villageois furent conçus comme centres d'apprentissage où les agriculteurs pourraient développer leurs aptitudes en ce qui concerne l'agriculture, et s'adapter aux nouvelles techniques d'irrigation qui pourront être utilisées quand un écoulement sûr et régularisé de l'eau sera disponible.

Une fois ces aptitudes développées, les agriculteurs seraient transférés dans les nouveaux grands périmètres prévus par la S.A.E.D. pour l'aménagement futur du bassin du fleuve Sénégal.

Au Sénégal, de petits périmètres ont été établis dans des régions à forte densité de population (de la Vallée inférieure à Bakel), près de villages bordant les hautes rives de fleuves où les probabilités d'inondation du périmètre sont inférieures ou égales à deux inondations tous les dix ans. En Mauritanie, les petits périmètres sont fréquemment situés loin des centres de population, et au Mali, ils sont plus ou moins concentrés à l'est et à l'ouest de Kayes longeant le fleuve Sénégal.

En général, les caractéristiques de base des plants de petits périmètres, dans les trois pays, ne diffèrent guère. La superficie d'un périmètre est habituellement de 15 à 50 hectares, avec une moyenne (ainsi qu'elle a été déterminée par observation personnelle au cours de missions de reconnaissance de l'Equipe d'Aménagement Agricole) qui est généralement située entre 10 et 20 hectares. Les petits périmètres nécessitent l'emploi de nombreux travailleurs, et la participation des agriculteurs villageois dans la construction manuelle des dits périmètres diminue d'une manière substantielle les besoins d'investissements initiaux de capitaux qui sont plutôt rares.

Les périmètres sont généralement très près du fleuve, ce qui élimine les longs trajets pour l'approvisionnement en eau.

Pour les besoins d'irrigation, chaque périmètre a une pompe avec une puissance approximative de 20 CV. qui est installée sur une plateforme flottante. Dans quelques cas, des pompes sont installées sur la rive du fleuve.

Les périmètres ont une topographie relativement plate, ce qui réduit le nivellement à un minimum. Le drainage naturel est, soit en direction du fleuve ou vers une cuvette voisine ou un bassin.

En Mauritanie, les périmètres sont endigués afin de les protéger des inondations. Au Sénégal et au Mali, ces périmètres sont habituellement situés sur une terre qui est elle-même éle-

vée, ce qui élimine le besoin de main-d'oeuvre pour construire des digues, mais qui fournit une protection uniquement partielle contre les inondations. Il y a donc un risque d'inondation et de submersion, mais plus grave serait le risque de destruction de l'infrastructure hydraulique. Etant donné que les éléments majeurs de cette infrastructure (canaux, systèmes de filtrage, et petites digues) sont les produits d'investissement en travail humain non rémunéré, leur destruction pourrait engendrer un certain découragement chez les agriculteurs, ce qui pourrait être difficile à surmonter.

Le risque de rejet de l'agriculture irriguée de la part des agriculteurs est augmenté en cas de crue d'amplitude exceptionnelle qui entrainerait de très hauts rendements des cultures de décrue plantées dans d'autres zones du bassin du fleuve. Les conditions récentes de sécheresse ont facilité la tâche pour le moment de convaincre les agriculteurs, de l'importance du programme des petits périmètres.

Les types de sol prédominants trouvés dans les petits périmètres sont le fondé et le simili-hollaldé, qui ont une granulométrie fine et qui sont facilement travaillés à la main ou avec des animaux de trait. Un désavantage essentiel de ces périmètres est qu'ils n'incluent aucun sol hollaldé, qui est le plus riche et le plus adéquat pour la riziculture. Bien que les caractéristiques fondamentales des petits périmètres soient identiques dans chacun des trois états membres de l'O.M.V.S., les services dispensés par chaque pays ne sont pas les mêmes. La S.A.E.D. (Sénégal), l'O.P.I. (Mali), et la SONADER (Mauritanie) fournissent tous des services de topographie et de vulgarisation. La SONADER fournit des graines gratuitement, des engrais et des pesticides à l'agriculteur pour la première année, et en plus, au cas où les investissements agricoles devraient excéder le tiers de la valeur des cultures, la SONADER compense la différence.

L'agriculteur de Mauritanie a le choix entre vendre son riz à l'agence gouvernementale à un taux fixe, ou le vendre sur le marché libre.

Au Sénégal et au Mali, la S.A.E.D. et l'O.P.I. arrivent assez bien à faire accepter par les agriculteurs qu'ils vendent leur récoltes par leur intermédiaire exclusif, et que les cultivateurs soient responsables du paiement de tous leurs investissements agricoles.

Depuis qu'elle a commencé l'aménagement des petits périmètres villageois en 1972, la S.A.E.D. a fait des progrès considérables au Sénégal en établissant ce programme dans les zones régionales de Aéré-Lao, de Matam et de Bakel (Voir tableau C-3.36).

Ces programmes de périmètres ont été soutenus et financés par l'U.S.A.I.D., le F.A.C. et le Gouvernement du Sénégal. Malheureusement, la SONADER et l'O.P.I. n'existaient pas quand la S.A.E.D. était déjà une institution aménageant l'agriculture dans le bassin du fleuve Sénégal. Donc, les zones cultivées de la SONADER et de l'O.P.I. sont très limitées.

Grâce à l'aide financière d'un consortium de pays de l'Europe de l'Ouest connus sous le sigle de F.E.D. (Fonds Européen de Développement) 10 petits périmètres furent établis entre Kaédi et Rosso Mauritanie.

Le F.E.D. a aménagé quatre autres périmètres, situés au début au sud-est de Kaédi le long du fleuve Sénégal (Voir tableau C-3.37). Selon le représentant du F.E.D. à Kaédi, (Communication personnelle, 1978) tous les périmètres financés par le F.E.D. seront éventuellement transférés à la SONADER. La SONADER, sous la direction du F.A.C., a aidé dans la construction et le support logistique de 5 petits périmètres situés à l'ouest de Kaédi en direction de Rosso.

A l'heure actuelle, le Mali a le plus petit nombre de terres sous culture irriguée des trois états de l'O.M.V.S. (Voir tableau C-3.38). Entre 1970 et 1975, le Mali a reçu de l'aide financière du P.N.U.D./F.A.O. pour la création de quatre périmètres : Kamenkolé, Sapon/kakoulou, Maloum et Bafoulabé. L'O.P.I. fut formée entre 1975 et 1977, et, à cette époque, le

TABLEAU C.3-36

PÉRIMETRES IRRIGUES EXISTANT AU SENEGAL (en hectares)

Périmètre	Projet	Hectares aménagés
Aéré-Lao	Aram	20
	Pété	76
	Madina	38
	Méry	15
	Mboumba	29
	Wassétaké	10
	Dogui Dombi	14
	Diomandou	20
	Touldé Galé	18
	Saldé	20
	Barobé	20
	Diaranguel	20
	Walla	20
	Abdalla	20
	Thioubalel	20
	Cas Cas	20
	Démette	20
	Sinthiou Dangdé	15
	Dara Halaybé	15
	Pathé Galo	20
	Takoyel	5
	Sinthiou Diongui	20
	Diongui	20
Thikité	20	
Wendou Thillé	20	
TOTAL		535

TABLEAU C.3-36 (suite)

Périmètre	Projet	Hectares aménagés
Matam	Matam (1,2,3,4,5)	79
	Diamel (1,2,3)	45
	Tiguéré Ciré (1,2)	28
	Thioubalel	12,25
	Nabadji Ciwol	15
	Dondou (1,2,3)	52
	Ali Wouri (1,2)	35,75
	NGuidjilone (1,2,3,4)	50,75
	Sadel (1,2)	31
	Ndouloumadji Dembé (1,2)	32
	Thiemping	18
	Dolol	19
	Thialy (1,2)	35,50
	Bohou (1,2)	36
	Nganno (1,2)	31
	NDouloumadji Founébé	16
	Nabedji Mbaal	5
	Dounga Wouro Alpha	15
	Dounga Bossoya	18
	Mbaakna	17
	Woudourou	15
	Gaoudal	15
	Tiguéré Yéné	12
	Wodobéré	20
	Barmathial	14
	Horndoldé	36
	Bapalel	19
	Dounga W. Thierno	15
	Kiriré	15
	Kobillo	15
Diowol	15	
Gouriky Coliabés	15	
Ganguel	15	
Padalal	15	

TABLEAU C.3-36 (suite)

Périmètre	Projet	Hectares aménagés
	Barkéwy	15
	Goumal	15
	Waoundé	30
	Diella	15
	Ballel	15
	Hadabéré	15
	Horkadiéré	15
		-----
	TOTAL	947,25
-----		
Bakel *	Kounghani I	
	Kounghani II	
	Gandé	
	Ghaladi	
	Moudéri	
	Diawara	
	Yélingara	
	Manael	
	Tiyabou	
	Bakel	
	Yaféra	
	Aroundi	
	Ballou	
	Sénoudébou	
	Golmi	
	Sébou	
	Sinthiou Dibicoulé	
	Djimbé	
	Dialignel	
	Sinthiou Dialignel	
	Wouro Imadou	

TABLEAU C.3-36 (suite)

Périmètre	Projet	Hectares aménagés
	Séling	
	Kidira	
	Nahé	
	Guita	
		-----
	TOTAL	102

\* : à cause du nombre extrêmement limité de terres disponibles pour un aménagement dans le périmètre de Bakel, les responsables de la SAED ne pourraient pas fournir de statistiques sur la subdivision des périmètres en projets individuels (NIANG, 1978, communication personnelle).

TABLEAU C.3- 37

## PETITS PERIMETRES EXISTANT EN MAURITANIE

	Périmètre	Hectares aménagés
Premier groupe de périmètres financés par le FED	( Tékane	30
	( Dar el Barka	40
	( Loboudou	30
	(Olo Ologo	41
	( NGorel Guidala	41
	( Sori Malé	34
	( Wending	32
	( Rindiao	50
	( Diowol	38
	( Bakhao	25
Second groupe de pé- rimètres financés par le FED.	( Sinthiou	22
	( Ciwé	15
	( Bédinki	22
	( Wali	34
Périmètres aménagés avec l'aide de la SONADER.	( Dar es Salam	14
	( Béilame	10
	( Diatar	15
	( Dioudé	8
	( Guidakhar	12
		-----
	TOTAL	513

TABLEAU C.3-38

## PETITS PERIMETRES IRRIGUES EXISTANT AU MALI

	Périmètre	Hectares aménagés
Périmètres financés par le P.N.U.D./ F.A.O.	Kamencole	39
	Sapou Kakoulou	15
	Maloum	26
	Bafoulabé	7
Périmètres financés par le F.A.C.	Fanguine	15
	Dimenkou	12
	Moussagoya *	20
	Somankidi	20
Périmètres financés par l'US.AID	Moussala	25
	Gakoura	25
	TOTAL	204

\* : Aide pour l'agrandissement de CIMADE.

F.A.C. a financé quatre autres périmètres : Dimekon, Moussagoya, Fanguiné et Somandiki.

Durant cette période, le F.A.C. a aussi contribué financièrement à l'élargissement des périmètres de Maloum et de Sapon/Kakoulou. En 1977, l'U.S.A.I.D. a fourni des fonds pour l'aménagement de deux autres périmètres : Moussala et Gakoura. Un groupe religieux de France (CIMADE) a fait des dons d'argent en 1978 pour aider à élargir le périmètre de Moussagoya.

Le tableau C-3.39 donne le nombre d'hectares des petits périmètres irrigués existant dans les trois Etats membres de l'O.M.V.S.

TABLEAU C.3-39

RECAPITULATION DES PETITS PERIMETRES IRRIGUES EXISTANT DANS LE BASSIN  
DU FLEUVE SENEGAL

Pays	Nombre d'hectares
Mali	204
Mauritanie	513
Sénégal	
Aéré Lao	535
Matam	947
Bakel	102
	-----
TOTAL	2 301

Statistiques fournies par les gérants des périmètres et par les Organisations respectives (Mai, Juin, 1978).

## TECHNIQUES AGRICOLES

Les techniques agricoles dans les petits périmètres sont toutes manuelles. Les zones cultivées sont extrêmement petites et sont surpeuplées d'agriculteurs.

Dans tous les petits périmètres, les parcelles attribuées sont trop petites (0,1 hectare à Pété, 0,24 hectares à Rindiao, 0,8 à Sintiou, 0,13 à Saldé etc...) pour permettre à ceux qui les cultivent de subsister (O.M.V.S., 1977).

Le nombre d'adultes productifs dans les petits périmètres varie d'un minimum de 49 à un maximum de 300. La S.A.E.D., la SONADER et l'O.P.I. sont conscientes de ce problème, mais une solution finale n'a pas encore été adoptée. Cette situation économique défavorable fait en sorte que les agriculteurs abandonnent les petits périmètres et retournent à l'agriculture traditionnelle. Cela crée de la concurrence quant aux heures de travail consacrées entre les cultures traditionnelles et les cultures irriguées, particulièrement pendant les périodes de pointe, ce qui, à son tour, agit comme une contrainte en ce qui concerne la quantité de surface qui peut être cultivée ainsi que sur les rendements des cultures.

Pendant les années de bonne inondation dans le bassin du fleuve Sénégal, l'on a observé (O.M.V.S., 1977) que les agriculteurs abandonnent souvent leurs efforts ou les relâchent lors de la hors-saison agricole pour se vouer à l'agriculture de walo.

Ce transfert d'emphase a des effets catastrophiques sur les rendements de culture irriguée. En fait, des agriculteurs à qui l'on a attribué des parcelles dans les périmètres villa-geois sont engagés dans l'exploitation de quatre cultures sur des terres situées dans trois régions différentes.

A la fin de la saison des pluies, une culture sur terre de diéri et une sur terre irriguée sont récoltées. A la fin de la saison sèche une culture de walo et une seconde culture irriguée sont récoltées.

Cette situation indique qu'il est vital d'élargir les zones cultivées assignées des périmètres villageois, pour encourager les gens à donner une priorité, dans la répartition de leur travail, à la culture irriguée.

### Cultures et rendements

Les petits périmètres villageois sont orientés vers un système de double culture qui consiste en les programmes suivants : riz/riz, riz/blé, et riz/légumes. L'objectif est de placer l'emphase sur une double récolte de riz.

Comme l'expansion des petits périmètres villageois dans les états-membres de l'O.M.V.S. a été très récente, beaucoup d'entre eux plantèrent leur première culture de riz en 1978.

A l'heure actuelle, il n'est pas possible d'obtenir des statistiques adéquates de la part de chacun des états membres de l'O.M.V.S. pour évaluer les rendements et déterminer une moyenne de la production rizicole des anciens périmètres.

Des observations détaillées faites sur le terrain par l'équipe d'agriculture en Octobre 1978, sur les petits périmètres du Mali, de la Mauritanie et du Sénégal ont révélé qu'il y avait des différences très sérieuses et très évidentes dans la croissance des cultures de différentes zones, ce qui à son tour, devrait résulter en des variations dans les rendements. Cette situation fut attribuée au fait qu'il y avait du retard dans l'établissement d'une pépinière de riz.

Les plants en pépinière étaient déjà âgés au moment du repiquage, d'où un taux de mortalité élevé. Les agriculteurs interrogés ont dit que la distribution des graines de riz destinées à la pépinière fut si tardive qu'ils n'eurent aucune alternative sinon de débiter les pépinières tardivement. D'après les observations, il était évident qu'on utilisait beaucoup trop de variétés de riz. Cette variation affecte les périodes de récolte et indirectement les rendements.

Un autre facteur qui affecte les rendements est la prédation par les oiseaux. Les variétés que l'on utilise pendant la saison des pluies nécessitent beaucoup trop de temps pour mûrir, ce qui résulte en des pertes plus grandes dues aux prédateurs.

Un moyen d'augmenter les productions serait d'établir une variété à croissance rapide (90 à 120 jours). Dans les périmètres villageois des chantiers de Guédé, deux cultures de riz sont produites annuellement avec des rendements assez bons de 3,5 à 4,0 tonnes par récolte. Dans cet emplacement, la pépinière de riz est commencée le 15 mars et la transplantation s'effectue 30 jours plus tard. Il faut 140 jours à cette culture pour mûrir, si bien que la récolte a lieu aux alentours du 15 juillet. Avant la récolte de cette première culture, une pépinière aura été déjà établie pour fournir des plants pour la seconde culture. La plantation de la seconde culture commence à peu près le 15 juillet et la récolte à peu près le 15 novembre. Le temps total pour la seconde culture est de 120 jours. Les variétés de riz utilisées à l'heure actuelle par les agriculteurs aux chantiers de Guédé, sont d'origine chinoise. Ce sont le TCHEN TCHOU AI, KAUN NSI SHUN et le MIAO JIE.

Le tableau C-3-40 énumère les variétés de riz plantées à l'heure actuelle dans les divers périmètres de l'O.M.V.S.

TABLEAU C.3-40

VARIETES DE RIZ PLANTEES DANS LES PERIMETRES DU BASSIN  
DU FLEUVE SENEGAL

Pays	Variétés
Mali	TN <sub>1</sub>
	TTW
	IKP
	D5237
	Gambiaea
	Cegadis
Mauritanie	TN <sub>1</sub>
	IR <sub>20</sub>
	TTW
	ASM
	D5237
	IR <sub>8</sub> KCC
Sénégal	TN <sub>1</sub>
	TTW
	IR <sub>20</sub>
	D5237
	Jaya
	IR <sub>8</sub>
	LS-26
	IKP
	Kulu
	KH 998
	6044
Miao-Jie	
KNS	

### Besoins en Eau

Les besoins en eau spécifiques des cultures n'ont pas été évalués en ce qui concerne l'irrigation du riz, dans les petits périmètres villageois. A l'heure actuelle, il incombe aux services techniques de la S.A.E.D. (Sénégal), de la SONADER (Société Nationale pour le Développement Rural, Mauritanie), et de l'O.P.I. (Opération des Périmètres Irrigués, Mali) d'établir un programme d'exploitation journalière pour la pompe d'eau d'irrigation de chaque périmètre. La perméabilité des types de sol existant dans les zones irriguées des périmètres n'est pas prise en considération lorsque cette période d'exploitation est déterminée. On suppose que l'on calcule le temps en utilisant la puissance en chevaux de la pompe installée et les hectares globaux à irriguer dans chaque périmètre.

En général, le pompage dans tous les petits périmètres s'effectue entre à peu près 6 heures du matin et 7 heures du soir, avec une période de fermeture d'une demi-heure pour le déjeuner.

Les pompes d'irrigation fonctionnent presque continuellement pendant la saison de culture.

La maintenance et la réparation de l'équipement des pompes sont très déficients. Quand une pompe tombe en panne, il faut plusieurs jours à un réparateur pour arriver à faire les réparations nécessaires. Dans quelques uns des petits périmètres, il y a eu des précédents de pannes de pompe qui ont résulté en un désastre pour les cultures quand on n'a pas pu faire les réparations à temps.

Beaucoup de pompes que l'on utilise sont des dons de différents pays, ce qui signifie qu'une standardisation dans la manufacture n'existe pas de telle sorte qu'il est difficile

de trouver des pièces de rechange. A cause du manque de devises des états-membres de l'O.M.V.S., ils ne peuvent entretenir un inventaire des pièces de rechange, et il est difficile d'obtenir ces dernières quand on en a besoin.

Le contrôle des variations des taux de rendement de différentes pompes a montré que les pompes atteignaient un rendement de plus de 70 % pour des hauteurs de charge de 18 à 24 mètres et de moins de 60 % pour des hauteurs de charge de 8 à 12 mètres. Ces rendements sont dans les limites requises par la plupart des petits périmètres existants et à venir.

## Pratiques d'irrigation

Le système hydraulique et celui de la distribution de l'irrigation dans les petits périmètres villageois sont grossièrement construits et simples à faire fonctionner. Le système hydraulique contient un bassin d'amortissement en béton qui reçoit l'eau d'irrigation, pompée à partir du fleuve Sénégal. Un canal principal va habituellement sur une brève distance, du bassin d'amortissement à un régulateur en béton. A ce point, l'eau d'irrigation est séparée vers deux canaux secondaires qui entourent le périmètre. Les conduites d'arrosage prennent le relais à partir des canaux secondaires et circulent à travers les casiers rizicoles. L'eau s'infiltré dans chaque casier à partir des conduites d'arrosage.

Dans beaucoup de cas, les emplacements choisis pour la construction d'un petit périmètre contiennent des sols à prédominance de fondé avec quelque simili-hollaldé. Tous les canaux d'irrigation furent construits à partir de matériau de terre local, et aucun ne fut revêtu. En raison de cet oubli, les pertes par infiltration sont très hautes et il y a une érosion rapide au niveau des canaux de distribution à la parcelle.

Dû à l'inefficacité du système hydraulique, l'agriculteur doit utiliser des quantités d'eau plus grandes que d'ordinaire sur une plus grande échelle pour compenser les déficiences contre lesquelles il lutte. Les sols fondé sont un autre facteur à la base d'une consommation d'eau plus grande que la normale. Ces sols ayant un taux modéré de perméabilité, une période d'irrigation plus longue est requise pour atteindre le niveau d'eau nécessaire dans les casiers tandis qu'une période d'irrigation plus brève est requise pour les sols hollaldé (argile lourde) qui ont un taux de perméabilité très lent.

La majorité des petits périmètres ont été aménagés dans des zones à topographie presque plate. Parce que le gradient existant dans les canaux d'irrigation est presque nul, la vitesse du courant est très basse. Cela augmente la période d'irrigation nécessaire, et les plants souffrent souvent du manque d'eau.

Malheureusement, la plupart des facilités et des pratiques d'irrigation dans les petits périmètres à l'heure actuelle sont inefficaces. L'agriculteur qui est sur ces périmètres affronte beaucoup de difficultés et on le laisse souvent à lui-même pour résoudre ses problèmes de la meilleure façon qu'il puisse. Le résultat est que le but initial - d'utiliser les petits périmètres en tant que centres de formation pour développer les aptitudes de l'agriculteur et pour l'introduire à de nouvelles techniques d'irrigation - n'est pas atteint. Les conditions qui prévalent ajouteront à la difficulté de changer les schémas agricoles traditionnels. Des méthodes correctes d'irrigation devraient être adoptées aussitôt que possible et des principes effectifs de gestion de l'eau devraient être incorporés dans l'aménagement futur des zones agricoles irriguées.

### Usage d'engrais et de pesticides

Les principaux engrais utilisés pour les cultures de riz irrigué dans les petits périmètres villageois du bassin du fleuve Sénégal sont l'urée, le 18-46-0 (phosphate d'ammonium), du chlorure de potassium, et du super-phosphate. Les taux d'application par hectare pour les différents engrais varient grandement dans chacun des Etats-membres de l'O.M.V.S. Il est évident-d'après les taux d'application qui sont utilisés présentement-que les besoins en matières nutritives pour la saison de la culture rizicole n'ont pas été comblés. Il y a plusieurs facteurs à cela. Le principal est que l'agriculteur a une connaissance très limitée des avantages qu'il pourrait retirer de l'utilisation d'une quantité adéquate d'engrais. Un autre facteur est que la petite superficie de la terre qui lui a été assignée dans le périmètre nécessite qu'il limite ses investissements agricoles à un minimum, ou alors, son rendement et ne sera pas suffisant pour payer ses dettes.

Au Mali, les taux standard d'application par hectare, sont : pour l'urée 200 kg, superphosphate 150 kg, et chlorure de potassium 100 kg. L'agriculteur de Mauritanie utilise entre 100 à 200 kg d'urée, 60 à 75 kg de superphosphate, et 40 kg de chlorure de potassium. La situation au Sénégal est très différente de celle du Mali et de la Mauritanie car les taux d'application d'engrais par hectare sont beaucoup plus bas : entre 60 à 180 kg de phosphate d'ammonium, 70 à 150 kg d'urée, et de 22 à 50 kg de chlorure de potassium.

Pendant les nombreuses visites de l'équipe sur l'agriculture aux petits périmètres villageois et au cours de discussions entre les membres de l'équipe et les cultivateurs à travers tout le bassin du fleuve Sénégal, il fut extrêmement difficile d'obtenir des statistiques agricoles spécifiques et sûres.

On a découvert que l'utilisation de pesticides dans les périmètres villageois dans tous les trois Etats-membres de l'O.M.V.S., est extrêmement limitée. HCH est utilisé quand il y a une invasion de criquets et quelquefois pour contrôler les Térébrants sur les épis de riz. Le facteur limitant l'utilisation de pesticides est l'incapacité des agriculteurs à pouvoir s'offrir cet investissement agricole. Quelques uns d'entre eux ne peuvent pas se permettre de les utiliser du tout.

### Problèmes de drainage et de salinité

A l'heure actuelle, il ne semble pas y avoir de problèmes de drainage dans les petits périmètres villageois. Les petits périmètres du Sénégal ont des installations de drainage de surface construites très grossièrement, que l'on utilise rarement. Cela est également vrai pour les petits périmètres du Mali et de la Mauritanie.

Dû à la topographie naturelle de ces zones (par exemple que la terre est en pente en direction opposée du fleuve), les eaux en excès - provenant des périmètres ou du ruissellement des eaux des pluies - s'écoulent dans des cuvettes naturelles et s'évaporent. Un autre facteur qui contribue au manque de problèmes de drainage dans les petits périmètres, est le type de sol prédominant dans ces zones, c'est-à-dire les sols fondé, qui sont de perméabilité modérée, et ont de bonnes propriétés de drainage interne. Le problème principal avec ces sols n'est pas de faire en sorte qu'ils soient drainés mais de les approvisionner suffisamment en eau pour empêcher que les plants ne se fânent. A cause de la combinaison de facteurs qui favorisent un bon drainage dans les petits périmètres, le besoin de drainage de surface est limité aux périodes de grande pluviométrie.

Il n'y a aucun problème de salinité dans les petits périmètres à travers tout le bassin du fleuve Sénégal. Une analyse plus détaillée de la salinité de l'eau est donnée dans l'Etude sur la Qualité des Eaux.

### C-3.4.5 Observations sur le terrain des systèmes d'irrigation

#### Introduction :

Pendant la saison sèche et la saison des pluies de 1978, des voyages de reconnaissance furent entrepris dans les zones de projets d'irrigation du Mali, de la Mauritanie et du Sénégal, pour observer et évaluer les systèmes d'irrigation existants et pour essayer d'identifier l'impact que la structure des systèmes et les pratiques agricoles auront sur l'environnement.

Pendant la saison sèche, alors qu'aucune irrigation ne se faisait, il était possible de faire des observations précises du réseau entier de distribution dans les différents systèmes d'irrigation, et de remarquer toute déficience dans la structure ou quelque autre problème. Pendant la saison des pluies quand les réseaux d'adduction étaient opérationnels, il était possible d'observer toute inadéquation ou déficience du système et de ses installations, y compris les dispositifs de mesure des débits et leur utilisation par les agriculteurs.

Pendant ces voyages sur le terrain, autant de renseignements possibles sur les systèmes d'irrigation dans les trois Etats de l'O.M.V.S., furent obtenus des responsables gouvernementaux, et du personnel chargé des opérations et de la gestion, de la S.A.E.D., de la SONADER et de l'O.P.I./A.P.I.

La première partie de cette section présentera des observations sur les réseaux d'irrigation, dans les grands et petits périmètres du Mali, de la Mauritanie et du Sénégal, pendant la saison sèche. La deuxième partie couvrira les mêmes réseaux ainsi qu'ils ont été observés pendant la saison des pluies.

Observations pendant la saison sèche dans les grands  
périmètres - Sénégal

Quand un système de distribution d'eau est creusé dans du matériau naturel (canalisations faites de terre), comme il a été fait dans les périmètres irrigués du Sénégal, aussi bien que dans le reste du bassin du fleuve Sénégal, certains désavantages inhérents y seront recélés. Pour prévenir un excès d'érosion des rives à cause de la vitesse des eaux, la section transversale du chenal doit être grande; cela réduit la vitesse d'écoulement, ce qui, à son tour crée des problèmes à l'intérieur du système.

La vitesse d'écoulement dans le canal principal, du projet de N'thiagar est de 10 cm par seconde. A Dagana PT1, la vitesse est de 32 cm par seconde, et à Dagana PT3, elle est de 19 cm par seconde. A cause de ces basses vitesses de l'eau, les sédiments charriés par l'eau d'irrigation pendant la saison des pluies s'accumulent dans les grands canaux principaux et, dans une moindre mesure, dans les canaux secondaires et tertiaires. La forte teneur en limon des eaux d'inondation du fleuve Sénégal a été confirmée par des expériences faites par l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (I.S.R.A). Le mesurage des charges de sédiments charriés dans les eaux d'inondation du fleuve a indiqué qu'il y a sept grammes de limon dans un litre d'eau (Sonko, 1978). Les dépôts de sédiments - observés dans les grands projets irrigués du delta pendant la saison sèche 1978 par l'Equipe d'Aménagement Agricole - s'étaient d'une valeur moyenne à excessive. A Dagana, N'Thiagar, Kassak sud, et Nianga, les dépôts de sédiments étaient moyens. Dans quelques emplacements spécifiques des canaux principaux de Boundoum Nord, les dépôts de sédiments étaient excessifs.

Nombre de canaux de transport dans la plupart des grands périmètres irrigués sont à des stades divers de détérioration, comme le sont également les installations de béton qui abritent les modules et les distributeurs. Ces conditions de détérioration réduisent énormément l'efficacité des systèmes. Une mauvaise maintenance est un problème dans de nombreux systèmes

d'irrigation par gravité, et il semble que ce soit un problème fondamental pour l'organisme de la S.A.E.D.

Le système des canaux d'irrigation des grands projets opérés par la S.A.E.D, fut conçu avec diverses sortes d'installations de prise d'eau qui sont situées à des niveaux différents dans les berges du canal. Ce type particulier de schéma d'installations de prise d'eau est nécessaire dans un système d'irrigation ayant un niveau constant d'eau. A cause de la manière dont ces installations de béton sont situées, des zones d'emmagasiner d'eau morte existent partout dans les systèmes d'irrigation. Ces zones d'emmagasiner ont une taille variant d'un mètre dans les canaux principaux, à 50 cm ou 1 m dans les canaux secondaires, puis à 20 cm dans les canaux tertiaires. Pendant la saison d'irrigation quand il y a de l'eau dans les canaux secondaires et tertiaires, ces zones d'emmagasiner d'eau morte fournissent un habitat et des zones de reproduction idéales pour les mollusques vecteurs de schistosomes (Mc Junkin, 1975). Les basses vitesses d'eau dans le système de transport contribuent aussi à ce problème.

Une des plus vitales obligations d'un réseau d'irrigation, est de toujours nettoyer à fond le chenal. L'Equipe d'Aménagement Agricole a observé des croissances de mauvaises herbes dans les canaux et sur les berges des systèmes d'irrigation dans tous les projets irrigués qu'ils visitèrent. La croissance de mauvaises herbes retarde grandement l'écoulement de l'eau et décroît la capacité de charriage des canaux. La croissance des mauvaises herbes empêche aussi une inspection et une maintenance adéquates des berges de canal, et fournit un abri pour les rongeurs fouisseurs. Ces rongeurs peuvent endommager et même détruire les berges du canal.

Les canaux tertiaires sont les plus préoccupants, parce que la croissance des mauvaises herbes y est très grande. Les basses vitesses d'eau dans ces canaux permettent aux mollusques de s'ancrer aux mauvaises herbes le long des berges et ainsi les canaux procurent des sites de reproduction idéales pour les

mollusques. Des mollusques ramassés par l'Equipe de Santé Publique dans des canaux de divers projets d'irrigation dans le bassin du fleuve Sénégal, ont été identifiés comme vecteurs de Schistosomes.

Quand les projets des barrages de Diama et de Manantali seront opérationnels, il y aura suffisamment d'eau d'irrigation pour soutenir un programme de double culture dans les périmètres irrigués, et les canaux retiendront de l'eau pendant presque toute l'année. Il y a donc des potentialités pour une augmentation dans l'incidence de Schistosomes résultant d'un emmagasinement accru d'eau morte, et des probabilités de croissance d'herbes dans des canaux mal nettoyés et mal entretenus. Une analyse détaillée de cet effet probable - que l'aménagement des cultures irriguées aura sur l'environnement du Bassin du Fleuve Sénégal - est contenue dans l'Etude sur la Santé Publique.

La mauvaise herbe la plus dominante observée dans les périmètres du delta, et dans les zones environnantes, fut le cèdre salé (Tamarix Sp.); cette plante tolère très bien le sel et on sait à travers toutes les zones arides qu'elle est un indicateur de sel.

### Mauritanie

Bien que le Périmètre de Gorgol à Kaédi et le Périmètre de M'Pourie à Rosso soient considérés par la SONADER comme des aménagements de taille moyenne, pour ce qui est de cette étude, ils ont été inclus dans l'analyse des grands périmètres irrigués.

Le périmètre de Gorgol obtient son eau d'irrigation en la pompant à partir du fleuve Sénégal pour la faire pénétrer dans un canal principal. Ce canal principal était soit mal structuré soit mal construit en tant que canal en terre car les murs latéraux étaient presque verticaux, ce qui a résulté en une érosion qui a atteint un état critique, on devrait y remédier incessamment.

Les canaux principaux d'irrigation de Gorgol et de M'Pourie contiennent des zones d'emmagasinement d'eau morte, semblables à ceux des périmètres irrigués de la S.A.E.D.

La croissance de mauvaises herbes fût observée dans les canaux secondaires et dans les canalisations des périmètres, mais étant donné que c'était la saison sèche, le problème n'était pas important.

Le périmètre de Gorgol comprend un système interne de drainage ouvert. Les eaux effluentes issues du canal principal de drainage sont recyclées dans le système d'irrigation par la principale station de pompage. Le périmètre de M'Pourie a un système de drainage identique, mais les eaux effluentes de drainage sont ici trop salées pour être recyclées dans le système d'irrigation.

#### Observations pendant la saison sèche

##### Petits périmètres

Les petits périmètres villageois irrigués du bassin du Fleuve Sénégal (Mali, Mauritanie, Sénégal) sont en essence identiques et de schéma simple. Ils sont construits par les villageois. L'infrastructure hydraulique y est extrêmement limitée. Une pompe, qui, soit flotte sur le fleuve, soit est stationnée sur la rive du fleuve, procure de l'eau à travers un tuyau en métal vers un dissipateur d'énergie en béton qui est situé sur une zone plate de la rive du fleuve. A partir du dissipateur d'énergie, l'eau s'écoule dans le système de distribution qui consiste en un canal principal, en un canal secondaire qui se dirige vers la droite et la gauche, et en plusieurs canaux primaires qui desservent les casiers de riz. Le système de distribution est construit en terre. Il n'y a aucun appareil de mesure de débits construit dans le système, de telle sorte qu'il semblerait que l'eau est pompée selon les besoins mais sans aucune considération pour la quantité qui est utilisée quotidiennement.

Quand on les a observés pendant la saison sèche, les canaux primaires étaient très peu profonds et de forme irrégulière, ce qui aurait tendance à indiquer une mauvaise efficacité de l'eau. Bien que les périmètres soient plutôt petits, (8 à 20 hectares), la gestion pratique de l'eau semble être un problème; étant donné que les périmètres sont situés sur des sols fondé, qui sont facilement drainables et ne retiennent pas l'eau comme les sols hollaldé, le besoin primordial est de conserver suffisamment d'eau dans les casiers.

### Observations pendant la saison des pluies

#### Grands périmètres

##### Sénégal

Plusieurs grands et moyens périmètres irrigués ont été choisis dans le delta et dans la vallée moyenne, pour observation pendant la saison des pluies de 1978.

On fit un premier arrêt au périmètre moyen de la S.A.E.D à Guède Chantiers. A l'heure actuelle, une mission technique agricole de la République populaire de Chine travaille dans cette zone avec les agriculteurs pour les aider à développer de meilleures techniques de riziculture.

L'eau d'irrigation pour ce périmètre est obtenue à partir du Marigot de Doué. Cinq pompes à diésel, opérant 12 heures par jour, dégagent l'eau dans un bassin d'amortissement. A partir du bassin d'amortissement, l'eau coule dans un vieux canal principal, revêtu de béton, qui est à peu près long d'un kilomètre. A la fin de la section en béton, le canal principal devient un ouvrage fait de terre. Plusieurs canaux secondaires

partent du canal principal. Les canaux secondaires sont interceptés par plusieurs canalisations qui transportent l'eau directement vers les casiers. L'irrigation du périmètre en entier se fait par une rotation de 9 à 10 jours.

Le système de distribution de l'eau est inefficace et très mal conçu. Les techniques d'irrigation sont inadéquates et l'eau n'est pas utilisée d'une manière efficace. Les mauvaises herbes dans les canaux et les champs de riz sont un problème qui contribue à des baisses de production.

#### Périmètre de Nianga

Ce périmètre de Nianga est principalement cultivé de riz, mais pendant la saison sèche, on y plante des tomates sur un nombre limité d'hectares. En général, les pratiques d'irrigation sur ce périmètre ne sont pas très efficaces. Au moment où l'équipe d'aménagement agricole visita cet emplacement, ils observèrent que l'apport en eau vers les champs de riz n'était pas contrôlé, que les portes d'accès d'eau vers les canaux tertiaires étaient grandes ouvertes, et que les champs étaient inondés au delà de leur capacité normale.

Dans ce périmètre, il y avait un problème de mauvaises herbes particulièrement important. De nombreux canaux d'apport et de fossés de drainage étaient complètement emplis de mauvaises herbes terrestres et aquatiques. La croissance de mauvaises herbes était si dense dans quelques canaux qu'il était impossible de voir l'eau. Des pertes par infiltrations dans les canaux d'irrigation étaient très évidentes. Le système de drainage ne fonctionnait évidemment pas correctement et ce laisser-aller pourrait conduire à de sérieux problèmes résultant de la teneur excessive en eau des terres.

Les observations d'ensemble furent que la maintenance et l'exploitation, des systèmes d'irrigation et de drainage dans ce périmètre étaient négligés.

Périmètre de Dagana :

Une large partie de ce périmètre était plantée de riz, avec quelques zones plantées de tomates. Au niveau du canal de distribution à la parcelle, la gestion de l'eau n'était pas très efficace. De nombreux casiers étaient trop irrigués et les digues étaient incapables de contenir l'eau. Les canaux de distribution à la parcelle n'avaient ni la largeur ni la profondeur requise. Ils étaient de taille irrégulière et trop peu profonds.

Les mauvaises herbes dans ce périmètre ne constituaient pas un problème aussi important que dans d'autres périmètres. Les cultivateurs faisaient ici une sérieuse tentative pour garder propres les canaux d'irrigation.

Le système de drainage, qui consiste en drains secondaires à ciel ouvert, et en drains principaux, fonctionnait correctement. Les stations de pompage de ce périmètre sont capable de pomper l'excès de l'eau dans le fleuve Sénégal lorsque les drains contiennent trop d'eau.

Quelques zones salines furent observées dans ce périmètre, mais il n'y avait rien qui fût de majeure importance.

Périmètres de Thiagar, de Boundoum et de Kassak Sud :

L'infrastructure hydraulique de ces trois périmètres est fondamentalement identique.

A Thiagar, l'on a observé que les ouvrages de prise d'eau étaient ouverts et que personne ne s'occupait de les contrôler et ainsi une quantité de parcelles contenaient trop d'eau. A Thiagar et à Boundoum, on a observé que les

cultivateurs ont complètement enlevé les modules Neyrpic de leurs ouvrages de béton et que les distributeurs de métal, qui dirigent l'eau vers les canaux à la parcelle, ont été brisés. Cela est une sérieuse indication que le système d'irrigation ne fournit pas assez d'eau aux parcelles, ou que ces dernières n'ont pas été nivelées correctement.

A Boundoum, dans le secteur 7 N., près du canal principal dans l'ouvrage de prise d'eau 7/3, l'équipe d'aménagement agricole a discuté avec un cultivateur au sujet de ses techniques d'irrigation. Cet homme irriguait son champ avec tous les compartiments du régulateur de moyenne, ouverts à fond, et avec la vanne de tête, dans le canal tertiaire conduisant à sa parcelle, également ouverte à fond. Il expliqua que bien qu'il devrait pouvoir irriguer sa parcelle de riz en 8 heures, il lui en fallait, en fait, 24. On n'avait pas nivelé le champ correctement, et il lui était nécessaire d'atteindre une charge d'eau suffisante pour forcer l'écoulement au dessus de la zone élevée, dans le milieu du champ, de façon que l'écoulement puisse atteindre l'autre extrémité du champ. Cela est un exemple classique de pauvre aménagement de la terre, et du gaspillage d'eau d'irrigation.

On apprit de Mr. B. DIALLO (Communication personnelle, 1978), Chef des Quartiers Généraux des Périmètres du delta de la S.A.E.D. à Ross Béthio, qu'un nivellement inadéquat des champs dans les grands périmètres était un problème majeur, et que c'était une erreur de construire les principaux canaux d'irrigation en dessous du niveau de la surface du sol parce qu'ils sont totalement inefficaces dans leur état présent. Il est raisonnable de supposer que le plan défectueux de l'infrastructure hydraulique et le mauvais nivellement des surfaces des terres ont obligé les cultivateurs à enlever les restricteurs (modules et distributeurs) du système d'irrigation pour obtenir suffisamment d'eau pour les parcelles de riz.

A Boundoum, des observations sur le système de drainage révélèrent un problème sérieux. Le drain principal se vide dans le marigot de Gorom. Pendant la saison des pluies, le

niveau de l'eau dans le Marigot de Gorom est supérieur à celui du drain principal. Cela signifie que si la zone ne peut pas être drainée correctement pendant la période critique de grande utilisation d'eau dans les champs de riz, des conditions de teneur en eau excessive des terres pourraient se développer éventuellement, ce qui réduirait la zone de terre productrice. Des présences de sel furent observées dans les champs à Thiagar et à Boundoum.

Il y avait un problème particulier à Thiagar. Beaucoup de champs dans le périmètre avaient été plantés trop tardivement, ce qui devrait avoir un effet négatif sur les productions de riz de la saison.

Les mauvaises herbes étaient encore présentes dans tous les périmètres pendant la saison des pluies, ce qui indique que c'est un problème constant pour les périmètres irrigués du bassin du Fleuve.

Des observations à Kassak Sud révélèrent des problèmes similaires à ceux prévalant dans les périmètres déjà analysés.

Observations pendant la saison des pluies :

PETITS PERIMETRES :

En Octobre 1978, on visita les petits périmètres irrigués des Etats de l'O.M.V.S. Douze périmètres furent visités au Sénégal, quatre au Mali, et quatre en Mauritanie. Le but de ces visites était de voir et d'évaluer les pratiques actuelles d'irrigation et la situation de la culture rizicole.

Pour avoir accès aux périmètres pendant la saison des pluies, l'Equipe d'Aménagement Agricole voyagea par bateau le long du fleuve Sénégal et du Marigot Doué. Tous les périmètres visités marchaient à plein rendement sauf celui de Babe en Mauritanie. Après 9 mois de construction entièrement manuelle, ce périmètre était presque achevé.

En général, les petits périmètres villageois irrigués souffrent des mêmes problèmes ordinaires. Les périmètres sont bâtis sur des sols fondé. Etant donné que ces sols sont assez perméables, et que les systèmes de distribution sont aussi construits de matériau en fondé, les pertes d'eau pendant le trajet de la pompe à l'endroit d'utilisation, sont grandes. Les canaux d'irrigation s'érodent rapidement ce qui crée des problèmes constants de maintenance. A cause des pertes d'eau et de la perméabilité du sol, il est très difficile d'alimenter suffisamment la culture rizicole en eau. Dans plusieurs des périmètres observés, la culture rizicole montrait des signes de déshydratation et de flétrissure.

Nombre de ces périmètres sont dans leur première saison d'opération. Les agriculteurs ont été laissés à eux-même et sont confrontés à des difficultés. Ils demandent généralement de l'assistance seulement quand les pompes ne fonctionnent pas. Après une requête d'aide, il faut plusieurs jours à un mécanicien pour arriver. Etant donné qu'il n'y a pas de pompes de rechange, l'irrigation est bloquée et la culture ne peut être irriguée.

Aucune attention n'est portée au contrôle des mauvaises herbes dans ces périmètres. Ce manque d'attention était particulièrement remarquable dans les vieux périmètres. Les paddies de riz sont grandement infestés d'herbes folles. Dans les périmètres plus récents, (ceux construits pendant l'année 1978), les mauvaises herbes poussent déjà dans les canaux d'irrigation. Les cultivateurs ne semblent pas être encore au courant des effets que la croissance des mauvaises herbes aura sur la productivité de la culture. A l'heure actuelle, les agriculteurs tolèrent les mauvaises herbes, étant donné qu'ils sont surtout intéressés par la plantation de culture rizicole.

RESUME ET CONCLUSIONS - OBSERVATIONS IN SITU DANS LES  
PERIMETRES IRRIGUES DU BASSIN DU FLEUVE SENEGAL

- Le schéma des systèmes hydrauliques des grands et moyens périmètres au Sénégal et en Mauritanie rend l'irrigation effective et efficace, difficile pour le cultivateur.

- Le cultivateur a besoin d'un apprentissage considérable en ce qui concerne l'exploitation d'un système d'irrigation et l'utilisation efficace de l'eau d'irrigation.

Une gestion adéquate de l'eau et des meilleures pratiques agricoles sont vitales pour l'obtention de production maximale et pour l'utilisation efficiente d'un approvisionnement en eau par pompage. Il semble que peu ou pas d'attention n'a été ou n'est donné à cet aspect de l'agriculture dans le bassin du fleuve Sénégal.

- Beaucoup plus d'importance doit être accordée au contrôle des mauvaises herbes. Si cela n'est pas fait dans un très proche futur, la croissance des mauvaises herbes sera un obstacle très sérieux à la production agricole. Plus les mauvaises herbes deviennent fixées au sol, plus il sera difficile et cher de les déraciner.

- Une solution devrait être sérieusement trouvée aux problèmes de drainage existant dans la région du delta de la Mauritanie et du Sénégal avant qu'un aménagement agricole plus poussé ne soit entrepris dans cette région.

- Le besoin d'un entretien adéquat des systèmes d'irrigation dans les périmètres irrigués ne peut être surestimé. La maintenance est une opération continue si l'irrigation et les systèmes doivent être gardés en bonne condition. Tous

les canaux devraient être totalement nettoyés et toute réparation nécessaire faite pendant la saison sèche. Lorsqu'un système de double culture dans les périmètres irrigués sera établi, ces activités devront être faites entre les périodes de culture.

- On devrait veiller à fixer des paramètres de conception des systèmes d'irrigation, et de drainage si nécessaire, ce qui résultera dans la construction de systèmes plus fonctionnels et plus pratiques dans les nouveaux périmètres à aménager.

- Les cultivateurs dans le Bassin du Fleuve Sénégal ont besoin de plus d'assistance et de support qu'ils n'en bénéficient à présent pour régler les problèmes qui surgissent ; et ils ont besoin de cela en permanence.

- Une des premières stratégies de programmes d'aménagement de l'O.M.V.S. est d'établir de petits périmètres villageois que l'on peut utiliser comme des centres de formation pour aider les cultivateurs à passer de la culture traditionnelle à la culture irriguée. Cela est une saine théorie qui indique de bonnes intentions, mais l'on fait très peu, vraiment, à l'heure actuelle pour faire débiter ce programme.

- Le programme de reconversion dans l'irrigation est en retard. On devra donc modifier en conséquence les programmes d'application et l'amplitude des aménagements prévus.

- On devrait donner beaucoup plus d'attention au processus de transfert de technologie.

C-3.4.6

COMPORTEMENT DES AGRICULTEURS-PRATIQUANT DES  
CULTURES DE SUBSISTANCE-ENVERS LES CULTURES  
IRRIGUEES INTENSIVES

Conséquemment à des entrevues avec des agriculteurs dans le Bassin du Fleuve Sénégal, et avec du personnel gouvernemental d'assistance agricole des états de l'O.M.V.S., et après des visites aux périmètres existants et aux stations de recherche de la F.A.O./O.M.V.S. dans le bassin du fleuve, l'Equipe d'Aménagement Agricole fût capable d'évaluer le désir et la capacité des agriculteurs dans le bassin, à s'adapter à des changements dans leurs structures agricoles traditionnelles. Il fût aussi possible de formuler quelques opinions quant aux modifications qui doivent être faites dans le niveau d'aménagement prévu, et dans les schémas de culture pour les périmètres irrigués ; et de quelles façons les systèmes d'irrigation doivent être améliorés pour assurer une transition ordonnée d'un système à l'autre, et également pour assurer l'intérêt et la coopération continus des agriculteurs pendant la transition.

Une culture de subsistance implique des investissements assez simples, des techniques agricoles et des connaissances pratiques acquises après plusieurs générations. Différents systèmes de culture traditionnelle se sont développés dans différentes parties du monde, ce qui, à cause des facteurs limitatifs du climat et des ressources disponibles, a donné un état d'équilibre entre l'agriculture et l'environnement existant. L'homme doit investir les semences, son travail, parfois celui de sa famille, de ses animaux et de son expérience qui lui permet de faire le meilleur usage possible de la terre et d'autres ressources disponibles. L'implication de Gouvernements ou d'autres institutions n'est pas nécessaire.

Les production sont limitées par des facteurs tels que la fertilité du sol, les conditions climatiques, la disponibilité en eau, les variétés traditionnelles de graines plan-

tées, la superficie de la terre, et la quantité de travail que l'agriculteur peu fournir. La productivité limitée résulte en des revenus bas, ce qui, à son tour conditionne la capacité de l'agriculteur à augmenter la productivité en ajoutant de nouveaux investissements, tels que engrais, nouvelles variétés, contrôle des ressources d'eau, etc. Bien que le système traditionnel soit ainsi auto-limitatif à un grand degré, il fournit vraiment une marge de sécurité et de protection envers les pertes financières. Cependant, le système de culture de subsistance existe dans un équilibre économique fragile, et la manière dont ce dernier peut être facilement rompu par les forces de la nature, avec des conséquences désastreuses, a été récemment démontrée par la sécheresse dans la région sahélienne.

Il a été largement démontré que la culture intensive, basée sur la science et la technologie, avec une ressource d'eau contrôlée, peut résulter en des augmentations très importantes dans la productivité alimentaire. Cependant, il y a eu une tendance dans le passé à croire que les agriculteurs de subsistance seront difficiles à former. Heureusement, il a maintenant d'amples évidences que cela n'est pas le cas. Ces dernières années, quelques succès remarquables ont démontré que de nouvelles techniques agricoles peuvent être introduites dans les structures traditionnelles. Par exemple, en Inde, et en d'autres parties de l'Asie du Sud, les agriculteurs ont déjà réagi à la modernisation de leur système agricole avec une rapidité surprenante et avec beaucoup moins de résistance que l'on en attendait (HOPPER, 1976). On a trouvé que 4 années après le premier lancement général de nouvelles variétés de blé à grande productivité, ces variétés ont occupé presque toute la terre qui était conforme à leur culture, et qu'en réponse à des productions de cultures grandement accrues, les cultivateurs se sont avérés être aussi inventifs que tout autre au monde. Si on démontre clairement qu'une nouvelle technologie agricole résulte en des revenus qui sont supérieurs au coût des nouveaux investissements, et si les agriculteurs ont l'aide nécessaire, ils

peuvent répondre favorable et ils le feront. Il a aussi été rapporté par la même source que la superficie de la terre n'est pas un facteur limitatif et que si on leur donne l'assistance de services non-agricoles et quelque assurance de crédit, tous ceux qui travaillent la terre sans distinction de leur situation quant au régime foncier ou à la taille d'exploitation, deviennent plus productifs. WORTMAN (1976) rapporte des résultats similaires bien que moins importants en Algérie et au Pakistan, parmi d'autres pays en voie de développement.

On estime que l'on peut prévoir la même réaction envers un nouveau système agricole de la part des agriculteurs du bassin du Fleuve Sénégal, si on utilise la méthode adéquate et si les matériels et les aides nécessaires sont fournis. Les agriculteurs de cette région sont déjà quelque peu au courant des bénéfices qui peuvent résulter de rendements plus importants des cultures traditionnelles et de nouvelles variétés de culture qui peuvent pousser avec un approvisionnement en eau contrôlé. La récente sécheresse a dramatisé les points vulnérables d'un système agricole basé sur une source d'eau non contrôlée et aidé à rendre les agriculteurs réceptifs à de nouvelles idées et méthodes qui leur donneront plus de garantie de succès. Ils se sont aussi familiarisés avec un programme de double culture - il faut dire que ce dernier est simple - par la plantation de leurs cultures de diéri, de walo et de falo. Cette expérience les aidera à s'adapter à un programme plus intensif de double culture.

On a déjà fait l'expérience de quelques-uns des dangers et des problèmes impliqués par le changement. Par exemple, quelques uns des agriculteurs ont rapporté qu'après s'être organisés et après avoir investi leur temps et leur argent dans des efforts agricoles, ils ont été laissés à eux mêmes pendant la plus grande partie de la saison de culture, avec une formation ou une connaissance insuffisante - en ce qui concerne les techniques d'irrigation - pour assurer leur succès. D'autres ont eu des difficultés avec des pannes dans le matériel. Leurs requêtes pour les réparations n'ont pas reçu une prompt attention, et il n'y a pas non plus de matériel de rechange, aussi

ont-ils dû laisser leurs cultures sans irrigation pendant de longues périodes. Dans quelques périmètres, les agriculteurs ont été bloqués par des parcelles mal nivelées et par des défauts de conception du système d'irrigation.

Pendant la période de transition, quelques unes des difficultés qui pourront surgir dans le bassin du fleuve seront indubitablement similaires à celles que l'on a rencontrées dans d'autres zones d'aménagement, et une grande quantité de l'expérience, des connaissances et des techniques, acquises dans d'autres projets peut être d'un grand secours aux agences nationales d'aménagement agricole de l'O.M.V.S.

Quelques observations sont souvent identiques dans la plupart des études qui ont été publiées sur les résultats obtenus dans d'autres parties du monde. On en donne un résumé ici parce qu'elles s'appliquent à l'aménagement agricole dans le Bassin du Fleuve Sénégal.

1. - Le Gouvernement du pays en voie de développement doit être sincèrement concerné par l'idée que l'une des plus importantes politiques qu'il peut poursuivre pour obtenir une croissance économique globale du pays est d'améliorer le niveau de vie économique de la communauté rurale, et que la meilleure méthode pour arriver à cette amélioration consiste en une productivité agricole accrue. Ce dévouement envers l'aménagement agricole doit être permanent.

2. - Le Gouvernement doit s'attacher à fournir les institutions, les organisations et les facilités d'assistance qui seront nécessaires pour obtenir du succès dans le secteur agricole.

4. - Bien que quelques principes d'aménagement agricole soient identiques à toutes régions, d'autres doivent être modifiés pour cadrer avec les aspects sociaux, ceux du travail, et ceux de l'environnement local. Cela nécessitera une recherche continue à un niveau local, et des interactions constantes entre les agriculteurs, les organismes étatiques et les struc-

tures de support ainsi que les installations nécessaires à l'aménagement agricole.

5. - Un personnel directement concerné par l'agriculture, y compris les responsables d'agences gouvernementales devraient être choisis avec soin, et cette sélection devrait être faite de préférence sur la base d'un intérêt sincère dans l'agriculture et sur la base d'une connaissance de l'agriculture.

6. - On doit constamment garder à l'esprit que le désir des agriculteurs traditionnels à changer leur pratiques agricoles et leur rapidité d'adaptation à un nouveau système agricole, seront grandement stimulés par la nécessité de ce changement. De meilleurs bénéfices issus d'une productivité agricole accrue seront un important stimulant.

## CHAPITRE D

PROJETS D'AMENAGEMENTSD-1 Introduction

Les projets d'aménagements du secteur agricole seront analysés dans ce chapitre. Bien que les plans intégrés et les taux d'aménagement pour l'agriculture ainsi que proposés par le Comité National en 1974 et les Agences d'Aménagement Nationales (S.A.E.D., SONADER, et O.P.I./A.P.I.) ne semblent pas à cette heure être faisables ou viables, à en juger par une connaissance pratique de l'agriculture telle qu'elle existe maintenant dans le Bassin du Fleuve Sénégal, ils seront quand même mentionnés et analysés.

En outre, on analysera les sections de l'Etude de la SOGREAH (1977) et du Groupement Manantali (1977) qui traitent spécifiquement de leurs concepts d'aménagement agricole dans le bassin du fleuve après la création des deux réservoirs destinés à l'irrigation.

D-2 Objectifs, portée et organisation des Comités Nationaux (1974)

L'Agriculture est importante pour les économies des états de l'O.M.V.S. à cause de sa contribution au produit national brut et à cause du nombre de la population affecté par elle. Elle occupe donc une position vitale dans la planification économique du développement de ces états. Le contrôle du fleuve Sénégal entraînera un changement extraordinaire dans l'environnement et augmentera l'irrigation dans le bassin du Fleuve ce qui sera un important facteur pour l'orientation de la planification nationale.

Comme l'a rapporté l'O.M.V.S., l'importance de son programme d'infrastructure pour le développement économique des états membres entraînera les Comités Nationaux à préparer dès 1974 des plans directeurs pour l'aménagement intégré du bassin du Fleuve Sénégal. Un document intitulé "Les objectifs et les principales stratégies pour l'aménagement intégré du Bassin du Fleuve Sénégal" fut publié en Mai 1974. Ce document exposa les objectifs et les stratégies à long terme pour cet aménagement et, en outre, prêta une attention particulière aux objectifs, à la stratégie et aux actions à poursuivre pendant la période d'intérim jusqu'à ce que la finition des barrages de Diama et de Manantali permettent à un aménagement accéléré du bassin du Fleuve de commencer.

Les plans de la section sur l'agriculture consistaient à atteindre une capacité annuelle d'aménagement des terres de 10.000 hectares et une production égale à 8 tonnes par hectare par an avec une culture double, ainsi que l'établissement d'institutions de production, de supervision et de support.

Le tableau D-2.1 (O.M.V.S., 1977) fournit les taux prévus pour l'aménagement de l'agriculture irriguée dans les trois états membres de l'O.M.V.S. de 1975 à 1983.

Une comparaison des données de ce tableau avec les aménagements existants montre que les taux d'aménagement proposés par les Comités Nationaux sont trop ambitieux. A la fin de 1978, il y avait 204 hectares au Mali, 1 628 hectares en Mauritanie et à peu près 10 041 hectares au Sénégal, sous irrigation.

A l'heure où les Comités Nationaux rédigeaient le programme, la seule agence existante, qui était concernée par l'aménagement agricole du Bassin du fleuve Sénégal, était la S.A.E.D. L'O.P.I. fut établie en 1975 et la SONADER en 1976. La création, au niveau de l'état, d'une institution responsable du développement de l'agriculture irriguée dans le bassin du fleuve Sénégal indique que chaque état est d'accord à propos de l'application du programme agricole de l'O.M.V.S. et qu'il a accepté les taux d'aménagement.

Tableau D.2-1

Rythmes de développement proposés pour la période 1975-78 par les Comités Nationaux

Année	Superficie existante (début de l'année)			Superficie aménagée			Superficie Totale à la fin de l'année		TOTAL	
	Mali	Maurita- nie	Sénégal	Mali	Maurita- nie	Sénégal	Mali	Mauritanie		Sénégal
1975	30	930	8 800	470	1 250	4 200	500	2 200	13 000	15 700
1976	500	2 200	13 000	500	2 200	3 900	1 000	4 400	16 900	22 300
1977	1 000	4 400	16 900	500	1 150	4 500	1 500	5 550	21 400	28 450
1978	1 500	5 500	21 400	500	2 000	4 500	2 000	7 500	26 000	35 500
1979	2 000	7 600	25 900	500	3 000	4 000	2 500	10 600	29 900	43 000
1980	2 500	10 600	29 900	500	3 700	3 100	3 000	14 300	33 000	50 300
1981	3 000	14 300	33 000	500	4 000	4 100	3 500	18 300	37 100	58 900
1982	3 500	18 300	37 100	500	5 000	5 000	4 000	23 300	42 100	69 400

\* O.M.V.S. (1977)

\* La superficie indiquée pour le Sénégal n'inclue pas le périmètre sucrier de Richard Toll.

Les analyses suivantes des objectifs des plans nationaux et des agences responsables de l'aménagement pour chacun des états membres de l'O.M.V.S. ont été extraites de l'étude de l'O.M.V.S. (Avril, 1977).

D-2.1 Objectifs des plans nationaux et des Agences responsables de l'Aménagement

D-2.1.1. Sénégal :

Après que les Comités Nationaux eurent rédigé les plans intégrés et les taux d'aménagement de l'O.M.V.S., la S.A.E.D. établit un cadre pour un cinquième plan quadriennal (1977 - 1981) d'aménagement économique et social, de pair avec un programme d'action à court et à moyen terme, qui remplit partiellement les besoins d'aménagement du programme (O.M.V.S., 1977). Ces plans dépendent de l'achèvement des barrages de Diama et de Manantali qui fourniront l'eau pour l'aménagement des cultures irriguées.

L'objectif du cinquième plan de développement économique et social du bassin du fleuve est de remplacer les cultures de saison des pluies et celles de décrue par des cultures irriguées pour les raisons suivantes :

- éliminer les déficits de céréales par un aménagement intensif du secteur agricole irrigué, ce qui permettra une double riziculture et une introduction progressive d'autres cultures céréalières,

- accroître l'importance des cultures à grands bénéfices telles que le riz, les tomates, le sucre et le coton,

- La régularisation du débit du fleuve assurera un approvisionnement tout au long de l'année en eau d'irrigation, ce qui à son tour, augmentera la production et garantira un revenu constant dans l'agriculture.

Programme d'action à court et moyen terme de la S.A.E.D. :

Une étude du programme d'action à court et moyen terme

de la S.A.E.D. fut faite par la S.C.E.T.-International Corporation et financée par la B.I.R.D. (La Banque Mondiale). Le dessein principal de cette étude était de déterminer l'approche que la S.A.E.D. devrait utiliser pour éliminer l'agriculture de décrue pendant la période de 15 ans d'inondation artificielle qui doit être établie comme faisant partie du programme d'exploitation du réservoir de Manantali.

L'objectif principal du programme d'action de la S.A.E.D. était, pour chaque village dans le bassin du fleuve Sénégal, d'avoir un périmètre irrigué aménagé, ou alors de posséder une zone proche sous irrigation, à la fin de la période de 15 ans, pour compenser les pertes de zones d'agriculture de décrue. Pour atteindre cet objectif, la S.A.E.D. a appliqué le programme de grands et petits périmètres irrigués à travers tout le bassin du fleuve Sénégal.

A l'heure actuelle, les cultures de décrue occupent un tiers de la partie basse de la Vallée moyenne et plus de 50 % de la Vallée moyenne du bassin du fleuve et sont ainsi d'une importance substantielle pour la population qui y habite. Pour éliminer ce système agricole traditionnel en 15 ans, la S.A.E.D. devra maintenir un taux d'aménagement très intensif et un fort capital d'investissement.

L'aménagement des périmètres irrigués ne sera pas en contradiction avec les activités traditionnelles agricoles de terres sèches. La S.A.E.D. a l'intention d'encourager la production des cultures fourragères dans les périmètres irrigués pour fixer l'élevage nomadique dans le bassin du fleuve.

En 1972, la S.A.E.D., comme point de départ vers l'obtention des objectifs de cultures irriguées, concentra ses activités dans le delta et y établit une série de grands périmètres. Ces périmètres sont très mécanisés et les investissements en capital y sont intensifs.

Les projets du cinquième plan sont qu'à peu près 22 000 hectares seront aménagés de 1977 à 1981, à un taux de 5 500

hectares par an. L'accent principal du cinquième plan est mis sur l'aménagement dans le delta et la vallée intérieure, ce qui permettrait une plus grande superficie dédiée à la culture double quand le barrage de Diama deviendrait opérationnel.

Les petits périmètres villageois devaient être aménagés dans des zones à très dense population (de la vallée moyenne à Bakel) près des villages le long des rives.

Une analyse des deux genres de périmètres a conduit à une réorganisation des plans d'aménagement pour les futurs périmètres. La S.A.E.D. a appris, par expérience, que la participation des villageois dans l'aménagement des petits périmètres a diminué substantiellement les coûts d'aménagement et augmenté le taux interne de revenu sur ces périmètres ce qui facilite l'obtention de capitaux étrangers.

Le taux interne de revenu sur les périmètres villageois est estimé à 18 %, tandis que le taux de revenu pour les grands périmètres est de 10 % (S.C.E.T. - S.A.E.D, 1976). La stratégie d'aménagement est maintenant principalement centrée sur les périmètres aux alentours des villages, ce qui permet l'utilisation maximale de la force de travail ; elle est aussi polarisée dans des zones de sols qu'on peut facilement travailler à la main (en prédominance les sols fondé et simili-hollaldé). La S.A.E.D. est aussi en train de considérer l'importance de planifier des projets autour de certains centres de développement, ce qui favorisera la croissance du secteur rural le long de la rive gauche du fleuve Sénégal. Le tableau D-2.2 indique les périmètres qui seront aménagés dans différents emplacements (S.A.E.D. - S.C.E.T) du bassin du fleuve Sénégal entre 1977 et 1980 (O.M.V.S., 1977).

En Mai 1978, le Centre Technique de la S.A.E.D. à Saint-Louis rédigea un document comprenant une révision du programme d'aménagement des périmètres pour la période entre 1978 et 1989.

Tableau D.2-2

Programmation des superficies de terre (superficie en hectares (SAED-SCEF) \*

Périmètre	5è Plan (77-81)			6è Plan (81-85)			7è Plan (85-89)			Total
	Fonde	False	Hollalde Total	Fonde	False	Hollalde Total	Fonde	False	Hollalde Total	
Matam	3 600	1 000	4 600	1 650	450	2 500	4 600	---	---	9 200
Diamel	1 100	1 300	2 400	900	700	---	1 600	---	---	4 000
Thilogne	1 400	1 800	3 200	1 100	1 300	1 300	3 700	---	4 100	11 000
M'Bilor	450	450	900	---	---	---	---	---	---	1 800
Lac de Guiers	---	1 200	1 200	---	1 200	---	1 200	---	1 200	3 600
Nianga	1 800	2 200	4 000	1 900	2 300	1 500	5 700	---	1 600	11 300
Demet	400	2 400	2 800	---	2 800	---	2 800	---	700	8 200
Falel	1 700	---	1 700	670	170	---	840	---	---	2 540
Nabadji	---	---	---	800	800	---	1 600	400	---	2 000
Aram	---	---	---	400	600	---	1 000	200	300	1 850
Kamel	---	---	---	---	---	---	---	1 900	1 300	3 200
Demba Kane	---	---	---	---	---	---	---	1 300	300	1 600
Podor	---	---	---	---	---	---	---	400	1 200	1 600
Kaskas	---	---	---	---	---	---	---	1 100	1 300	2 400
<b>Totaux :</b>	<b>10 450</b>	<b>10 350</b>	<b>900</b>	<b>7 420</b>	<b>10 320</b>	<b>5 300</b>	<b>23 040</b>	<b>5 300</b>	<b>6 300</b>	<b>7 950</b>
<b>Totaux pour le plan</b>							<b>21 700</b>			<b>19 550</b>
										<b>64 490</b>

(Nota : Les tableaux originaux comportent des erreurs, nous avons dû modifier légèrement certaines statistiques)

La différence primordiale entre le programme indiqué au tableau D.2.2 et le programme révisé est qu'il y a considérablement plus de zones à aménager qui sont actuellement projetées dans le delta. Ces zones additionnelles s'élèvent approximativement à 10.100 hectares. Le tableau D-2.3 dresse une liste des zones additionnelles programmées pour aménagement et le nombre d'hectares dans chacune.

#### D-2.1.2 Mauritanie

La Mauritanie est en train de poursuivre son troisième plan national pour le développement économique et social qui couvre la période 1976-1980. Son premier plan quadriennal alla de 1963 à 1967, et le deuxième plan quadriennal de 1970 à 1973.

D'autres projets, non inclus dans le cadre des plans quadriennaux, furent entrepris pour pallier les circonstances uniques des années de sécheresse de 1969 à 1973.

L'attention prêtée à l'aménagement rural pendant ces différentes périodes variait particulièrement en ce qui concerne le secteur agricole. Les objectifs fondamentaux du premier plan étaient d'obtenir une indépendance économique totale et de préparer une base pour le prochain plan de développement économique et social. Donc, on attribua seulement un second rôle à l'agriculture (4,9 % seulement du Budget total), de même qu'à d'autres secteurs directement liés à la production.

La stratégie fondamentale du deuxième plan (1970-1973) était d'améliorer la situation social de la production mauritanienne en se concentrant sur les divers secteurs de production.

Comparé au premier plan (1963-1967), les allocations budgétaires étaient substantiellement plus élevées. La pêche, les mines et l'industrie reçurent 34 % tandis que le secteur rural, comprenant l'agriculture, recevait 13,9 % de plus que dans le premier plan. Les objectifs essentiels de ce second plan étaient pour l'agriculture de réduire les manques dans la

Tableau D.2-3

Superficies additionnelles prévues pour  
l'aménagement en périmètres irrigués dans  
le delta.

	1978	5è Plan	6è Plan	7è Plan
Boundoum			800	
Kassaick-Sud			80	
Kassack-Nord			200	
Thiagar		250	400	
Grande Digue Tellel	460		800	
Debi		1150		
Vallée du Lampsar		2250		
Ronq Jeunes		280		
NDer		150		
NDourbo		300		
Thiago		500		
MBane	140			
Lac de Guiers	-----	-----	<u>1000</u>	<u>1400</u>
Total :	600	4830	3280	1400

production de cultures alimentaires de subsistance en Mauritanie et d'accroître le revenu des agriculteurs. On devait réaliser cela en établissant de nouveaux périmètres irrigués, en améliorant la qualité du personnel de supervision en améliorant les services de vulgarisation, en développant le rôle de la recherche dans l'agriculture, et en éliminant les problèmes de marché.

La stratégie globale du troisième plan de développement économique et social de 1976 à 1980, était basée sur les objectifs fondamentaux d'améliorer la condition sociale des Mauritaniens et d'obtenir une indépendance économique.

L'approche adoptée était et est de maintenir une stratégie équilibrée de développement industriel, urbain et rural qui doit être appliquée à travers :

1°. L'Aménagement de grands projets agricoles irrigués et l'installation d'une infrastructure pour l'établissement de grands projets industriels.

2°. Une politique d'emploi ayant pour objectif de garder la plus grande partie de la force de travail engagée dans l'activité rurale puisque la capacité du secteur industriel à créer des emplois est extrêmement limitée pour les prochaines 5 à 10 années.

3°. La production d'une nourriture suffisante pour la population entière, même pendant les années de sécheresse. Pour atteindre cet objectif, il sera nécessaire d'aménager entre 30 000 et 40 000 hectares de cultures irriguées, ce qui exigera des investissements importants.

Un des objectifs de planification à moyen terme est d'obtenir un taux d'aménagement de 3 000 hectares de terres irriguées par an, et d'obtenir des rendements de 7 tonnes par hectare par an en moyenne dans un système de double culture vers la fin du troisième plan en 1980. A la fin de ce plan d'aménagement, il doit y avoir un total de 10 000 hectares sous irrigation,

dans des périmètres situés à Rosso, Boghé et Kaédi.

Un objectif additionnel est de tester et de parfaire les méthodes de production et les moyens de coordonner ladite production à travers toutes les zones d'activité.

Les objectifs de planification à long terme en Mauritanie sont de garantir que d'ici vingt ans les revenus seront substantiellement améliorés et qu'ils ne seront plus sujets à variation, de par les changements climatiques, et que les besoins fondamentaux en nourriture de la population entière seront satisfaits d'ici 1984. Pour atteindre ces objectifs, le taux d'aménagement pour les cultures devra être de 5 000 hectares par an. Basée sur des productions prévues de 7 tonnes par hectare, on a établi une allocation de terres d'un demi hectare seulement par personne productive de sexe masculin.

Le tableau D-2.4 indique la superficie de terres à aménager chaque année à compter de 1974 jusqu'en 1984. La région totale aménagée sera de 35 000 hectares situés le long de la rive droite du fleuve Sénégal en Mauritanie. Ces superficies sont programmées pour une culture double de riz, pour des céréales, pour des fourrages, pour l'élevage et pour la canne à sucre.

L'on a estimé que 110 000 personnes sont employées à l'heure actuelle dans le secteur agricole et que ce nombre atteindra 260 000 vers 1994 et que, à cette heure là, il y aura 100 000 hectares irrigués, 100 000 hectares de cultures pluviales et 4 000 hectares de cultures de décrue. Si 100 000 hectares de cultures irriguées suffisent à assurer aux fermiers un revenu satisfaisant, de grandes aires peuvent être réservées à la production de fourrages pour améliorer l'élevage.

#### D-2.1.3 Mali :

L'analyse des aménagements agricoles prévus au Mali couvre seulement les zones très proches du Bassin du Fleuve Sénégal.

Tableau D.2-4

Surface à irriguer de façon moderne au cours de la décennie 1974-1984 \*  
(Préparée pour recevoir les cultures le 1er Juillet (ou avant) de  
l'année en question)

Périmètre projeté	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Petits périmètres	283	350	740	1 000	1 100	1 100	1 200	1 300	1 300	1 400	1 500
M'Pourié	716	750	1 000	1 500	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000	2 000
Boghé		200	200	1 000	1 000	1 000	2 000	3 000	4 000	4 000	4 000
Gorgol Pilote		700	700	700	700	700	700	700	700	700	700
" céréales			700		700	1 700	2 700	3 700	4 700	5 700	6 700
" canne à sucre			200		200	1 000	2 000	3 000	3 000	3 000	3 000
Riz - céréales							100	500	1 000	1 000	1 000
" - forrage										500	1 000
Maghama								200	1 000	2 000	3 000
Marché de Kaédi			400	400	400	400	400	400	400	400	400
Centre d'élevage			200	200	200	400	400	400	400	400	400
Koundi 3							200	1 000	2 000	3 000	4 000
" 5						500	1 000	1 500	2 000	2 500	3 000
Tamourt en Naaj**				200	400	600	800	1 000	1 200	1 500	1 500
Achram Diouk**						200	400	600	800	1 000	1 200
TOTAL:	999	1 100	3 240	5 000	6 700	9 600	13 900	19 300	24 500	29 300	34 400
Croissance Annuelle:		100	2 140	1 760	1 700	2 900	4 300	5 400	5 200	4 800	5 100

\*O.M.V.S. (Avril, 1977) (Nota : Les tableaux originaux comportent des erreurs, nous avons dû modifier légèrement certaines statistiques).

\*\* Les Projets Tamourt en Naaj et Achram Diouk ne font pas partie des projets du bassin du fleuve Sénégal.

O.P.I. était le nom originel de l'organisation responsable de l'aménagement agricole, en particulier celui des projets des petits périmètres irrigués, dans le bassin du fleuve. On a récemment changé ce nom en A.P.I., A.P.I est une organisation d'action dont les bureaux sont basés à Kayes, au Mali.

Les périmètres irrigués sont relativement récents au Mali, ayant commencé seulement en 1974 quand le F.A.C., une agence nationale française, avec l'aide de contributions venant du P.N.U.D./F.A.O., fut capable de commencer l'aménagement de huit périmètres irrigués le long du fleuve Sénégal. Ces huit périmètres englobent 204 hectares.

On prévoit d'aménager deux périmètres irrigués supplémentaires de 1977 à 1978, ceux de Moussala et de Gakoura ; chacun aura 25 hectares et sera financé par l'U.S.-A.I.D.

En plus des périmètres irrigués, l'aménagement prévu de l'agriculture comprend des zones de cuvettes naturelles (étangs) ou des Bas-pays convenant à la culture du riz.

Ces zones sont celles de Djibril Gougou, de Daro, et de Gombaye. On doit les remplir au moyen de précipitations naturelles, et les techniques agricoles à ces endroits seront identiques à celles des cultures de décrue.

Les ressources potentielles de terres pour ces zones sont comme suit : Djibril, 100 hectares ; Daro, 250 hectares et Gombaye 200 hectares, soit 550 hectares au total.

Le programme d'aménagement pour 1979 stipulait un nombre de 50 hectares à aménager dans chacune des zones de Djibril Gougou et de Gombaye et de 30 hectares à Daro.

En 1975, la S.C.E.T.-International Corporation entreprit des études afin de déterminer les zones potentielles pour un aménagement agricole dans la portion Malienne du Bassin du fleuve Sénégal.

L'équipe d'étude fut à même de déterminer 40 000 hectares de terres potentiellement irrigables grâce au réservoir du barrage prévu de Manantali.

De ces 40 000 hectares, 8 700 hectares peuvent aussi être irrigués directement à partir du fleuve Sénégal.

D'autres études pour les projets d'aménagement du Mali ont été proposées. Deux requêtes séparées ont été faites pour le financement de ces études. La première étude fut financée par le F.A.C. et son objet était de déterminer la conformité de 500 hectares de nouvelles terres en amont de Kayes (Maloum-Kounta). Cette étude était presque terminée à la fin de 1978. On prévoit qu'il y aura à peu près 400 hectares de cultures pluviales et que les autres 100 hectares seront irrigués par pompage d'eau venant du fleuve Sénégal.

La seconde requête de fonds fut adressée au Fonds Economiques du Koweït (Banque Arabe) pour financer l'étude de 2 000 hectares de terres le long du fleuve Sénégal, en aval de Kayes vers le fleuve de la Falémé. Les prêts ont été obtenus et les termes de référence complétés.

Il est difficile de planifier des programmes d'agriculture irriguée à moyen et à long terme pour la portion du Bassin du fleuve située au Mali, parce que quelques unes des études sur l'utilisation de la terre ne sont pas encore terminées et que d'autres sont nécessaires.

Donc, l'A.P.I. est incapable, à cette heure, de prévoir un taux d'aménagement des terres au delà de 1979.

Les taux d'aménagement de 1977 à 1979 sont indiqués dans le tableau suivant :

TABLEAU D-2.5

TAUX PROPOSE POUR L'AMENAGEMENT AGRICOLE  
DANS LE BASSIN DU FLEUVE SENEGAL POUR LE MALI

Type d'aménagement	Taux d'aménagement (hectares)		
	1977	1978	1979
Pompage (cultures irriguées)	60	100	100
Submersion contrôlée (cultures pluviales)	70	180	250

D-3 Le Barrage de Diama

D-3.1 Introduction :

Les suppositions faites par la SOGREAH (1977) dans son étude sur la mise en oeuvre du Barrage de Diama seront présentées et analysées dans cette section. Des calculs approximatifs des besoins en eau pour l'irrigation des périmètres à partir du réservoir de Diama seront aussi résumés ici.

D-3.2 Inventaire des zones irriguées potentielles

Afin de faire une estimation adéquate des terres à aménager pour l'agriculture irriguée pendant les saisons 1982/1983, 1983/1984 et 1984/1985, la SOGREAH (1977) a établi trois divisions géographiques du Bassin du fleuve Sénégal : le Delta à proprement parler, le Haut Delta et la Vallée moyenne.

Rive Gauche, S.A.E.D :

La plus grande partie des terres dans ces zones doit être aménagée en périmètres irrigués par la S.A.E.D. Des zones plus petites doivent être aménagées par la SOCAS et la C.S.S. Toutes ces zones le long de la rive gauche seront irriguées à partir de

la retenue d'eau de Diama de concert avec le système hydraulique Taouez-lac de Guiers. La rive gauche du fleuve Sénégal contient deux tiers des terres arables.

Rive droite, SONADER :

Les terres à aménager pour l'agriculture irriguée sur la rive droite du fleuve Sénégal (1/3 des terres arables) sera du ressort de la SONADER.

La planification pour l'aménagement des périmètres irrigués sur la rive droite du fleuve en Mauritanie n'a pas encore atteint le même degré que celui des périmètres irrigués du Sénégal. Cela peut être principalement attribué au fait que la Mauritanie a commencé son programme d'aménagement plus tardivement que le Sénégal.

La SOGREAH (1977) a estimé le nombre total de terres à irriguer sur les deux rives du fleuve Sénégal pendant la période qui va de 1982 à 1985. Des calculs sont indiqués dans le tableau D-3-1.

La retenue d'eau de Diama fournira de l'eau pour l'irrigation de ces zones et pour la réalimentation de l'Aftout es Sahel du Lac de Guiers et du Lac R'Kiz.

A partir des données du tableau D.3-1, on peut établir les futurs besoins en eau que le réservoir de Diama devra satisfaire.

D-3.3 Besoins en eau des cultures

Dans l'étude de la SOGREAH (1977), les estimations des besoins en eau d'irrigation pour la zone à alimenter autour du Réservoir de Diama furent faites d'après des méthodes empiriques basées sur des données théoriques qui utilisaient des informations issues d'études publiées telles que :

Tableau D.3-1

Total estimé de la superficie à irriguer  
1982/83 - 1984/85

Source	<u>Superficie à irriguer (hectares nets)</u>		
	1982/83	1983/84	1984/85
Réservoir de Diama	42 620	46 320	52 020
Lac de Guiers	12 770	12 770	12 770
Aftout-es-Sahel	1 000	1 000	1 000
Total :	56 390	60 000	65 790

du fleuve Sénégal, dans laquelle on calcula les besoins en eau des cultures en utilisant la formule de Penman.

- D. RIJKS (1974), une étude dans laquelle on utilisa des lysimètres à Guédi et Kaédi pour faire des essais sur les besoins en eau du riz entre 1971 et 1974.

- La S.C.E.T.-International (1976) prépara un document technique pour l'aménagement du Gorom-Lampsar dans le Delta, qui contenait des données de besoins en eau des cultures.

- La SOGREAH (1972-1973) utilisa la formule de Penman dans plusieurs études sur l'aménagement des périmètres dans le Bassin du Fleuve Sénégal.

Etant donné que les statistiques contenues dans ces sources étaient contradictoires, il a été extrêmement difficile de faire quelque comparaison valable entre des observations sur le terrain-même et les définitions théoriques.

On rencontra trois difficultés en essayant de définir les besoins mensuels en eau des cultures.

1.- Les emplacements pour les futurs périmètres à irriguer à partir du réservoir de Diama, s'étalent du delta à la région de Boghé. Les conditions climatiques ne sont pas identiques pour tous les périmètres prévus, puisque les zones en aval sont influencées par l'atmosphère océanique tandis que des conditions continentales prévalent en amont.

2.- Il se pourrait que les cycles de culture soient modifiés par la variabilité climatique, de même que par des progrès dans la recherche agronomique et par la transition, de la monoculture (saison des pluies) à la polyculture (saison pluvieuse s'étalant dans la saison sèche).

3.- Les caractéristiques du sol diffèrent selon les différentes régions à aménager pour l'irrigation.

4.- Tous les systèmes d'irrigation ne seront pas du même type ; les pratiques d'irrigation ne seront pas identiques, non plus.

Les variables ci-dessus font qu'il est extrêmement difficile d'arriver à un chiffre réaliste pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau, dans tous les périmètres irrigués potentiels.

La SOGREAH (1977) a résolu ces problèmes de la manière suivante :

1.- Ils déterminèrent qu'il n'y a pas de différences significatives dans la pluviométrie annuelle, parce que les régions de cultures irriguées potentielles se trouvent toutes entre les isohyètes de 300 à 350 mm.

2.- Plusieurs schémas distinctifs de cultures furent entrepris afin d'établir un système de double culture qui inclura à la fois les cycles de saison des pluies et sèche.

3.- Ils supposèrent qu'une capacité de rendement de 75 % sera adoptée pour tous les systèmes d'irrigation.

L'étude de la SOGREAH présente en système de culture, compliqué mais détaillé, avec pour objectif de rendre possible la transition d'un secteur agricole de monoculture à celui de polyculture pour les zones à irriguer à partir du réservoir de Diama.

Le tableau D-3.2 montre le nombre d'hectares à cultiver, les schémas de culture adoptés pour les saisons des pluies et sèche (à l'inclusion d'un cycle hors-saison) et les besoins en eau pour l'année 1982-1983 dans les périmètres de la S.A.E.D. à irriguer à partir du réservoir de Diama.

Les besoins mensuels en eau pour l'année, sont aussi indiqués, avec une efficacité d'irrigation supposée de 75 %.

Tableau D.3-2  
 Tableau récapitulatif des besoins en eau des Cultures irriguées. Rive gauche  
 du Fleuve Sénégal, 1982-83  
 (provenant de la retenue du Diama, en Milliers de mètres cubes)

Culture et cycle de croissance	Super- ficie	Jany.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	TOTAL
Canne à sucre (CSS)	1 600	2 544	4 128	4 128	5 136	5 136	4 128	3 840	3 552	4 512	3 216	2 544	48 000	
Culture Riz, en saison régulière	2 400								48 980	53 320	40 920	19 840	163 060	
pluviale	2 400								23 450	43 750	28 000		106 050	
Riz, morte saison (SAED)	2 550								3 825	7 012	6 885	383	23 970	
Sorgho	2 500								4 375	8 625	5 375	3 000	21 750	
Fourrages	1 950								1 852	5 947	8 288	6 727	23 692	
Totaux pour la saison des pluies	26 400	2 544	4 128	1 852	5 947	8 288	377 60	265 89	240 73	035 41	678 19	840	338 522	
Riz, saison sèche	2 000	9 200	6 900	8 800	3 200							6 100	11300	45 500
Culture Riz, morte saison	2 000		6 000	9 600	9 600	4 700						4 200	10600	38 200
Blé	4 000	12 800	10 600									380	960	4 000
(SAED) Maïs, saison sèche	400	1 060	1 060	540										6 940
et SOCAS) Maïs, morte saison	400			1 700	1 880	2 060	1 300							2 190
Sorgho, saison sèche	300	555	600	315								285	435	2 190
Polyculture	1 200	2 220	3 180	3 180	2 220							1 140	2 100	14 040
Tomates	2 200	5 610	5 280	3 520	4 070	2 310						3 300	4 730	28 820
Fourrages	1 900	4 465	5 035	5 415	1 900							190	1 425	3 135
Total pour la saison sèche	14 400	35 910	38 655	33 070	22 870	9 070	1 300				190	16 830	33 260	155
Total général :		38 454	42 783	39 050	33 953	22 494	44 813	64 393	93 080	76 587	46 380	39 886	35 804	577 677

Source : SOGREAH (1977)

Des tableaux similaires avaient été préparés pour les saisons de cultures de 1983-1984 et de 1984-1985. On devrait remarquer que les besoins en eau au début de la saison des pluies pour la culture du riz et du blé ont été augmentés pour que les cultures puissent être pratiquées tôt. Cette technique garantira un temps de travail de la terre suffisant pour les cultures futures de saison sèche-froide (riz et blé).

Le tableau D.3-3 donne les mêmes informations pour les périmètres de la SONADER. Puisque la culture principale dans tous les périmètres irrigués sera celle du riz, la SOGREAH a supposé que la culture de la rive droite sera comparable à celle que la S.A.E.D. a planifiée pour la rive gauche. Sur la base de cette supposition, on pense qu'il est raisonnable d'utiliser la même approche que la S.A.E.D a employée pour ses propres périmètres afin de déterminer les besoins en eau de ses périmètres irrigués.

Le tableau D-3-4 fournit les volumes mensuels des prélèvements d'eau pour les projections d'aménagement des terres en 1982-1983, 1983-1984 et 1984-1985. Ces volumes ont été calculés par la SOGREAH, en se basant sur les besoins en eau d'un système de double culture tant en saison sèche qu'en saison des pluies, et sur un taux d'efficacité de l'irrigation de 75 %.

Quand le barrage de Diama deviendra opérationnel en 1984, sa retenue fournira des eaux d'irrigation aux périmètres aménagés à l'intérieur du delta et le long des deux rives du fleuve Sénégal jusqu'à Podor, avec un niveau de retenue à la côte de 1,5 IGN. Cela rendra la double culture du riz possible à travers toute cette région.

Quand le barrage de Manantali sera opérationnel en 1987, sa retenue desservira toutes les zones irriguées du bassin du fleuve Sénégal. Il sera alors possible d'étendre le système de double culture à tout le bassin du fleuve.

A partir de 1987, le barrage de Diama aura un rôle anti-

Tableau D.3-3

Tableau récapitulatif des besoins en eau des cultures irriguées en Mauritanie, 1982-83  
(Provenant de la retenue de Diama, en milliers de mètres cubes)

Culture et cycle de croissance	Superficie (ha)J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Riz, en saison régulière	4 000							15 800	17 200	13 200	6 400		52 600
Riz, morte saison	2 000				6 700	12 500		8 000	3 100				30 300
Culture pluviale													
Maïs	300				450	825		810	690	45			2 820
Sorgho	300				525	1 035		645	360	45			2 610
Fourrages	400				380	1 220	1 700	1 380					4 860
Totaux pour la saison des pluies	7 000	---	---	380	1 220	1 700	9 055	14 540	25 255	13 290	6 400	---	93 190
Riz, en saison sèche	1 500	6 900	5 175	6 600	2 400						4 575	8 475	34 125
Riz morte saison	1 500	4 500	7 200	7 200	3 525								22 425
Blé	400	1 280	1 060								420	1 060	3 820
Maïs, saison sèche	---												
Maïs, morte saison	---												
Sorgho	---												
Polyculture	200	370	530	530	370						190	350	2 340
Fourrages	400	940	1 060	1 140	400						40	300	4 540
Totaux pour la saison sèche	4 000	9 490	12 325	15 470	10 370	3 525					40	5 485	67 250
Totaux généraux : raux		9 490	12 325	15 850	11 590	5 225	9 055	14 540	25 255	21 350	13 330	11 885	160 440

Source : SOGREAH (1977)

Tableau D.3-4

Retraits d'eau mensuels prévus pour le système de réservoir de Diana (en m<sup>3</sup>/sec)

Utilisation de l'eau	Mois												
	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	
Aux fins d'irrigation à partir du réservoir de Diana													
1982 - 1983	49,9	39,2	23	23,1	23,9	24,2	25,8	26,1	18,1	10,9	24,7	37,6	
1983 - 1984	54,1	42,9	25,8	25,4	25,8	26	28,4	29,2	21,9	12,9	27,1	40,4	
1984 - 1985	60,4	48,1	29,4	28,4	28,6	28,7	31,9	33,1	25,3	15,4	30,9	45	

Source : SOGREA (1977)

sel. Même s'il peut fournir de l'eau d'irrigation, il ne sera pas utilisé à cette fin tant que les besoins se seront pas sentis.

#### D-4 Le Barrage de Manantali

##### D-4.1 Introduction

On analysera ici la section sur l'agriculture de l'étude du Groupement Manantali (1977) et les suppositions qui y ont été faites à propos de l'aménagement prévu du barrage de Manantali. En somme, cette étude a fixé les futurs besoins en eau de l'agriculture et a proposé un plan pour utiliser les réserves d'eau, ce qui permettrait une exploitation rationnelle de la retenue d'eau du barrage pour le secteur agricole, tout en considérant les autres objectifs du projet de barrage.

##### D-4.2 Sources des données sur les besoins en eau et des autres statistiques agronomiques

Le Groupement Manantali (1977) a basé ses analyses des besoins en eau, des zones irriguées du Bassin du Fleuve Sénégal qui doivent être comblés par le Réservoir du barrage de Manantali, sur les résultats de diverses études entreprises par l'O.M.V.S. et sur l'expérience et les avis des experts qui ont mené ces études. Ces études sont :

- l'étude de la F.A.O./O.M.V.S., A.G.P. : SF/REG, par D.A. RIJKS, qui fut une étude sur les besoins en eau pour le riz et qui fut faite entre 1971 et 1975 à Guédié et Kaédi, et pour laquelle, on a utilisé des lysimètres.

- Un rapport verbal présenté par la Mission chinoise en 1974. Ce rapport fut basé sur des études dans lesquelles ils ont essayé d'établir des normes pour des besoins en eau du riz irrigué, en utilisant des emplacements-pilotes et les périmètres existants. Pendant ces études, ils prirent en considération les facteurs suivants : pluviométrie, évaporation, types de sol, et superficie du terrain.

- S.C.E.T.-International (1976) dans son étude pour la S.A.E.D. a établi les besoins en eau de certaines cultures. Ces données étaient basées sur une expérience pratique.

- La SOGREAH (1977) dans son rapport sur les études pour le barrage prévu de Diama a présenté des données sur les volumes approximatifs d'eau nécessaire à l'irrigation.

- MAYNARD (1957) a étudié les besoins en eau des cultures de décrue du sorgho et DENCETTE, Groupement Manantali, 1977 a fait même pour l'irrigation de la canne à sucre.

Bien que le Groupement Manantali n'ait pas entrepris de véritable recherche agricole de son propre chef, il a coopéré activement aux efforts de recherche qui ont été faites dans le Bassin du Fleuve Sénégal. Leur rapport estime qu'approximativement 828 000 hectares sont potentiellement irrigables dont 377 000 net d'une façon économiquement viable, avec l'eau de la retenue de Manantali.

D'autres sources d'eau devront être aménagées pour maintenir l'équilibre des potentialités de la terre.

#### D-4.3 Systèmes de culture, rotations dans les zones irriguées et Définition de l'Hectare théorique irrigué

##### D-4-3.1 Méthodologie

Afin de choisir des schémas de culture et des rotations viables, il a d'abord été nécessaire d'obtenir des données de base sur les systèmes agricoles existant dans le bassin du Fleuve Sénégal. Du point de vue du calcul des besoins en eau, les diverses cultures ont un cycle de croissance et une consommation d'eau assez compatibles. Le Groupement Manantali a utilisé pour la plus grande partie de leur rapport les diverses cultures et rotations proposées par NORBERT BEYARD FRANCE (1974) et soutenues par le rapport verbal de la Mission Chinoise.

Néanmoins, ils modifièrent, dans une grande mesure, les

répartitions des cultures pendant les diverses saisons, après avoir pris en considération les difficultés d'assurer un double cycle de riz dans les conditions climatiques actuelles du bassin du fleuve.

Ils répartirent les différentes cultures selon la subdivision traditionnelle des sols, c'est à dire en Fondé, simili-hollaldé et hollaldé, bien que ces répartitions de sol ne coïncident pas exactement avec celles données par l'agronome.

Les pourcentages de différentes cultures proposées par chacun des états membres furent pris en ligne de compte. Deux saisons seulement furent utilisées, celle des pluies de Juin à Octobre, et la saison sèche de Novembre à Avril-Mai, pour déterminer la méthode d'application des rotations de cultures. Ils divisèrent encore la saison sèche en : saison sèche-froide (Novembre à Février) et saison sèche-chaude (Mars à Mai-Juin).

D'après la répartition des diverses cultures dans le bassin du fleuve, le Groupement Manantali (1977) mit au point un hectare moyen théorique pour la saison des pluies et un autre pour la saison sèche, qui fut utilisé comme base pour calculer les besoins en eau des cultures et pour mener une analyse économique. Pour faciliter la détermination des besoins en eau, les périodes de croissance optimale pour les cultures incluses dans la définition de l'hectare théorique moyen furent réarrangées sur la recommandation du spécialiste agricole. Les cultures comprises dans la composition de cet hectare théorique furent : le riz, le blé, le maïs, le sorgho, le niébé (haricots blancs), le coton, les légumes, les fruits, les fourrages, et la canne à sucre.

#### D-4-3.2 Composition de l'hectare théorique irrigué moyen

Les éléments considérés dans la détermination de l'hectare théorique furent la quantité totale des terres cultivées pendant les deux saisons et les besoins alimentaires des états-membres. Se basant sur ces éléments, on attribua des pourcenta-

ges d'aires à exploiter pour les différentes cultures de chaque saison (des pluies et sèche), ce qui a résulté en une densité spécifique de culture pour chaque saison.

Le tableau D-4.1 donne la composition présumée de l'hectare théorique irriguée.

On suppose que pendant la saison des pluies, il y aura une densité de culture de presque 100 % (toutes les zones étant cultivées) et qu'il y aura à peu près 79 % de terres cultivées pendant la saison sèche. On cultive la canne à sucre à un taux de 80 % ce qui signifie quatre années sur cinq. Les cultures fourragères et horticoles seront exploitées sur une base annuelle.

Globalement, cela représente une densité moyenne de culture de 1,79. Selon les types de culture, les rotations et les méthodes utilisées pour aménager les périmètres irrigués, on a défini un "hectare théorique moyen", qui représente un hectare bien équilibré, composé d'une variété de cultures et aménagé dans les présentes conditions climatologiques du bassin du fleuve.

Les besoins nets en eau de cet hectare théorique moyen sont estimés à 18 600 mètres cubes par an.

#### D-4.4 Besoins mensuels en eau

Les besoins mensuels en eau, établis par le Groupement Manantali (1977) pour un schéma de culture d'une saison des pluies et celui d'une culture de saison sèche sont indiqués au tableau C-3.23 qui apparaît au chapitre C de cette étude.

Deux cultures annuelles, celle de la canne à sucre et celle des fourrages, ont été incluses dans les deux rotations. On obtint les statistiques pour ces besoins en eau, des sources suivantes : S.C.E.T-International (1976) pour les fourrages, SOGREA (1977) pour la canne à sucre, Mission chinoise (1974) pour les fruits et légumes, et RIJKS (1974) pour les autres cultures.

Tableau D.4-1

Composition estimée d'un hectare irrigué théorique

Densité de culture (%)

<u>Culture</u>	<u>Saison des pluies</u>	<u>Saison sèche</u>
Riz	30,6	12,2
Blé	0	17,3
Maïs	16,5	12,5
sorgho	28,6	12,5
Haricots blancs	0	4,3
Coton	3	0
Fruits et légumes	3,2	3,5
fourrages	14,5	14,5
canne à sucre	2,7	2,7
	-----	-----
Total	99,1	79,6

Ces références ont déjà été mentionnées et brièvement décrites plus haut dans cette section. Il semble que les données de base pour établir les besoins en eau des cultures du bassin du fleuve Sénégal, sont extrêmement limitées en termes de quantité et de qualité.

En ce qui concerne les besoins en eau du riz, on donne en plus ou en moins un facteur de correction. On suppose que ce facteur doit être utilisé au fur et à mesure que le besoin s'en fait sentir.

Des taux d'évapotranspiration sont donnés pour les cultures, à l'exception des légumes, des fruits, canne à sucre, et fourrages.

Les besoins en eau des cultures fourragères pour les mois de Juillet, Août, et Septembre ne sont pas indiqués. Etant donné qu'aucune référence sur ce sujet n'a pu être trouvée dans l'étude du Groupement Manantali (1977), on suppose qu'ils estiment que la pluviométrie sera adéquate pour les fourrages pendant cette partie de l'année et que l'irrigation ne sera pas nécessaire.

La composition de l'hectare théorique irrigué est indiquée pour la saison des pluies et pour la saison sèche à chaque culture.

Le tableau D-4.2, (Groupement Manantali, 1977) fournit les besoins en eau pour l'hectare théorique irrigué sur la base de la composition supposée de cet hectare, comme indiqué au tableau D-4.1 ; une densité de culture de 100 % (utilisation totale des terres disponibles) est donnée pour la saison des pluies, et un pourcentage de la terre totale est attribué à chaque culture. Pour la saison sèche, la densité de culture est fixée à 79 % (chiffre qui indique que tous les sols ne sont pas cultivés) avec une variation pour la saison des pluies et une réduction relative dans le pourcentage de terres assignées à chaque culture.

Tableau D.4-2

Besoin en eau des cultures en hectare irrigué théorique \*  
(mm par jour)

	Jun.	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Novemb.	Décemb.	Janv.	Février	Mars	Avril	Mai	TOTAL
Evaporation totale pour la classe A	453	395	184	281	326	307	287	357	313	411	455	476	
Saison des pluies													
Riz	91,8	143,8	122,4	55,1									413,1
Maïs	23,1	42,9	33	6,6									105,6
Coton	3,3	6,3	6,9	4,5									21
Sorgho	18,0	58,3	76,4	51,8	20,3								224,8
Fruits et légumes	5	3,4	3	5,7	4,5								21,6
Saison sèche													
Riz						30,6	31,8	33	45,2	53,8	58,7	28,1	281,2
Blé						12,1	31	37,9	29,3				110,3
Maïs						8,8	20	23,8	22,5	6,3			81,4
Sorgho						8,8	13,8	17,5	18,8	10			68,9
Niebe						3	5,6	6,1	8,7	8,7			32,1
Fruits et légumes						3,7	4,9	5,1	5,9	7,8	6,4	6,4	40,2

Tableau D.4-2 (suite)

Culture pratiquée sur toute l'année

Canne à sucre	7	5,6	5,2	4,8	6,1	4,4	3,4	3,4	5,6	5,6	7	7	65,1
Fourrages	51,8	---	---	---	41,5	41,5	31	31	41,5	51,8	51,8	51,8	393,7
T B <sub>n</sub>	200	260,3	246,9	128,5	72,4	112,9	141,5	157,8	177,5	144	123,9	93,3	1 859
O													
T B <sub>r1</sub> (65%)	307,7	400,5	379,8	197,7	111,4	173,7	217,7	242,8	273,1	221,5	190,6	143,5	2 860
A													
L B <sub>r2</sub> (75%)	266,7	347,1	329,2	171,3	96,5	150,5	188,7	210,4	236,7	192	165,2	124,4	2 478,7

SOURCE : Groupement Manantali (1977)

\* hypothèse : 1 - Pour les cultures pluviales - 100 % de la superficie cultivée de base

2 - Pour les cultures de saison sèche - 100 % de la superficie cultivée pour les fruits et les légumes; 75 % de la superficie prévue pour les autres cultures est cultivée

B<sub>n</sub> = Besoins nets/parcelle (mm)

B<sub>r1</sub> = Besoins réels à 66 % d'efficacité (mm)

B<sub>r2</sub> = Besoins réels à 75 % d'efficacité (mm)

3 - Pour les cultures annuelles : 80 % pour la canne à sucre et 100 % pour les fourrages.

Les statistiques du tableau D-4.2 sont obtenues en multipliant les chiffres du tableau C-3.23 (total des besoins mensuels des cultures en eau) par le pourcentage de densité des cultures pour une espèce particulière, selon les différentes saisons, ainsi qu'il est indiqué au tableau D-4.1 ; par exemple :

Maïs : Saison des pluies  
 Mois : Juin  
 Besoins en eau : 140 mm par hectare  
 Pourcentage de la densité des cultures : 16,5,

Besoins en eau des cultures pour un hectare irriguée théorique de maïs pendant le mois de Juin :

$$140 \text{ mm} \times 0,165 = 23,1 \text{ mm}$$

On a estimé les besoins totaux en eau d'un hectare irrigué théorique sur la base mensuelle et annuelle, ainsi que le total cumulé pour des superficies irriguées du bassin du fleuve allant de 50 000 à 400 000 hectares. Lorsque l'on convertit les chiffres du tableau D-4.2 en m<sup>3</sup> par hectare au lieu de mm. par hectare, le total des besoins annuels approximatifs en eau devient 28 600 m<sup>3</sup> par hectare avec une capacité d'irrigation de 65 % et il s'élève à 24 787 m<sup>3</sup> par hectare lorsque la capacité de rendement est de 75 %. La portion entre l'eau consommée par les cultures et l'eau que l'on fait dériver de la source vers le réseau d'irrigation représente la capacité d'irrigation.

L'étude du Groupement Manantali affirme clairement que les besoins mensuels et annuels en eau ont été déterminés non seulement pour la Moyenne et la Haute Vallée, mais encore pour le Delta. Cela signifie qu'une fois que le barrage de Manantali deviendra opérationnel, son réservoir satisfaira tous les besoins en eau du bassin du fleuve et que l'eau du réservoir de Diama ne sera pas utilisée pour l'irrigation.

Le Groupement Manantali estime qu'à partir d'une base de 7 000 hectares irrigués en 1976-1977, l'aménagement de nouveaux périmètres irrigués connaîtra une expansion avant même le remplissage de la retenue d'eau de Manantali et que, d'ici 1985,

le nombre d'hectares irrigués aura doublé. En se basant sur cette hypothèse, ils donnent trois taux d'aménagement, allant de 2 000 hectares par an à 5 000 hectares pour ensuite s'élever à 7 300 hectares par an. Les taux d'aménagement annuels au bout de 50 ans impliqueraient des périmètres irrigués de 100 000, 255 000 et 377 000 hectares, respectivement. D'après une étude sur la régularisation du fleuve Sénégal, le chiffre de 255 000 hectares semble être le plus conforme aux objectifs globaux du projet de Manantali. On pourrait éventuellement aménager les 120 000 hectares qui restent disponibles pour l'irrigation, mais cela serait aux dépens des objectifs de la navigation énoncés dans l'étude.

On prévoit que la productivité des zones irriguées dans le Bassin du Fleuve Sénégal oscillera entre 160 000 et 520 000 tonnes (selon le taux d'aménagement que l'on utilisera parmi ceux mentionnés plus haut) de grains d'ici 1986, et qu'elle s'élèvera entre 360 000 et 1 300 000 tonnes vers l'an 2000. Pour des besoins de comparaison, la production totale de grains pour ces trois pays de l'O.M.V.S., était de 1 640 000 tonnes en 1974.

La seconde section de l'étude du Groupement Manantali est une analyse économique du secteur agricole du projet d'aménagement du barrage de Manantali. Elle indique que, en excluant le coût du barrage, on prévoit que le taux de rentabilité interne sera de 14 %. L'étude estime, en outre, que d'ici l'an 2000, l'on aura créé 88 000 nouveaux emplois dans les périmètres irrigués puis 189 000 d'ici l'an 2025, avec le taux d'aménagement médian.

En production agricole, on prévoit un développement avec le taux d'aménagement médian résultant en 400 000 tonnes de céréales d'ici l'an 2000, et plus de 800 000 tonnes aux environs de 2025.

On prévoit une production additionnelle de 87 000 tonnes de produits laitiers, de 75 000 tonnes de fruits et légumes, de 55 000 de sucre, et de 23 000 tonnes de viande d'ici l'an 2025.

D-4.5 Changements dans les besoins en eau et dans les schémas des cultures, ainsi que recommandés par l'Equipe chargée de l'étude sur le développement agricole

L'équipe d'aménagement agricole a révisé les besoins en eau des cultures établis par Groupement Manantali (1977) et les a accepté tout en suggérant cependant qu'ils soient utilisés avec une capacité d'irrigation de 65 % (qui permet 28 600 m<sup>3</sup> par hectare de cultures irriguées) plutôt qu'à 75 % (qui offre seulement 24 787 m<sup>3</sup> par hectare). Le Groupement Manantali recommande l'utilisation du pourcentage 75 %. L'expérience obtenue à partir d'aménagements irrigués faits par d'autres agences, a démontré qu'il est plus réaliste d'observer le pourcentage de 65 %.

L'équipe chargée de l'étude sur le développement agricole a aussi révisé le système de double culture pour les saisons des pluies et sèche, établi par le Groupement Manantali et elle est d'avis qu'il sera tout à fait erroné d'imposer un système agricole si sophistiqué aux agriculteurs du Bassin du Fleuve Sénégal en omettant une période de transition suffisante pour développer leurs techniques et acquérir la connaissance nécessaire à leur succès dans les conditions du nouveau système. Tout échec qui pourrait résulter d'une trop grande hâte à passer d'une agriculture traditionnelle à une agriculture irriguée intensive provoquerait un découragement de la part des agriculteurs et augmenterait la difficulté d'un aménagement futur.

Cette équipe propose le changement suivant, en ce qui concerne le programme de double culture prévu par le Groupement Manantali :

De 1979 à 1990, le riz devrait être la culture fondamentale des périmètres irrigués du bassin du fleuve afin d'occasionner une période de transition au système de double culture. Lors de cette période, on devrait mettre l'accent sur la culture unique du riz. Cependant, lorsque le barrage de Diama sera opérationnel, on pourra pratiquer une double culture du riz sur les périmètres irrigués, du delta à Podor. Toutes les zones situées au dessus de Podor jusqu'à Bakel, y compris les régions

du Mali, mettront aussi l'accent sur la culture unique du riz. En 1987, quand le barrage de Manantali sera terminé, tous les périmètres irrigués dans le bassin du fleuve Sénégal pourront graduellement adopter un système de double culture du riz.

La culture irriguée qui procure un contrôle complet des quantités et périodes d'application de l'eau augmentera considérablement la diversité des cultures que l'on peut faire croître dans le Bassin du fleuve. Cependant, l'équipe recommande que, durant les premières phases de l'aménagement, les cultures des périmètres irrigués soient réduites à celles pour lesquelles il existe une demande régionale et nationale. Par conséquent, les cultures suivantes, en plus du riz, devraient être introduites graduellement dans le système de culture, lors de la période de transition : blé, maïs, sorgho, légumes et niébé (haricots blancs).

L'on anticipe sur le fait que, au fur et à mesure que les agriculteurs obtiennent de l'expérience en ce qui concerne les cultures irriguées et que leur succès augmente, les programmes de culture changeront, montrant en cela les variations dans la demande pour certaines cultures, et les goûts alimentaires changeants ainsi que les intérêts nationaux, l'amélioration dans les techniques de l'élevage et la disponibilité croissante de nouvelles données et méthodes résultant de recherches sur le terrain à propos de nouvelles cultures ou de variétés de cultures dans le Bassin du fleuve Sénégal. Ainsi, le changement suggéré sera temporaire jusqu'au moment où le schéma de culture proposé par le Groupement Manantali pourra être totalement appliqué.

On a suggéré ce changement de schéma de culture après avoir pris en considération la nécessité de cultiver des graines alimentaires de base, l'état actuel de l'aménagement agricole et du vétérinaire, ainsi que le manque actuel d'assistance technique adéquate et d'autres "inputs" de support, pour assurer à l'agriculteur une période de transition satisfaisante avant l'adoption de nouvelles méthodes culturales dans le bassin du Fleuve Sénégal.

Le sorgho est, à l'heure actuelle, la culture de base dans les zones sujettes à inondation. On cultive un peu de maïs et des légumes le long des rives du fleuve, et les marigots (falo) où les eaux d'inondation de retrait fournissent suffisamment d'humidité à ces cultures ; la variété de pois, appelée *Vigna Sinensis*, est une culture déjà familière à la fois sur les terres de diéri et de décrué. Quelques unes des techniques que l'on utilise déjà pour ces cultures familières peuvent être appliquées lorsque ces cultures sont exploitées dans des conditions d'irrigation. Le mil, bien que non cultivé sur les terres de diéri, n'est pas prévu comme une culture irriguée étant donné que l'on obtient de meilleurs résultats avec le sorgho dans des conditions d'irrigation.

Bien que les importations du Sénégal en blé soient grandes et que la familiarité et la consommation de pain fait à partir du blé augmentent de jour en jour, le blé est une culture inconnue dans le bassin du fleuve Sénégal. Des essais systématiques à Guédé ont cependant montré que l'on peut faire pousser du blé dans des conditions d'irrigation et que l'on en obtiendra des productions satisfaisantes dans le bassin du fleuve.

On suggère que le blé, le maïs et le sorgho soient cultivés sur les sols à faible granulométrie. Dès que les agriculteurs seront assurés qu'il y a un marché pour le blé, il ne devrait plus y avoir de problème pour qu'ils l'acceptent en tant que culture majeure.

Les haricots secs, les lentilles et peut être d'autres légumineuses peuvent être considérés comme des palliatifs des vigna sinensis, étant attendu qu'ils requièrent essentiellement les mêmes méthodes de culture. L'inclusion de ces cultures dans le système des périmètres irrigués fournirait une plus grande variété dans les régimes alimentaires des familles et produiraient beaucoup plus de revenus que les vigna sinensis.

On propose que l'on cultive les légumes sur les sols fondé en tant que cultures irriguées dont le but est de combler la demande locale. On ne recommande pas des essais de

production de légumes sur une large échelle au cours de la période de transition ; étant donné que les facilités de transport ne sont pas adéquates, pour les longues distances, les produits devraient être déplacés pour atteindre les grands marchés. La production de tomates de Richard Toll et Dagana devrait être suffisante à satisfaire la demande nationale de concentré de tomates.

#### D-5 Périmètres irrigués

##### D-5.1 Introduction

L'application de la composante d'agriculture irriguée des aménagements prévus dans le Bassin du Fleuve Sénégal est supposée avoir un effet dramatique sur la majorité de la population qui y habite. L'O.M.V.S. (1977) indique que l'un des objectifs du programme d'aménagement est de fournir un contrôle total de l'eau du bassin du fleuve, ce qui éliminera la dépendance de la productivité agricole par rapport à des facteurs quelconques tels que la date et la taille de l'inondation dans le fleuve, et la quantité et la répartition géographique des pluies.

Des études antérieures faites dans le bassin du fleuve soulignent toutes les risques inhérents à l'agriculture traditionnelle, qui ne comprend aucun moyen de contrôler l'approvisionnement en eau des cultures. Le passage de l'agriculture traditionnelle aux périmètres irrigués dans tout le bassin du fleuve réduira ces risques.

Cependant, c'est une entreprise considérable que d'introduire et d'adapter les cultures irriguées sur environ 255 000 hectares hors des 430 000 disponibles dans le bassin, et cette tâche doit être effectuée de manière à garantir un succès. Dans le passé, bien qu'il y ait souvent eu de mauvaises récoltes, et quelquefois sur une ou deux années d'affilée, il y a aussi eu des années de très bonnes récoltes, celle de 1962 faite sur des terres de walo qui produisit assez de nour-

riture pour trois années. Les agriculteurs, le long du fleuve Sénégal, se souviennent de cette bonne récolte et y feront probablement référence pour supporter les pratiques d'agriculture traditionnelle si leurs expériences avec les cultures irriguées sont trop difficiles, frustrantes ou alors ne montrent pas des évidences de succès, lors de la phase initiale et transitionnelle.

Il incombera aux gouvernements des états membres de l'O.M.V.S. de demeurer fortement convaincus dans leur volonté d'effectuer cette transition dans l'agriculture et de fournir l'assistance et les facilités nécessaires pour assurer un développement satisfaisant.

#### D.5-2 Expansion future des périmètres irrigués

Plusieurs organismes de planification (O.M.V.S., S.A.E.D., SONADER, O.P.I/A.P.I, Club des Amis du Sahel, etc..) ont prévu des taux différents d'aménagement, en utilisant des horizons différents dans la programmation de l'établissement des périmètres irrigués ou dans leur expansion. La superficie totale visée varie aussi selon les études. Pour la plupart, cependant, la planification n'a pas excédé l'horizon 2000. La carte de base du P.N.U.D/F.A.O/O.M.V.S., (1974) indique les zones des Unités Naturelles d'Equipement à aménager en 2012, mais 21 % seulement des superficies sont programmées en trois phases d'aménagement jusqu'en 1987. Les projections réunies de la S.A.E.D., de la SONADER, et de l'O.P.I. (O.M.V.S., 1976, 1977) ne vont pas au delà de 1989, en ce qui concerne l'emplacement et l'ampleur du projet. Les responsables mauritaniens ont indiqué l'aménagement futur jusqu'en l'an 2000 (Club des Amis du Sahel, 1977). La grande majorité de l'aménagement est prévue au delà de la période de 1989-1990.

Le Groupement Manantali (1977) a aussi mis au point un programme d'aménagement qui comprend un plan à long terme qui va jusqu'à l'an 2027 avec un projet final de 255 000 hectares. Ce plan d'aménagement fournit un programme par pays et inclue les limites recommandées pour la répartition

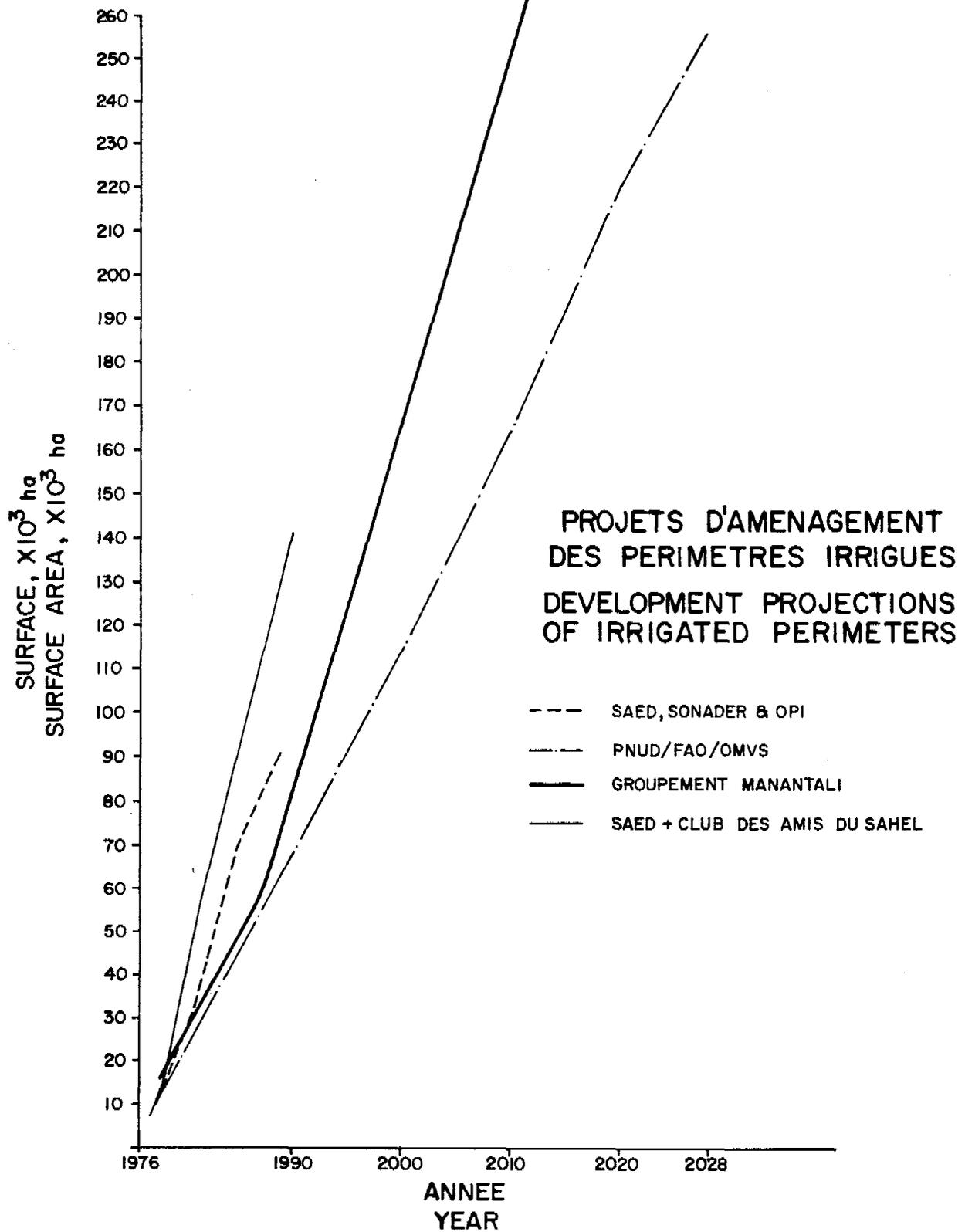
de l'eau et les taux d'utilisation, et indique 13 régions d'aménagement. Il ne fait pas cependant la sélection de zones individuelles d'Unités Naturelles d'Équipement à l'intérieur des régions.

Le tableau synoptique des taux d'aménagement projetés et des horizons temporels indiqués dans les sources variées est présenté sous forme de graphe à la figure D.5-1. Des quatre projections incluses dans cette figure, celle du Groupement Manantali est la plus traditionnelle, et celle qui reflète probablement avec le plus d'exactitude les capacités d'aménagement de la S.A.E.D, de la SONADER et de l'O.P.I/A.P.I. Cependant, les projections réunies de la S.A.E.D et de la SONADER, ont été considérées dans la programmation des futures zones d'aménagement des unités naturelles d'équipement du Bassin du fleuve Sénégal. Les légères variations entre l'horizon de planification de 1987 utilisé par le P.N.U.D./F.A.O./O.M.V.S. (1974) et les dates de 1989-1990 de la S.A.E.D., de la SONADER et du Club des Amis du Sahel (1977) ont été résolues en faveur de ce dernier groupe, mais avec référence aux dates de la carte de base du PNUD/FAO/OMVS pour la période allant de 1987 à 2012 pendant laquelle 79 % des zones d'Unités Naturelles d'Équipement (UNE) doivent être aménagées. Cette dernière période d'aménagement qui a été étendue à l'an 2028 pour les besoins de cette étude devrait garantir de la plus grande considération en ce qui concerne les impacts sur l'environnement issus de l'utilisation totale du barrage de Manantali et de l'expansion des périmètres irrigués à une échelle de 255 000 hectares ainsi qu'il a été proposé par le Groupement Manantali (1977).

#### Aménagements prévus: de l'heure actuelle à 2028

79 % des zones d'Unités Naturelles d'Équipement (U.N.E) décrites sur les cartes du PNUD/FAO/O.M.V.S. sont programmées pour aménagement entre 1987 et 2012, (ce qui constitue) une moyenne de plus de 8 800 hectares par an en aval de Bakel. On pense que ce taux est trop optimiste et qu'il est au delà des capacités actuelles de la SAED et de la SONADER. Le taux d'aména-

Figure: D.5-1



gement le plus prudent du plan du Groupement Manantali a été choisi à la place, mais l'on doit encore effectuer une baisse au delà de 1989 pour rectifier le taux d'aménagement combiné. Etant donné que les projections de la SAED n'excèdent pas l'an 1989, il est nécessaire de doter les projections sur l'aménagement des Unités Naturelles d'Equipement en temps et en espace supplémentaires en ce qui concerne les rives droite et gauche du fleuve Sénégal. Ces projections supplémentaires sont incluses dans cette étude. L'équipe d'aménagement agricole a évalué les différents facteurs ainsi que les impacts qui peuvent découler de la planification d'un programme d'aménagement viable et fonctionnel des terres de ces zones.

Les sites d'aménagement futur ont été sélectionnés sur la base de la taille de la zone d'Unité Naturelle d'Equipement, sur celle de la répartition dans l'espace par rapport aux grandes agglomérations; ces sites ont été aussi choisis sur la base de l'infrastructure existante, l'emplacement des forêts classées, et l'impact socio-économique sur la population de ces zones distinctes. Le taux d'aménagement est à peu près celui établi par le Groupement Manantali (1977).

Un horaire a été fixé pour la programmation des Unités Naturelles d'Equipement dans le bassin du fleuve Sénégal et comprend les phases suivantes : d'aujourd'hui à 1990, de 1991 à 2000, de 2001 à 2010, de 2011 à 2020, de 2021 à 2028. Les figures D.5-2 et D.5-3 montrent les différentes périodes avec les Unités Naturelles d'Equipement programmées et indiquées comme zones à configuration irrégulière. La figure D.5-4 montre les périmètres actuels du Mali bien qu'il n'y ait pas de symboles d'unités naturelles d'équipement désignés en ce qui concerne ce pays. La totalité de l'aménagement futur du Mali, dans le bassin du fleuve Sénégal, sera accomplie avec l'aménagement de 8 915 hectares en l'an 1986 (voir figure D.5-4).

Le tableau D.5-1 fournit le taux et l'emplacement du projet d'aménagement des unités naturelles d'équipement pour le bassin du fleuve Sénégal de 1978 à 2028. Le tableau D.5-2 présente une comparaison entre le programme d'aménagement des unités naturelles d'équipement et celui du Groupement de Manantali (1977).

Tableau D.5-1

Taux et sites des Aménagements d'U.N.E pour le Bassin du fleuve  
Sénégal, de 1978 à 2028

Période	Mauritanie			Sénégal		
	% Aménagement	U.N.E.	Hectares	% Aménagement	U.N.E.	Hectares
1978 - 1990	100	BO1	3 803	100	Delta	12 000
	100	BO2	1 676	100	DA	2 820
	20	KO3	2 268	100	NG1	2 620
	30	KO5	3 450	43	NG4	4 452
	47	MB2	2 218	68	MO2	4 195
	33	MD1	1 977	55	MO9	4 000
				100	MO16	1 761
				100	MO17	1 528
				100	MO18	1 594
				45	DO1	2 471
			43	D11	2 250	
			41	MK1	2 076	
			27,2	OT2	2 980	
		<u>Total : 15 392</u>			<u>Total:44 747</u>	

Phase 1 : Le taux moyen d'aménagement sera de 4 695 hectares par année.



Tableau D.5-1 (suite)

Période	Mauritanie		Sénégal			
	% Aménagement	U.N.E	Hectares	% Aménagement	U.N.E	Hectares
2001 - 2010	53	KO3	6 000	100	DO3	1 182
	43	KO5	4 500	36	OT2	4 000
	17	MD1	1 000	67	TB3	3 074
	13	GAI	1 000	82	MK2	6 896
				88	MO14	3 539
				100	GU	2 528
				100	MO6	1 684
				100	OT6	6 483
				100	MO10	3 316
				100	DEL	3 112
				100	DE3	1 984
						<u>1 984</u>
						Total:37 798
						Total:12 500

Phase 2 : Le taux moyen d'aménagement sera de 5 030 hectares par année -

Tableau D.5-1 (suite)

Période	Mauritanie		Sénégal		Hectares
	% Aménagement	U.N.E	% Aménagement	U.N.E	
2011 - 2020	87	GAI	100	D13	1 060
	48	KI	53	OT4	3 355
	100	MD4	100	MO12	5 328
			56	D16	6 355
			67	MO3	8 124
			73	OT1	5 318
			100	D15	6 473
			74	TB1	5 672
					<hr/>
					Total : 41 685
					<hr/>
					Total : 13 682

Phase 4 : Le taux moyen d'aménagement sera de 5 537 hectares par année.

Tableau D.5-2

Programme d'Aménagement des U.N.E. comparativement aux Prévisions d'Aménagement du Groupement de Manantali (1977)

	1978-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020	2021-2028	Total par Pays
Mali	8 195	-----	-----	-----	-----	8 195
Mauritanie	15 392	12 102	12 500	13 682	8 542	62 218
Sénégal	44 747	34 578	37 798	41 685	26 323	185 131
Total pour le Bassin du fleuve Sénégal par période.	68 334	46 680	50 298	55 367	34 865	255 544
Total cumulé Prévisions U.N.E.	68 334	115 014	165 312	220 679	255 544	
Total cumulé du Groupement Manantali Schedule	68 563	114 323	164 659	220 027	255 163	

## CHAPITRE E

## IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

E - 1 Introduction

La mise sur pied des projets prévus dans le Bassin du Fleuve Sénégal et leur réalisation auront essentiellement des impacts positifs sur le secteur agricole. Les impacts négatifs dus aux aménagements agricoles seront minimes.

Les importants impacts positifs sur l'agriculture seront dus à la construction des barrages de Diama et de Manantali puisqu'ils produiront tous les deux une retenue d'eau qui peut être utilisée pour l'exécution du programme d'aménagement des périmètres irrigués dans tout le bassin. La retenue d'eau de Diama fournira aussi de l'eau pour la recharge du Lac de Guiers, du Lac R'Kiz et de L'Aftout-es-Sahel.

L'aménagement agricole du Bassin du Fleuve Sénégal peut être beaucoup plus avantageux pour les pays membres en ce sens qu'il se traduira par l'expansion des zones irriguées, l'introduction des programmes de double culture, l'amélioration des techniques agricoles, l'accroissement des ressources animales.

Les changements des techniques agricoles employées dans le bassin auront d'autres effets sur l'environnement physique et socio-économique. Certains de ces effets seront positifs, d'autres peuvent être négatifs. Le remplacement de l'agriculture traditionnelle par l'agriculture irriguée affectera les aspects de l'environnement étudiés par les autres secteurs impliqués dans l'évaluation des impacts sur l'environnement, par exemple la biomasse aquatique et terrestre, la santé publique et la qualité des eaux.

si possible, les impacts sur l'environnement seront quantifiés, qu'ils soient positifs ou négatifs; par exemple la perte de terres agricoles de décrue et de terres de pâturage marginal due à l'aménagement des périmètres irrigués. Dans certains cas, on trouvera la détermination finale des impacts favorables ou défavorables et leur importance, dans les études des autres secteurs qui travaillent sur l'évaluation de l'ensemble du projet de l'O.M.V.S.

Etant donné que la construction des infrastructures des barrages de Manantali et de Diama et l'aménagement ultérieur des périmètres irrigués auront les impacts les plus significatifs sur l'agriculture, ils seront analysés en premier lieu.

#### E - 2 Barrage de Diama

##### E - 2 - 1 Impacts favorables

La construction du barrage de Diama aura plusieurs impacts favorables sur l'agriculture dont :

- L'élimination de l'intrusion de l'eau salée en amont du site du barrage de Diama.
- l'Enmagasinage d'une quantité suffisante d'eau-douce pour un système de double culture irriguée.
- la Recharge du Lac de Guiers, de l'Aftout es Sahel et des cuvettes du Lac R'Kiz

Selon une étude faite par la SOGREAH (1977), 34 420 ha de terres situées sur la rive gauche du fleuve Sénégal peuvent être irriguées avec l'eau provenant de la retenue d'eau de Diama. La plus grande partie du potentiel de terres irrigables sera aménagée par la SAED en collaboration avec la CSS et la SOCAS qui participent à des aménagements de moindre importance. En outre, 12 770 hectares seront irrigués avec l'eau provenant

du Lac de Guiers, en passant par le Marigot de Taouey et exclusivement utilisable par la CSS.

Sur la rive droite du fleuve, en Mauritanie, l'eau provenant de la retenue d'eau de Diama, permettra à la SONADER, d'irriguer un total de 17 600 hectares, plus un projet-pilote de 1 000 hectares dans la zone de l'Aftout-es-Sahel. L'irrigation de ce projet pilote sera effectuée au moyen d'un canal artificiel qui doit provenir du fleuve Sénégal.

Selon la SOGREAH (1977), si le niveau du réservoir de la retenue d'eau de Diama est fixé à 1,5 mètre IGN, un potentiel total de 65 790 hectares de terres peut être irrigué dans le delta et la basse vallée du bassin du fleuve. S'il est fixé à la cote + 2,5 mètres IGN, il sera possible d'irriguer plus de 98 000 hectares de terres agricoles pendant une période de 10 années de faible crue (SOGREAH, 1977).

#### E - 2 - 2 Impacts défavorables

Le seul impact défavorable que la construction du barrage de Diama pourra avoir sur les aménagements agricoles dans le bassin du fleuve Sénégal est le changement du niveau de la nappe phréatique dans le delta et un accroissement de la salinité du sol, surtout en saison sèche.

La majeure partie des périmètres irrigués de la SAED, approximativement de 7 100 hectares, est concentrée sur la rive gauche du fleuve Sénégal, dans la zone du delta. Il existe une possibilité d'augmenter les projets d'irrigation dans cette même zone. D'autres opérations d'exploitation agricole dans cette région englobent celles de la CSS (5 000 hectares de canne à sucre) et une opération de production et conserverie de tomate dirigée par la SOCAS. Sur la rive droite du fleuve, à Rosso-Mauritanie, le périmètre irrigué de la SONADER (M'Pourie) couvre sur 978 hectares.

Actuellement, plusieurs conditions mettent en danger ces projets :

- la nappe phréatique actuelle est peu profonde et très salée. Le " U.S. Bureau of Reclamation " (Agence américaine de mise en valeur) révèle que la nappe phréatique est à moins de 1,5 mètre de la surface, avec un taux de salinité égal ou supérieur à 20 000 micromhos par centimètre cube. Audibert (1970) a signalé les mêmes conditions.

- les sols du delta sont salins/sodés.

- A plusieurs endroits, le drainage naturel est difficile.

Après l'achèvement du barrage de Diama, l'application des travaux annuels d'irrigation contribuera à la montée des niveaux de la nappe phréatique, ce qui pourrait favoriser des conditions qui rendraient les terres incultivables à cause de leur teneur excessive en eau. En raison aussi de l'ascension capillaire de la nappe phréatique salée, le sel pourra éventuellement s'accumuler dans la zone de racine, ce qui aura un effet nuisible sur le riz et les autres cultures, affectant de façon néfaste la productivité.

L'influence néfaste de la retenue d'eau du barrage de Diama sur la hauteur actuelle de la nappe phréatique est d'un intérêt particulier, du point de vue de l'environnement. La transmissivité dans les couches inférieures du delta semble être assez élevée pour permettre un mouvement latéral significatif de l'eau. La SOGREAH (1977) a signalé dans ses études du projet de barrage à Diama qu'il existe dans le delta une couche sous-jacente avec des lentilles sablonneuses à très forte perméabilité. Les données montrent que l'eau provenant de la retenue d'eau du barrage de Diama coulera horizontalement à travers ces lentilles du sol sur environ un à deux kilomètres à l'intérieur des terres. En outre, il y aura une montée verticale de la nappe phréatique et par la suite, une infiltration à travers la couche sous-jacente de la surface du sol, ce qui contribuera au développement des sols rendus incultivables par leur teneur excessive en eau. Par conséquent, à cause du facteur de forte évaporation dans le

delta, un précipité salé s'accumulera à la surface du sol et dans le profil du sol. La mise en valeur de ces sols sur une zone d'un à deux kilomètres contiguë à la retenue d'eau peut être économiquement impossible à cause de leur forte teneur en sel et du volume d'eau qui devra être évacué par drainage.

Tous ces facteurs mentionnés ci-dessus contribuent à la baisse progressive des rendements et de l'intensité de l'usage des terres irriguées dans le delta. Dans les conditions actuelles d'aridité, également, la salinité et les terres rendues incultivables par leur teneur excessive en eau augmentent en raison du manque de drainage souterrain. Ces circonstances pourraient éventuellement entraîner une évacuation totale de vastes superficies de terre, ce qui entraînera à son tour des grosses pertes d'investissement en capital. Afin d'éviter ou de minimiser cet impact, des travaux de drainage souterrain à l'intérieur des parcelles des actuels périmètres irrigués seront nécessaires ; il faudrait inclure les dispositions nécessaires pour assurer le drainage souterrain dans tout plan d'aménagement de nouveaux périmètres dans cette zone du bassin du fleuve Sénégal. L'importance du drainage souterrain ne peut être souligné davantage. Pour plus amples détails sur le drainage, se rapporter au chapitre F. de cette étude intitulé Mesures visant à atténuer les impacts sur l'environnement.

La nappe phréatique du bassin du fleuve Sénégal et les impacts qui peuvent résulter des aménagements prévus feront l'objet d'une plus ample discussion dans l'étude sur les eaux souterraines.

### E-3 Barrage de Manantali

#### E-3.1 Impacts favorables

L'un des objectifs essentiels de la construction du barrage et du réservoir de Manantali est le développement de l'agriculture irriguée ; ils auront un impact favorable important sur l'agriculture dans le bassin du fleuve Sénégal quand ils deviendront opérationnels. Le réservoir de Manantali con-

tiendra  $7,85 \times 10^9$  mètres cubes d'eau à une cote de + 208 IGN et nondera 477 kilomètres carrés de terres. Il fournira assez d'eau pour irriguer 255 000 hectares de terre dans le Mali, la Mauritanie et le Sénégal. Cette terre doit être aménagée pendant plus de 50 ans, à compter de 1979.

Un autre impact favorable lié au barrage de Manantali sera la "crue artificielle" qui seront produite sur une base annuelle à compter de la première crue, un an après l'achèvement du barrage et continuera sur une base annuelle pendant une période de 15 ans. Cette crue artificielle, comme le recommande le Groupement Manantali (1977) sera produite en réglant les lâchures d'eau à partir du réservoir, de façon à maintenir un débit de 2 500 m<sup>3</sup>/s dans le fleuve à Bakel pendant une période de 30 jours. La crue débutera parfois vers le 15 Août et continuera jusque vers le 15 septembre, ce qui représente la période optimale pour l'agriculture dans le bassin du fleuve.

L'objectif de la crue artificielle est de fournir de l'eau à 100 000 hectares de terres destinées à l'agriculture de décrue et aux périmètres irrigués qui deviendront alors opérationnels. Cela permettra une transition logique de l'agriculture traditionnelle de décrue à l'agriculture intensive dans les périmètres irrigués.

### E-3.2 Impacts défavorables

Il y aura un impact négatif permanent créé par la faible augmentation du débit du fleuve Sénégal provoquée par le barrage de Manantali. Environ 5 000 hectares de terres de décrue falo situées le long des rives seront inondées en permanence. L'étude sur la Socio-économie offre au lecteur une analyse plus détaillée de cet impact et des mesures à prendre en vue de l'atténuer.

## E-4 Développement de l'agriculture

### E-4.1 Agriculture irriguée

#### E-4.1.1 Impacts favorables

Le développement simultané de grands et petits périmètres irrigués dans le bassin du fleuve Sénégal aura un impact sérieux et favorable sur l'environnement du bassin surtout dans le secteur agricole. La possibilité qu'offrent les réservoirs d'emmagasinement de Diama et de Manantali d'avoir de l'eau pour l'irrigation pendant toute l'année changera éventuellement l'actuel système de culture extensive en multiculture intensive, intégrée.

Parmi les influences favorables du passage à l'agriculture irriguée il y aura :

- Un accroissement des possibilités d'emploi dans le secteur agricole et les activités associées au fur et à mesure que la mise en valeur des terres s'accélère.
- Une amélioration de l'économie agricole qui stimulera et contribuera à son tour à l'ensemble de l'économie nationale.
- Une amélioration des revenus et du niveau de vie des exploitants agricoles du bassin du fleuve Sénégal.
- Un accroissement des provisions alimentaires nationales accompagné de celui des variétés alimentaires et de l'amélioration de la qualité.

Les dernières études et évaluations (Sénégal-Consult, 1970 ; NORBERT BEYRARD, 1974 ; et FAO/OMVS, 1977) s'accordent que le potentiel total de terres irrigables destinées à l'aménagement agricole du bassin du fleuve Sénégal est de 430 000 hectares.

En 1977, le Groupement Manantali a procédé à une intensive analyse hydraulique et économique de 12 différents scénarios de contrôle du débit compris dans les objectifs du développement planifié, qui consistent en trois secteurs pour le complexe du barrage de Manantali : l'énergie, la navigation et l'irrigation de 376 000 ou 255 000 hectares. Sept de ces scénarios ont été éliminés immédiatement parce qu'ils n'étaient pas conformes aux objectifs du développement potentiel ou à cause des contraintes techniques, des coûts et d'autres facteurs moindres.

Les cinq scénarios restants (1, 3, 5, 7 et 11) contenaient des éléments favorables, aussi ont-ils été évalués davantage en fonction des possibilités économiques. Une détermination finale a été faite et le scénario 7 a été accepté par le Groupement Manantali. Le choix a été fait en fonction des résultats d'une étude d'optimisation qui a révélé qu'avec un barrage de 208 mètres, il serait possible d'assurer une production de 800 Gwh d'énergie, la navigation sur le fleuve Sénégal et l'irrigation de 255 000 hectares à un taux de développement acceptable d'environ 5 000 hectares par an. L'étude du Régime du Fleuve et de l'Estuaire offre au lecteur une analyse plus détaillée.

Le Groupement Manantali (1977) a mis au point un programme de développement comprenant un plan à long terme horizon 2028 basé sur 255 000 hectares. Ceux-ci ont été alloués aux trois états membres de l'OMVS comme suit :

Sénégal	185 000 ha
Mauritanie	62 000 ha
Mali	8 200 ha
Total	<hr/> 255 200 ha

Ces 255 200 hectares de terres du bassin du fleuve destinées à être aménagées en périmètres irrigués sont actuellement exploitées par de petits exploitants agricoles de la façon suivante :

- 67 000 hectares pour l'agriculture de décrue de Mars à Novembre dans les terres de walo
- 178 900 hectares servent de terres de pâturage marginal.
- 9 400 hectares servent à la production de charbon.

Pendant les 50 prochaines années, à compter de 1979, l'usage de la terre dans le bassin du fleuve passera des usages traditionnels (agriculture de décrue, pâturage, production de charbon) à l'agriculture intensive irriguée avec un système de double culture. Afin d'évaluer de façon adéquate les avantages de ce changements d'usage des terres, il est nécessaire de déterminer ce que serait les projections du rendement et de la valeur de la terre si l'on maintenait les usages traditionnels, sans les aménagements prévus. Ces projections sont indiquées aux Tableaux E.4-1, E.4-2 (a et b) et E-4-3 (a et b).

La Figure E.4-1 représente une carte où le bassin du Fleuve Sénégal est divisé en 10 régions administratives. Cette division du bassin du fleuve a été réalisée par l'équipe de la " socio-économie " en vue de procéder à une analyse démographique du bassin. Afin de faciliter les références entre les divers secteurs de cette évaluation des impacts sur l'environnement, cette carte est utilisée dans toutes les études. Les numéros de référence des zones de la carte correspondent à ceux qui apparaissent sur les Tableaux E-4-2 et E-4-3.

A des fins de comparaison, il est nécessaire aussi de quantifier les rendements annuels prévus et la valeur des cultures pour les périmètres irrigués étant donné qu'ils doivent être aménagés pendant une période de plus de 50 ans avec la mise en pratique des aménagements prévus. Le Groupement Manantali

TABLEAU E-4.1

Estimations des pertes de production dues à la suppression de l'agriculture de décrue dans le bassin du fleuve Sénégal

Période de référence	Surface perdue (en ha) *	Rendement moyen (en kg/hectares) * †	Perte totale de production de sorgho (en tonnes)	Valeur actuelle 40 f.cfa/kg * † (10 <sup>3</sup> f.cfa)
1979-1990	17,269	500	8,634,500	345,380
1991-2000	13,909	"	6,954,500	278,180
2001-2010	12,812	"	6,406,000	256,240
2011-2020	11,947	"	5,973,500	238,940
2021-2028	10,663	"	5,331,500	213,260

\* CHAUMENY (1973)

\* † Rendements et prix tirés de l'étude de l'O.M.V.S. Rythmes de Développement et Modulation des des Crues et des Renseignements Recueillis au niveau des Etats, P. 99.

TABLEAU E-4.2 (a)

Estimations des pertes potentielles de terres destinées au pâturage naturel, dues au passage de l'agriculture de décrue à l'agriculture irriguée (en hectares)

Numéro de référence de la zone	Situation de la zone	Période d'aménagement				Perte totale
		1979-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020 2021-2028	
<u>SENEGAL :</u>						
1	Département de Dagana	13,210	--	1,219	--	14,429
2	Département de Podor	14,320	12,037	7,410	11,255	47,985
3	Département de Matam	4,874	9,745	13,481	18,447	54,320
4	Arrondissement de Ololdou	--	1,594	3,710	--	5,304
<u>MAURITANIE :</u>						
5	6ème Région (Rosso)	1,924	2,524	5,909	5,433	16,955
6	5ème Région (Aleg)	5,098	2,668	3,204	1,054	13,444
7	4ème Région (Kaédi)	1,300	1,971	658	--	5,332
8	Région (Sélibabi)	--	--	--	3,209	3,209
<u>MALI :</u>						
9	Cercle de Kayes	6,650	--	--	--	6,650
10	Cercle de Bafoulabé	1,140	--	--	--	1,140
TOTAL		48,516	30,539	35,591	41,106	23,016 / 178,768

TABLEAU E-4.2 (b)

Estimations des pertes potentielles de terres de pâturage naturel,  
dues au passage de l'agriculture de décrue à l'agriculture irriguée

(Valeurs en Francs CFA)

---

Perte totale en hectares (cf. Tableau E-4.2 (a) :	178,768
Rendement par hectare = 5 tonnes	
1 tonne = 400 unités de fourrage	
Valeur d'une unité de fourrage - 6,33 f.cfa *	
Valeur d'une tonne - 400 X 6,33 f.cfa = 2 532 f.cfa	
178,768 hectares perdus X 5 tonnes/ha = 893,840 tonnes perdues	
893,840 tonnes X 2 532 f.cfa = 2 263 202 880 f.cfa	

Résumé :

Perte totale en hectares :	178,768
Perte totale de production :	893,840 tonnes
Valeur totale de la production perdues :	2 263 202 880 francs CFA

---

\* Groupement Manantali (1977)

TABLEAU E-4.3 (a)

Estimations des pertes potentielles de terres destinées à la production de charbon, dues au passage de l'agriculture de décrue à l'agriculture irriguée.

(en hectares)

Numéro de référence de la zone	Situation de la zone	Période d'aménagement				Perte totale	
		1979-1990	1991-2000	2001-2010	2011-2020 2021-2028		
<u>SENEGAL :</u>							
1	Département de Dagana	685	64	---	---	749	
2	Département de Podor	755	433	390	788	592	2,958
3	Département de Matam	256	513	709	971	409	2,858
4	Arrondissement de Ololdou	---	84	195	---	---	279
<u>MAURITANIE :</u>							
5	6ème Région (Rosso)	101	134	311	286	61	893
6	5ème Région (Aleg)	268	140	169	55	75	707
7	4ème Région (Kaédi)	68	104	35	---	74	281
8	Région (Sélibabi)	---	---	---	169	---	169
<u>MALI :</u>							
9	Cercle de Kayes	350	---	---	---	---	350
10	Cercle de Bafoulabé	60	---	---	---	---	60
Total		2,543	1,472	1,809	2,269	1,211	<u>9,304</u>

TABLEAU E-4.3 (b)

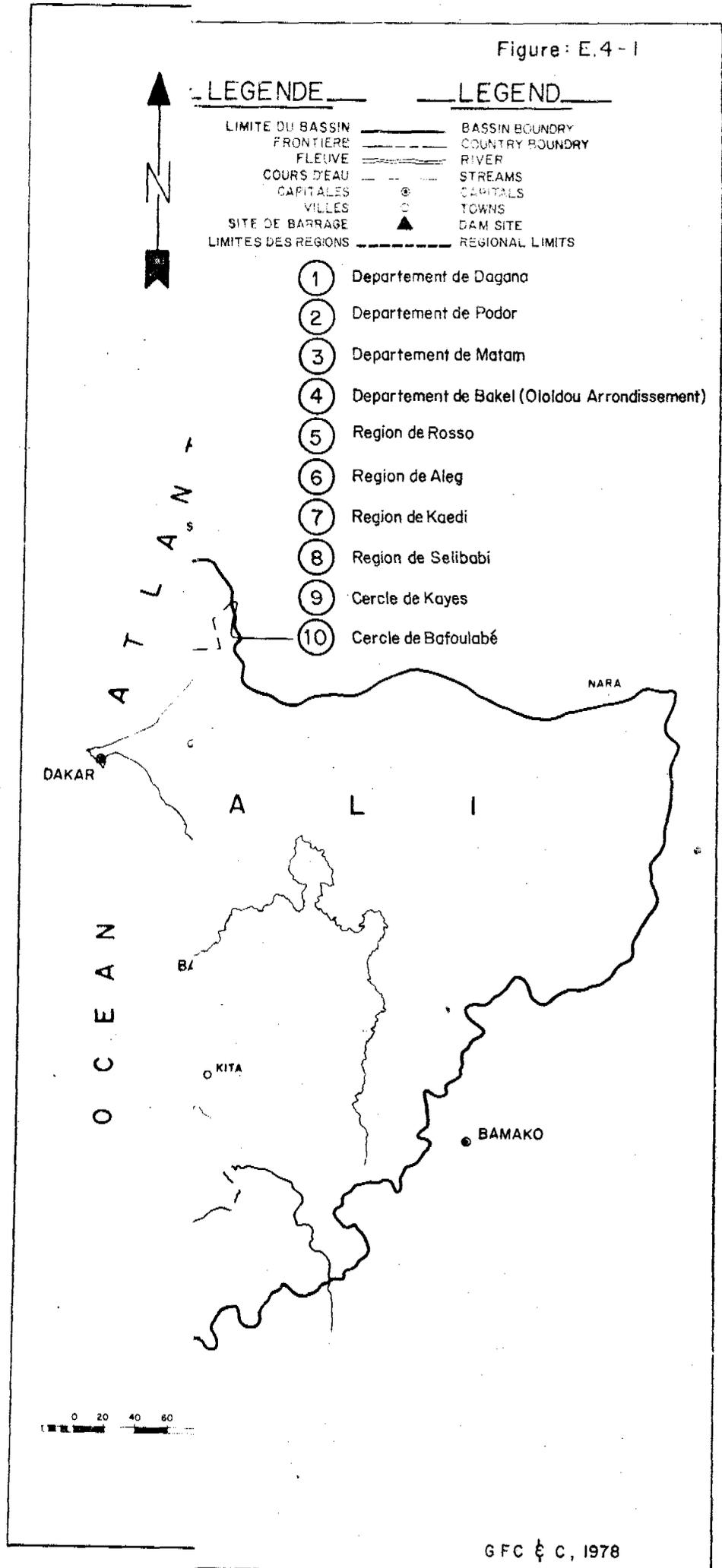
Estimations des pertes potentielles de terres destinées à la production de charbon, dues au passage de l'agriculture de décrue à l'agriculture irriguée.

(Valeurs en f.cfa)

Perte totale en hectares (cf. Tableau E-4.3 (a) :	9,304
Rendement par hectare = 20 quintaux	
20 quintaux = 2 tonnes	
Valeur d'une tonne = 10 000 f.cfa *	
2 tonnes X 9,304 = 18,608 tonnes de production perdue	
18,608 tonnes X 10 000 f.cfa = 186 080 000 f.cfa de production perdue	
<u>Résumé :</u>	
Perte totale en hectares :	9,304 hectares
Perte de production totale :	18,608 tonnes
Valeur totale de la production perdue :	186 080 000 francs CFA.

Les prix de marché sont tirés de données des missions sur le terrain.

Figure: E.4-1



(1977) a mis au point un programme de diversification des cultures pour l'aménagement des périmètres irrigués dans le bassin du fleuve. Ce programme est basé sur la pleine utilisation de la terre (une densité de culture estimée à 100 %) en saison des pluies et 75 % d'utilisation de la terre en saison sèche. Le programme devait commencer en 1978. Cependant, d'après les observations faites in situ au cours de cette étude, l'équipe de l'agriculture a constaté que ce programme de culture était trop sophistiqué pour être mis en pratique immédiatement. Par conséquent, il a été développé un programme modifié dans lequel la période de 12 ans, de 1979 à 1990, a été désignée comme période de transition entre l'agriculture traditionnelle et un nouvel environnement agronomique. Pendant cette période, l'accent sera mis essentiellement sur la riziculture dans tous les périmètres existant dans le bassin du fleuve Sénégal, et la culture d'autres céréales qui seront introduites progressivement vers la fin du programme. Ces 12 années devraient donner aux exploitants agricoles assez de temps pour découvrir les nouvelles technologies, obtenir des renseignements d'ordre agronomique et acquérir l'expérience nécessaire pour progresser de façon rationnelle vers un système de double culture intensive.

Le Tableau E.4-4 (a, b, c et d) donne une étude quantitative du programme d'aménagement agricole de 1979 à 2028. Dans ce tableau, l'étude quantitative de 1979 à 1990 ne concerne que la production de la monoculture et la double culture de riz. De 1990 à 2028, l'étude quantitative concerne le programme de double culture qui comprend le riz, les autres céréales et diverses cultures.

Quand on établit une comparaison entre la valeur de l'utilisation des terres sans la mise en pratique des aménagements prévus, et la valeur avec les aménagements prévus, il est évident que le développement de l'agriculture irriguée intensive dans le bassin du fleuve Sénégal aura un impact favorable très important.



TABLEAU E-4.4 (A)  
(Suite)

Saison de culture	Hectares cultivés totaux	Riz paddy			Blé			Maïs			Sorgho		
		Production totale (en tonnes)	Valeur totale (10 <sup>6</sup> CFA)		Production totale (en tonnes)	Valeur totale (10 <sup>6</sup> CFA)		Production totale (en tonnes)	Valeur totale (10 <sup>6</sup> CFA)		Production totale (en tonnes)	Valeur totale (10 <sup>6</sup> CFA)	
2004-05	139 818	222 310	8 892,4	72 564	2 902,5	121 642	4 865,7	172 396	6 895,8				
2005-06	144 842	230 298	9 212,0	75 174	3 007,0	126 019	5 040,8	178 591	7 143,6				
2006-07	149 876	238 302	9 532,0	77 787	3 111,5	130 392	5 215,7	184 797	7 391,9				
2007-08	154 910	246 306	9 852,2	80 397	3 215,9	134 769	5 390,8	191 004	7 640,2				
2008-09	159 944	254 310	10 172,0	83 010	3 320,4	139 152	5 566,0	197 211	7 888,4				
2009-10	164 978	262 314	10 492,0	85 623	3 424,9	143 031	5 721,2	203 318	9 132,7				
2010-11	170 515	271 118	10 844,7	88,497	3 539,9	148,348	5 933,9	210 245	8 410,0				
2011-12	176 052	279 922	11 196,9	91 371	3 655,8	153 165	6 126,6	217 072	8 682,0				
2012-13	181 589	288 725	11 549,0	94 245	3 770,0	157 983	6 319,3	223 899	8 956,0				
2013-14	187 126	297 530	11 901,2	97 119	3 884,8	162 799	6 512,0	230 726	9 229,0				
2014-15	192 663	306 333	12 253,3	99 993	3 999,7	167 617	6 704,7	237 554	9 502,1				
2015-16	198 200	315 137	12 605,5	102 867	4 114,7	172 434	6 897,4	244 381	9 775,2				
2016-17	203 737	323 941	12 957,6	105 738	4 229,5	177 251	7 090,0	251 207	10 048,3				
2017-18	209 274	332 745	13 310,0	108 612	4 344,5	182 069	7 282,8	258 035	10 321,4				
2018-19	214 811	341 548	13 661,9	111 485	4 459,4	186 884	7 475,4	264 862	10 594,5				
2019-20	220 348	350 252	14 010,0	114 360	4 574,4	191 702	7 668,0	271 689	10 867,6				
2020-21	224 740	357 335	14 293,4	116 640	4 636,8	195 523	7 820,9	277 104	11 084,2				
2021-22	229 132	364 319	14 572,8	118 920	4 756,8	199 344	7 973,8	282 520	11 300,8				
2022-23	233 524	371 302	14 852,0	121 200	4 848,0	203 165	8 126,6	287 688	11 507,5				
2023-24	237 916	378 286	15 131,4	123 477	4 939,0	206 986	8 279,4	293 350	11 734,0				
2024-25	242 308	385 268	15 410,7	125 757	5 030,3	210 807	8 432,3	298 765	11 950,6				
2025-26	246 700	392 252	15 690,0	128 037	5 121,5	214 628	8 585,1	304 181	12 167,2				
2026-27	251 092	399 235	15 969,4	130 317	5 212,7	218 450	8 738,0	309 595	12 383,8				
2027-28	255 484	406 219	16 248,8	132 597	5 303,9	222 270	8 890,8	315 011	12 600,4				

TABLEAU E-4.4 (B)

Prévisions de la production agricole pour les périmètres irrigués  
au Sénégal, en Mauritanie et au Mali de 1978-1979 à 2027-2028.  
(Avec le système de double culture)

Saison de culture	Hectares cultivés	Haricots (Niébé) *		Coton *		Fruits et légumes **		Canne à sucre **	
		Production totale (en tonnes)	Valeur totale (10 <sup>6</sup> CFA)	Production totale (en tonnes)	Valeur totale (10 <sup>6</sup> CFA)	Production totale (en tonnes)	Valeur totale (10 <sup>6</sup> CFA)	Production totale (en tonnes)	Valeur totale (10 <sup>6</sup> CFA)
1978-79	73 176	3 147	125,9	7 683	307,3	73 547	6 253,8	395 150	1 975,7
1979-80	77 784	3 345	133,8	8 169	326,8	78 172	6 624,3	420 034	2 100,1
1980-81	82 392	3 485	139,4	8 651	346,0	82 804	6 994,8	444 917	2 224,6
1981-82	87 000	3 741	149,6	9 135	365,4	87 435	7 365,3	469 800	2 349,6
1982-83	91 608	3 939	157,6	9 619	384,8	92 066	7 735,8	494 683	2 473,4
1983-84	96 216	4 138	165,5	10 103	404,1	96 697	8 106,3	519 566	2 597,8
1984-85	100 824	4 334	173,4	10 587	423,5	101 329	8 476,7	544 450	2 722,2
1985-86	105 432	4 536	181,4	11 070	442,8	105 959	8 847,2	569 332	2 846,6
1986-87	110 040	4 732	189,3	11 554	462,2	110 590	9 217,7	594 216	2 971,0
1987-88	114 648	4 904	196,2	12 038	481,5	115 221	9 623,0	619 099	3 095,5
1988-89	119 682	5 146	205,8	12 567	502,7	120 288	10 027,2	646 282	3 231,4
1989-90	124 716	5 363	214,5	13 095	523,8	125 340	10 431,9	673 466	3 367,3
1990-91	129 750	5 579	223,2	13 624	545,0	130 399	10 836,6	700 650	3 503,2
1991-92	134 784	5 796	231,8	14 152	566,0	135 457	11 241,4	727 833	3 639,1
1992-93	139 818	6 012	240,5	14 681	587,2	140 517	11 645,3	755 017	3 775,0
1993-94	144 842	6 228	249,1	15 208	608,3	145 566	12 050,0	782 146	3 910,7
1994-95	149 876	6 445	257,8	15 737	629,5	150 625		809 330	4 046,6

TABLEAU E-4.4 (B)  
(Suite)

Saison de culture	Haricots (Niabé) *			Coton *		Fruits et légumes **		Canne à sucre ***	
	Hectares cultivés	Production totale (en tonnes)	Valeur totale (10 <sup>6</sup> CFA)	Production totale (en tonnes)	Valeur totale (10 <sup>6</sup> CFA)	Production totale (en tonnes)	Valeur totale (10 <sup>6</sup> CFA)	Production totale (en tonnes)	Valeur totale (10 <sup>6</sup> CFA)
2007-08	154 910	6 661	266,4	16 266	650,6	155 685	12 454,8	836 514	4 182,5
2008-09	159 944	6 878	275,1	16 794	671,8	160 744	12 859,5	863 697	4 318,5
2009-10	164 978	7 094	283,8	17 323	692,9	165 802	13 264,2	890 881	4 454,4
2010-11	170 515	7 332	293,4	17 904	716,2	171 367	13 709,4	920 781	4 603,9
2011-12	176 052	7 570	302,8	18 485	739,4	176 932	14 154,6	950 680	4 753,4
2012-13	181 589	7 808	312,3	19 067	762,7	182 477	14 598,2	980 580	4 902,9
2013-14	187 126	8 046	321,8	19 648	785,9	188 061	15 044,9	1 010 480	5 052,4
2014-15	192 663	8 284	331,4	20 230	809,2	193 620	15 489,6	1 040 380	5 201,9
2015-16	198 200	8 523	340,9	20 811	832,4	199 191	15 935,3	1 070 280	5 351,4
2016-17	203 737	8 761	350,4	21 392	855,7	204 756	16 380,5	1 100 179	5 500,9
2017-18	209 274	8 999	360,0	21 974	879,0	210 216	16 817,3	1 130 079	5 650,4
2018-19	214 811	9 237	369,5	22 555	902,2	215 885	17 270,8	1 159 979	5 799,9
2019-20	220 348	9 475	379,0	23 137	925,5	221 450	17 716,0	1 189 879	5 949,4
2020-21	224 740	9 664	386,6	23 597	943,9	225 863	18 069,0	1 213 596	6 067,9
2021-22	229 132	9 853	394,1	24 059	818,4	230 277	18 422,2	1 237 312	6 186,5
2022-23	233 524	10 042	401,7	24 520	980,8	234 692	18 775,4	1 261 029	6 305,1
2023-24	237 916	10 230	409,2	24 981	999,2	239 106	19 128,5	1 284 746	6 423,7
2024-25	242 308	10 419	416,8	25 442	1 017,7	243 520	19 481,6	1 308 463	6 542,3
2025-26	246 700	10 608	424,3	25 903	1 036,1	247 933	19 834,6	1 332 180	6 660,9
2026-27	251 092	10 797	431,9	26 365	1 054,6	252 347	20 187,8	1 355 896	6 779,5
2027-28	255 484	10 986	439,4	26 826	1 073,0	256 761	20 540,9	1 379 613	6 898,0

\* 40 f.cfa/kg.

\*\* 8 f.cfa/kg.

\*\*\* 1 tonne de canne à sucre produit 100 kg de sucre brut d'une valeur de 5 000 f.cfa.

TABLEAU E-4.4 (C)

Prévisions de la production agricole des périmètres irrigués  
au Sénégal, en Mauritanie, au Mali de 1978-1979 à 2027-2028

Saison de culture	Superficie totale (en hectares) occupée par l'ensemble des cultures	Diverses cultures fourragées		
		Production totale (en tonnes)	Unités de fourrage (en milliers)	Valeur * totale (10 <sup>6</sup> CFA)
1978-79	16 098			
1979-80	20 868			
1980-81	25 868			
1981-82	30 408			
1982-83	35 178			
1983-84	39 948			
1984-85	44 718			
1985-86	49 488			
1986-87	54 258			
1987-88	59 028			
1988-89	63 798			
1989-90	68 568			
1990-91	73 176	2 970 800	446 620	2 827,1
1991-92	77 784	3 158 120	473 718	2 998,6
1992-93	82 392	3 345 160	501 774	3 176,2
1993-94	87 000	3 532 200	529 830	3 353,8
1994-95	91 608	3 719 240	557 886	3 531,4
1995-96	96 216	3 906 280	585 942	3 709,0
1996-97	100 824	4 093 320	613 998	3 886,6
1997-98	105 432	4 280 640	642 096	4 064,5
1998-99	110 040	4 467 400	670 110	4 241,8
1999-00	114 648	4 654 720	698 208	4 419,6
2000-01	119 682	4 859 120	728 868	4 613,7
2001-02	124 716	5 063 520	759 528	4 807,8
2002-03	129 750	5 267 920	790 188	5 001,9
2003-04	134 784	5 472 040	820 806	5 195,7
2004-05	139 818	5 676 720	851 508	5 390,0
2005-06	144 842	5 880 560	882 084	5 583,6
2006-07	149 876	6 084 960	912 744	5 777,6
2007-08	154 190	6 289 360	943 404	5 971,7
2008-09	159 944	6 493 760	974 064	6 165,8
2009-10	164 978	6 698 160	1 004 724	6 359,9
2010-11	170 515	6 923 000	1 038 450	6 573,4
2011-12	176 052	7 147 560	1 072 134	6 786,6
2012-13	181 589	7 372 400	1 105 860	7 000,0
2013-14	187 126	7 597 240	1 139 586	7 213,5
2014-15	192 663	7 822 080	1 173 312	7 427,0
2015-16	198 200	8 046 920	1 207 038	7 640,5
2016-17	203 737	8 271 760	1 240 764	7 854,0
2017-18	209 274	8 496 600	1 274 490	8 067,5
2018-19	214 811	8 721 440	1 308 216	8 281,0
2019-20	220 348	8 946 000	1 341 900	8 494,2
2020-21	224 740	9 124 360	1 368 654	8 663,5
2021-22	229 132	9 302 720	1 395 408	8 832,9
2022-23	233 524	9 481 080	1 422 162	9 002,2
2023-24	237 916	9 659 440	1 448 916	9 171,6
2024-25	242 308	9 837 800	1 475 670	9 340,9
2025-26	246 700	10 015 880	1 502 382	9 510,0
2026-27	251 092	10 194 240	1 529 136	9 679,4
2027-28	255 484	10 372 600	1 555 890	9 802,1

\* Coût total des "inputs" agricoles pour le petit exploitant agricole sur la base d'un hectare

Source : Groupement Manantali.

NOTE : Pour les besoins de ce tableau, la production commerciale des cultures autres que le riz pendant la période de transition de 12 ans est considérée comme négligeable.

TABLEAU E-4.4 (D)

Valeur totale de la production agricole (toutes cultures).  
 Valeur des inputs agricoles et revenus nets de 1978-79 à 2027-28

Saison de culture	Valeur totale (10 <sup>6</sup> CFA)	Valeur des inputs * (10 <sup>6</sup> CFA)	Revenus nets du projet (10 <sup>6</sup> CFA)
1978-79	2 575,7	3 058,6	( 482,9)
1979-80	3 338,9	3 964,9	( 626,0)
1980-81	4 102,0	4 852,2	( 750,2)
1981-82	4 865,3	5 777,5	( 912,2)
1982-83	5 628,5	6 683,8	( 1 055,3)
1983-84	6 391,7	7 950,1	( 1 558,4)
1984-85	10 248,5	8 496,4	1 752,1
1985-86	11 849,0	9 402,7	2 446,3
1986-87	13 290,0	10 309,0	2 981,0
1987-88	16 527,9	11 215,3	5 312,7
1988-89	17 863,4	12 121,6	5 741,8
1989-90	19 199,0	13 027,9	6 171,1
1990-91	20 504,1	13 903,4	6 600,7
1991-92	24 918,4	14 779,0	10 139,4
1992-93	26 391,8	15 654,5	10 737,3
1993-94	27 910,1	16 530,0	11 380,1
1994-95	29 346,4	17 405,5	11 940,9
1995-96	31 122,6	18 281,0	12 841,6
1996-97	32 299,2	19 156,6	13 142,6
1997-98	33 775,2	20 032,0	13 743,2
1998-99	35 250,9	20 907,6	14 343,3
1999-00	36 726,3	21 783,1	14 943,2
2000-01	38 340,5	22 739,5	15 601,0
2001-02	39 952,7	23 696,0	16 256,7
2002-03	41 565,3	24 652,5	16 912,8
2003-04	43 177,6	25 609,0	17 568,6
2004-05	44 790,5	26 565,4	18 225,1
2005-06	46 400,5	27 520,0	18 880,5
2006-07	48 012,6	28 476,4	19 536,2
2007-08	49 625,1	29 432,9	20 192,2
2008-09	51 237,5	30 389,4	20 848,1
2009-10	52 826,6	31 345,8	21 480,8
2010-11	54 624,8	32 397,8	22 227,0
2011-12	56 399,0	33 449,9	22 949,1
2012-13	58 170,4	34 501,9	23 668,5
2013-14	59 945,5	35 553,9	24 391,6
2014-15	61 718,9	36 606,0	25 112,9
2015-16	63 493,3	37 658,0	25 835,3
2016-17	65 266,9	38 710,0	26 556,9
2017-18	67 032,9	39 762,0	27 270,9
2018-19	68 814,6	40 814,0	28 000,6
2019-20	70 584,1	41 866,1	28 718,0
2020-21	71 966,2	42 700,6	29 265,6
2021-22	73 258,3	43 535,0	29 723,3
2022-23	74 799,3	44 369,6	30 429,7
2023-24	76 214,0	45 204,0	31 010,0
2024-25	77 623,2	46 038,5	31 584,7
2025-26	79 029,1	46 873,0	32 186,7
2026-27	80 437,1	47 707,5	32 729,6
2027-28	81 797,3	48 542,0	33 255,3

\* Rendements moyens par hectares ayant servi au calcul des valeurs totales (en tonnes)

Riz, Saison des pluies	4,0	Nièbé	1,0
Riz, Saison sèche	3,0	Coton	3,5
Blé	3,0	Fruits et légumes	15,0
Maïs	3,0	Canne à sucre	100,0
Sorgho	3,0	Fourrages	140,0

#### E.4-1-2 Impacts défavorables

Il est possible que l'aménagement des périmètres irrigués sur les terres agricoles traditionnelles ait un impact négatif temporaire. Il se peut que le petit exploitant agricole ne sache pas cultiver les terres de walo pour cette raison et son revenu agricole, par conséquent peut être temporairement nul. Cependant, il devrait pouvoir cultiver les terres de diéri et peut-être trouver une zone de falo ou une autre zone de walo pour remplacer les terres qu'il a perdues et maintenir ainsi son niveau de subsistance.

Cet impact possible fait l'objet d'une analyse détaillée dans l'étude socio-économique.

#### E.4-2 Utilisation de produits chimiques agricoles

##### E.4-2-1 Impacts favorables

Il est raisonnable de supposer que les produits chimiques agricoles serviront à augmenter les rendements, à mesure que l'agriculture irriguée se développera et s'intensifiera dans le bassin du fleuve Sénégal. Le choix et l'utilisation convenable de ces produits chimiques porteront la quantité et la qualité des rendements agricoles à leur point culminant et minimiseront les pertes et les influences néfastes des maladies, des insectes nuisibles et des prédateurs sur les cultures.

Engrais - Le rôle vital de l'utilisation des engrais dans l'accroissement et le maintien de la productivité des cultures est bien connu et bien appuyé par des documents. Pour que l'agriculture soit avantageuse, il faut faire des cultures dont le taux de rendement est élevé. Pour que leur croissance soit maximale, il faut leur assurer une fourniture régulière et adéquate d'éléments nutritifs. Comme les plantes tirent la plupart de leurs éléments nutritifs essentiels du sol, leur croissance maximale dépendra de l'aptitude du sol à emmagasiner ces éléments nutritifs et les rendre disponibles pour les plantes.

La fertilité naturelle du sol varie d'une zone à l'autre et elle est faible en général dans les sols ouest-africains.

L'azote est le plus vital des éléments nutritifs dont les cultures ont besoin et celui qui est le plus souvent le facteur limitatif de la productivité. Dans des conditions naturelles, on atteint un équilibre entre la croissance de la plante et l'apport d'azote dans le sol. Les activités agricoles rompent l'équilibre en ce sens que la croissance de la plante et l'extraction du matériau de la plante pendant la récolte épuisent l'azote contenu dans le sol. C'est pourquoi, l'agriculture intensive n'est possible que quand le sol peut être réapprovisionné en éléments nutritifs. Le mode de réapprovisionnement le plus efficace et le plus rapide est l'utilisation d'engrais.

Dans le bassin du fleuve Sénégal, comme dans d'autres zones en développement, l'utilisation des engrais a été limitée parce que dans les conditions de l'agriculture de subsistance traditionnelle, c'est économiquement impossible et parce que le petit exploitant agricole n'a qu'une connaissance ou une expérience limitées de la technologie agricole moderne. A mesure que l'aménagement agricole s'intensifie dans le bassin du fleuve, les besoins de fertilisation augmenteront, surtout à mesure que l'utilisation des terres s'intensifie par les programmes de double culture. L'introduction de variétés de culture améliorées exigera aussi une utilisation accrue d'engrais parce que ces variétés ont été développées à cause de leur sensibilité aux engrais. Il a été démontré, dans beaucoup de pays en développement, que les rendements agricoles augmentent vite et de façon appréciable quand on combine une bonne fertilisation à des méthodes de culture améliorées et des variétés améliorées (Wortman, 1977). Les meilleurs rendements augmentent à leur tour la capacité des paysans et les poussent davantage à de nouvelles améliorations.

Pour que l'utilisation accrue des engrais atteigne un rendement maximum, elle doit être intégrée à l'ensemble du programme agricole sous la supervision d'un personnel de vulgarisation expérimenté qui se chargera de fournir aux paysans les informations nécessaires sur le choix des engrais les plus avantageux, les taux optima d'utilisation, et les bonnes méthodes et durées d'utilisation. Une mauvaise utilisation des engrais peut être économiquement improductive et avoir des influences néfastes sur les cultures et les sols. L'épuisement et l'improductivité des sols au Japon et la recrudescence de graves maladies du riz dans certains pays ont été attribués à la fertilisation excessive et inappropriée. (Grist, 1975).

Pesticides - L'une des plus importantes contraintes sur la production agricole du bassin du fleuve Sénégal, ainsi que dans d'autres régions en développement, est la perte d'une partie du rendement agricole à cause des parasites animaux ou végétaux. Il est évident que les rendements accrus qui résultent de l'irrigation et des techniques agricoles améliorées ne seront pas rentables si elles sont perdues à cause des parasites animaux, des maladies, ou des prédateurs. Pendant ces trois dernières décades, les pesticides ont beaucoup contribué à la grande expansion de la productivité agricole dans les régions où l'on pratique l'agriculture intensive. On constate que dans les pays en développement où l'utilisation des engrais est jusqu'à présent tout à fait faible, comme par exemple dans le bassin du fleuve Sénégal, le recours à leur emploi augmentera pendant de nombreuses années à venir. A la conférence du comité gouvernemental ad hoc de la FAO sur les pesticides dans l'Agriculture et la Santé Publique (FAO, 1975), il a été reconnu que les pesticides seront toujours utiles à cause de leur appréciable contribution dans le domaine de la protection des plants.

Actuellement, l'accent est mis sur la recherche de moyens biologiques de lutte contre les parasites animaux ou végétaux par les ennemis naturels de ces parasites, des méthodes de gestion agricole afin de dépendre moins des moyens chimiques et peut être l'usage d'attractifs, de répulsifs et d'hormones tels

que les agents de lutte contre les parasites animaux ou végétaux. L'accent est particulièrement mis aussi sur le développement de plants qui résistent aux parasites. On espère que toutes ces méthodes peuvent éventuellement être développées dans des programmes intégrés et efficaces de lutte contre les parasites et de protection des cultures qui diminueront de plus en plus les besoins en pesticides chimiques. Cependant, du fait de l'efficacité, de l'utilisation facile des pesticides et de leur contribution utile à la productivité des cultures améliorées, on continuera à s'en servir jusqu'à ce que la recherche et la technologie aient réussi à développer des méthodes plus avantageuses de lutte contre les parasites.

Quant aux engrais, afin d'optimiser les avantages que procure l'utilisation des pesticides et de réduire leurs impacts défavorables probables sur l'environnement du bassin du fleuve Sénégal, il importe au premier chef que les services de vulgarisation des états membres de l'O.M.V.S. donnent aux paysans une préparation adéquate et des renseignements sur le bon choix, l'utilisation et l'application des pesticides.

#### E-4-2-2 Impacts défavorables

A mesure que l'agriculture irriguée devient plus répandue dans le bassin du fleuve Sénégal, l'eau de drainage contenant de l'engrais, des pesticides et/ou des résidus d'herbicides peut éventuellement s'infiltrer dans la nappe phréatique ou pénétrer dans le fleuve, emportée par l'écoulement. Si ou quand cela se produit, l'importance de l'effet dépendra de certains facteurs dont :

- le taux de percolation
- la capacité d'échange des sols
- la capacité de sorption des sols
- le taux de recharge de la formation aquifère
- la concentration des agents contaminateurs dans l'eau
- le type d'agents contaminateurs dans l'eau
- les concentrations de substances ioniques et non-ioniques dans l'eau.

Comme la topographie naturelle du bassin est telle que la plus grande partie des travaux de drainage est éloignée du fleuve et que la majeure partie des sols du bassin sont difficiles à drainer, on ne s'attend pas à ce que l'ensemble des effets sur le sol ou la qualité de l'eau du fleuve soient importants.

Engrais - Les engrais choisis pour être utilisés dans les périmètres irrigués (l'urée,  $(\text{NH}_4)_2 \text{CO}_2$ ; sulfate d'ammoniaque,  $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$ ; le superphosphate,  $\text{CA} (\text{PO}_4)_2$ ; le chlorure de potassium  $\text{KCl}$  fourniront des éléments nutritifs sous une forme immédiatement disponible aux plants. Aucun engrais vert, contenant des types d'éléments nutritifs à la fois immédiatement disponibles et lentement libérés, ne sera utilisé. Par conséquent, le pourcentage d'engrais fixé dans la zone de racines sera plus élevé que celui en circulation dans la plante.

Les données tirées des dernières recherches effectuées dans d'autres parties du monde ont montré que les éléments nutritifs utilisés dans les engrais chimiques ont été une source très minime de polluants dans l'écoulement de surface et de drainage souterrain. (Pettyjohn, 1972). Ces données confirment l'opinion de l'équipe de l'agriculture selon laquelle la contamination de l'eau par les engrais utilisés dans les périmètres irrigués du bassin du fleuve ne devrait pas se révéler comme étant un problème important.

Dans le cas de l'azote, une grande partie de celui-ci est rejetée du sol par la plante, au moment de la croissance et par par l'extraction des plants pendant les récoltes. L'azote se perd aussi par volatilisation.

Le phosphore, utilisé sous forme d'engrais chimique aussi bien que celui qui est inhérent au profil du sol, est en grande partie rapidement fixé par les colloïdes du sol et les fractions de matières organiques du profil du sol, ce qui le rend inutilisable par les plantes. De même, le phosphore utilisé sous forme d'engrais suffit en général à peine à satisfaire les besoins des cultures, de sorte qu'il en reste une faible quantité

disponible pour le lessivage du sol. Bien que le phosphore présent dans les matières organiques et les colloïdes du sol soit concentré presque à la surface du sol, donc susceptible d'être extrait en même temps que les sédiments par le ruissellement, les études antérieures ont montré que seuls de très faibles pourcentages du phosphore total contenu dans les sols étaient retirés des terres agricoles par le ruissellement. (Schmidt in Pettyjohn, 1972).

Le Tableau E.4-5 contient des données concernant à la fois l'azote et le phosphore et montre que la quantité de phosphore soluble extraite des bassins versants cultivés était essentiellement la même que celle retirée des bassins versants boisés, non fertilisés. Le taux de nitrate d'azote était légèrement plus élevé dans les eaux de ruissellement provenant des bassins versants cultivés, mais toujours à des taux relativement bas. (Wadleigh et Butt in Pettyjohn, 1972).

Tableau E.4-5

Teneurs en éléments nutritifs des eaux provenant des bassins versants cultivés.

	Teneur ( kg/ha/an )
COSHOCKTON, OHIO	
Bassin versant boisé, Phosphore en solution	0,034 - 0,068
Bassin versant cultivé - Phosphore en solution (45, 4 kg/ha/an appliqués)	0,034 - 0,068
Bassin versant boisé NO <sub>3</sub> sous forme de N	0,568
MORRIS, MINN :	
Bassin versant cultivé - Phosphore en solution	0,068 - 0,227
" " " - NO <sub>3</sub> sous forme de N	0,795 - 3,408

Les données concernant les concentrations d'azote et de phosphore dans les eaux effluentes des tuyaux de drainage figurent au Tableau E.4-6, et montrent que les ~~taux d'éléments nutritifs~~ évacués des tuyaux de drainage vers les terres agricoles ~~Pettyjohn~~, essentiellement identiques aux taux trouvés dans l'eau normale du fleuve (Taylor et al in Pettyjohn, 1972)

Tableau E.4-6

Composition chimique des eaux effluentes des tuyaux de drainage et de celles du fleuve Sandusky, (1958-1968.)

Produits chimiques	Eaux effluentes des tuyaux de drainage		Fleuve Sandusky
	Teneur en ppm		
Calcium	65		74
Magnésium	39		26
Sulfate	120		125
Chlorures	14		14
Nitrates	12		7

Pesticides et herbicides. Une grande variété de pesticides et d'herbicides sera éventuellement utilisée sur les périmètres irrigués du bassin du fleuve, selon les types de maladies des plants et les parasites à combattre et la lutte nécessaire contre les mauvaises herbes. Certains pesticides, tels que les organophosphates, persistent, de quelques jours à quelques semaines. D'autres, tels que les organochlorés, peuvent persister pendant des mois. On peut trouver les types les plus persistants dans les eaux de drainage dans des concentrations insignifiantes.

Les études de contrôle du Ministère de l'Agriculture des Etats-Unis (Agr. Res. Ser. in. EPA, 1972) menées de 1965 à 1967 ont révélé que seules de très faibles quantités de pesticides étaient présentes dans n'importe laquelle des sources

prise comme échantillon. Le pesticide le plus répandu dans l'eau était le DDT et ses métabolites, le DDD et le DDE et le diéldrine. Les taux relevés étaient en général en dessous d'une part par milliard. Les concentrations de pesticides de la famille du DDT, de diéldrine, de l'endrine, de chlordane, de l'indane, d'heptachlore époxyde, de trifluralin et de 2,4-D ont été détectées dans une étendue de 0,1 à 0,01 microgrammes par litre.

Au cours d'une étude plus importante des eaux de surface aux Etats-Unis, menée de 1965 à 1968 (Lichtenberg. et al in EPA, 1972) et qui concernait les pesticides organochlorés, les composés les plus souvent détectés pendant la période de cinq ans étaient le diéldrine et le DDT (y compris le DDE et le DDD). Cette étude a montré que les utilisations de pesticides organochlorés ont accusé une baisse brutale en 1967 et 1968 après avoir atteint leur maximum en 1966.

Une vérification des utilisations de pesticides dans le bassin du fleuve Sénégal, effectuée par l'équipe de l'agriculture, montre que l'on emploie pas le DDT dans la lutte contre les parasites des plants au Mali et en Mauritanie et que l'utilisation du DDT dans l'agriculture a été interdite au Sénégal à partir de l'année de culture 1976-77. Les autres pesticides mentionnés dans les paragraphes précédents, à l'exception du lindane, ne sont utilisés dans aucun des trois états membres de l'OMVS pour ce qui est de l'agriculture.

Les herbicides tels que le 2,4 acide dichlorophénoxyacétique qui sert à la lutte contre les mauvaises herbes aux feuilles larges; et le propanil (3,4 dichloropropionanilide) qui sert à la lutte contre les herbes, seront probablement utilisés dans les périmètres paddy de riz et le long des canaux du bassin du fleuve. Ces matériaux sont rapidement biodégradables et ne devraient pas poser de problèmes pour l'environnement.

Pendant la période de juillet à septembre, les écoulements d'eau de pluie combinés aux eaux de drainage probables provenant des terres d'irrigation superficielle seront évacués par pompage, quand il le faudra, par-dessus les digues de protection-contre-les inondations et couleront probablement soit vers une basse dépression soit vers un marigot inutilisé dans la zone des périmètres irrigués. Pendant la période d'août à octobre (période des fortes crues), si le drainage pose un problème et que les écoulements soient évacués par pompage dans le fleuve Sénégal, on ne s'attend à aucun effet mesurable des pesticides ou des engrais sur les eaux réceptrices étant donné que les eaux de drainage seront diluées et emportées par les crues.

L'ensemble des effets des pesticides sur l'environnement n'a pas encore été déterminé et s'avère difficile à prévoir. Puisque l'aménagement agricole du bassin du fleuve Sénégal doit se réaliser progressivement sur une longue période et que de nombreux progrès sont faits en vue de créer des pesticides efficaces dont les effets sur l'environnement ne dureront que des semaines ou des mois, il semble que l'impact de leur utilisation sur l'environnement du bassin du fleuve sera faible, si toutefois il en existe.

La menace probable contre la santé humaine que représente l'utilisation et la manipulation inadéquate des pesticides (par exemple les déversements accidentels par dessus le réservoir, la mauvaise destruction des conteneurs ou des matériaux inutilisés) est analysée dans l'étude sur la Santé Publique.

#### E.4-3 Impacts spéciaux

Il est possible que l'aménagement agricole du bassin du fleuve Sénégal ait des impacts spéciaux qui affectent à leur tour l'agriculture. L'intensification de l'agriculture, l'introduction de nouvelles espèces de plants dans les programmes agricoles peuvent alors provoquer un accroissement des populations

de parasites et de prédateurs actuellement dans le bassin, aussi bien que l'arrivée de nouvelles espèces. Cependant il n'est pas possible à l'heure actuelle de prévoir l'importance des problèmes.

#### E.4-3-1 Insectes et nématodes

Toutes les espèces agricoles du monde sont virtuellement assaillies par un ensemble de sérieux problèmes de parasites. Dans le bassin du fleuve Sénégal, en raison de sa situation par rapport à l'équateur, il n'y a guère de périodes de ralentissement dans la production agricole, ni de cycles de parasites saisonniers (c'est-à-dire l'été ou le printemps), comme c'est le cas dans les zones tempérées.

Les changements saisonniers qui existent vraiment dans le bassin sont principalement ceux des périodes annuelles humide sèche.

Même s'il est probable que la plupart des importantes espèces parasitaires ont été identifiées, il est nécessaire de procéder à des études supplémentaires dans certains pays africains, y compris dans les états membres de l'OMVS. Dans la plupart des régions et pour la plupart des cultures, tous les insectes ne sont pas tout à fait connus et le rôle des parasites secondaires par rapport à la production agricole nécessite des études. A mesure que de nouvelles cultures sont introduites dans le bassin du fleuve Sénégal, des études approfondies doivent être menées afin de déterminer le potentiel de dommages parasitaires.

Très peu de cas de pertes agricoles ont été évaluées actuellement dans les états membres, mais il est évident, d'après les données existantes, que ces pertes sont réelles et que dans certains cas elles dépassent les niveaux tolérables.

Boutillier, et al (1962) ont fait une étude des pertes de rendement du mil pendant la saison de culture de dieri (1957). Les résultats de cette étude figurent au tableau E.4-7 (page 190)

E.4-3-2 Les Oiseaux

Les cultivateurs, les agences gouvernementales de production de riz (par exemple la S.A.E.D) et les organismes de recherches agricoles (ISRA, WARDA) font état chaque année des importants dégâts dans le riz jeune, causés par les oiseaux, dans le bassin du fleuve Sénégal. Plusieurs espèces d'oiseaux dévastent les cultures actuellement dans le bassin du fleuve Sénégal. Il est impossible de dire en ce moment si la population aviaire augmentera ou non à mesure que les activités agricoles traditionnelles seront remplacées par l'agriculture intensive irriguée. Selon que de nouvelles cultures sont introduites dans les programmes agricoles, il est aussi possible que de nouvelles espèces d'oiseaux apparaissent pour ravager ces cultures.

Bruggers et Ruelle (1977) ont fait des études sur les dégâts causés par les oiseaux sur le riz semé. Ils révèlent que les pays côtiers de l'Afrique de l'Ouest (Gambie, Libéria, Sierra Léone, Sénégal), la plupart des dégâts pourraient être attribués aux combattants migrateurs paléarctiques. Philomachus pugnax) et aux oiseaux aquatiques (principalement les siffleurs, Dendrocygna viduata). Les plus importants dégâts sur le riz semé, dans le bassin du fleuve Sénégal se produisent dans la zone du delta entre Richard Toll et Saint-Louis où environ 7 000 hectares sont ensemencés chaque année.

Plusieurs espèces d'oiseaux attaquent d'autres cultures céréalières dans le bassin du fleuve. Quelques observations ont été faites sur le Quelea quelea quelea dans le bassin fleuve, surtout aux environs de Richard Toll (Morel et Roux, 1966). Le comportement du Quelea quelea quelea a été étudié par Groom et Ward (1968), mais dans ces études, l'accent est mis sur l'Afrique Orientale. En général, ces oiseaux émigrent vers le plateau central du Nord du Sénégal où ils passent la saison sèche en se nourrissant de graines fourragères sauvages, qui constituent leur aliment de base. Dès la tombée des premières pluies, leur source naturelle d'approvisionnement en nourriture disparaît comme les graines commencent à germer; c'est alors

que les oiseaux commencent leurs mouvements migratoires. Les habitudes de reproduction de cette espèce d'oiseau sont liées à la fleuraison et à la grenaison de l'herbe, étant donné qu'une source abondante de semences, alliée à certains insectes sont une conditions préalable essentielle à la reproduction. Une étude plus ample de cette espèce est nécessaire, puisqu'il est possible que les dégâts massifs causés par le Quelea sur les cultures résultent d'une insuffisance de leur aliment naturel, plutôt que de leur préférence pour les graines cultivées.

D'après Bechtel (1976), des tourterelles pleureuses, (Streptopelia decipiens), des étourneaux métalliques à oreillons bleus (Lamprocolius chalybaeus) et divers petits moineaux étaient présents en grand nombre, au printemps 1976 et ont attaqué à plusieurs reprises les champs d'expérimentation de la SAED. Ils étaient attirés par toutes les graines en culture, ils se sont rués aussi vers les graines laissées sur le champ d'inondation après la récolte du sorgho. Leur nombre dépassait de loin celui des Quelea quelea quelea.

Les pertes de rendement de mil pendant la saison de culture de diéri (1957), figurent au Tableau E.4-8, telles qu'elles sont rapportées par Bouteillier, et al (1962). Comme on le voit sur ce Tableau, les pertes en graines, soit sur la tige de la plante soit à l'état sec, s'élèvent à 63 %. D'après cette étude, la plupart des dégâts pourraient être attribués aux déprédations des oiseaux.

Tableau E-4.7

Causes de la destruction des champs de diéri  
(mil) (Pour 100 champs détruits dans chaque zone)

Cause	Zone		
	Aval	Amont	Ensemble
Acridiens	85 %	62,5 %	74,0 %
Bétail, singes, sangliers	5 %	9,5 %	8,0 %
Non déclarées	10,0 %	28,0 %	18,0 %
TOTAL	100,0 %	100,0 %	100,0 %

D'après les données de ce tableau, 74 % des pertes agricoles ont été causées par des insectes, en l'occurrence, les acridiens. De nombreuses espèces acridiennes existent en grand nombre partout en Afrique. L'acridien, Zonocerus variegatus, est particulièrement fréquent en Afrique de l'Ouest. Les acridiens se nourrissent de feuilles et de fruits et sont particulièrement nuisibles aux cultures non repiquées et causent souvent la mort des plants. Apparemment, on sait peu de choses en ce qui concerne l'abondance de la population acridienne et l'importance des dommages économiques qu'elle a causés.

Les invasions acridiennes provoquent parfois d'importantes dévastations. Ces acridiens migrants (en général, le criquet pèlerin africain, Loeysta migratoria, et le criquet du désert, Schistocerca gregaria) peuvent détruire complètement les cultures. Ces pertes ne peuvent être évitées qu'en contrôlant de façon constante les migrations acridiennes et en prenant des

Tableau E.4-8

Rendements de mil de diéri - saison 1957  
(Totalité des champs comparée aux champs non détruits)

Zone	Rendements (Kg/ha)			
	<u>Champs non détruits</u>		<u>Totalité des champs</u>	
	En épi	Céréales sèches	En épi	Céréales sèches
En aval	1 600	1 050	370	242
En amont	1 590	1 040	700	459
Ensemble de la Vallée	1 595	1 045	570	374

Pour de plus amples informations sur les oiseaux granivores du bassin du fleuve Sénégal cf. Section " Ornithologie " de l'étude sur la biomasse aquatique et terrestre.

mesures de lutte immédiates.

SASSER et AL (1972) ont révélé que les rendements de niébé, une importante culture alimentaire, peuvent être augmentés plusieurs fois avec l'application de bons insecticides. Ils ont aussi indiqué que les pertes de rendements pour le coton irrigué s'élèvent au moins à 30 %, et qu'elles sont beaucoup plus importantes dans la plupart des estimations, sans les mesures immédiates de lutte contre les parasites. Actuellement, le coton irrigué ne pousse pas dans le bassin du fleuve Sénégal, mais il fait partie des cultures qu'on doit introduire dans les périmètres irrigués dans le cadre du programme de double culture.

Les termites constituent un autre problème évoqué par SASSER et AL (1972), dans beaucoup de régions d'Afrique, y compris le bassin du fleuve Sénégal. Presque tous les plants sont affectés par les termites, même si l'importance de leur altération n'a pas encore été déterminée. Les dommages qu'ils causent vont de l'affaiblissement général des plants à l'introduction de microbes pathogènes sur les plants et à la destruction de ces derniers. Certaines espèces de termites font des monticules à la surface du sol. Quand ces monticules sont situés dans les champs, ils entravent les activités agricoles.

Un autre problème sérieux et répandu dans les états-membres de l'OMVS est celui des nématodes vivant dans le sol. Les effets des nématodes sur le production agricole sont moins connus que ceux des insectes et des maladies des plants. La subtilité des dommages qu'ils causent fait qu'ils passent souvent inaperçus. Les nématodes pathogènes qui parasitent les plantes sont des organismes débilitants qui au lieu de tuer les plants sur le coup, provoquent des symptômes et des dommages souvent attribués à d'autres causes. En Mauritanie et au Mali, les problèmes spécifiques aux nématodes n'ont pas été identifiés, ni reliés aux pertes agricoles, aussi accorde-t-on peu d'attention à ces organismes. Au Sénégal, un groupe du Laboratoire de l'ORSTOM à Dakar, fait des recherches sur les nématodes. Leur travail est excellent, mais ils ne peuvent faire davantage.

E.4-3-3 Les rongeurs

Les dommages sur les cultures et les provisions alimentaires causés par les rats et les autres rongeurs sont bien connus. Les dommages causés par les rats sont reconnus comme un problème sérieux et chronique en Afrique. (Fredrickson, 1978). Depuis la dernière sécheresse, il y a une forte population de rongeurs au Sénégal et dans les autres régions du Sahel. D'après Bechtel (1976), les missions sur le terrain dans la région de Matam (Février 1976) ont permis d'observer de nombreux rats dans les champs. En outre, ils rapportent que pendant la reconnaissance des périmètres d'expérimentation de la SAED en Mai 1976, la présence des rats était observée généralement pendant le jour.

Au Sénégal la principale espèce en activité, pendant le jour est l'Arvicanthis niloticus. Certains petits rats, probablement les Mastomys sp., ont été observés pendant qu'ils grimpaient sur les haies d'acacia et de broussailles épineuses qui entourent les champs de sorgho et de mil récoltés, dans plusieurs endroits à Matam. Bechtel (1976) a aussi observé des dégâts causés par les rongeurs sur les plantations des périmètres d'expérimentation de la SAED à Matam. Ils ont spécifié que l'activité des rongeurs était probablement en baisse pendant la saison sèche, à l'époque pendant laquelle ils ont fait leur étude.

La cause exacte de la récente augmentation considérable de la population de rats dans toute la région sahélienne n'a pas été déterminée, mais certains pensent qu'il s'agit d'un phénomène cyclique.

En sus des dégâts qu'ils causent aux récoltes et de la perte économique consécutive, les rongeurs représentent un danger considérable pour l'aménagement des périmètres irrigués. Les rongeurs fouisseurs représentent un danger potentiel pour les digues et les canaux d'irrigation en terre.

Fall (1976) rapporte que le gouvernement du Sénégal a prévu plus de 2 milliards de francs CFA dans le cadre de la lutte contre les rongeurs qui sévissent actuellement. Il est difficile de prédire en regard aux rats surtout, l'importance des futurs dégâts, auxquels il faut s'attendre, à mesure qu'augmentent les terres couvertes par l'agriculture irriguée, ou bien l'effet si toutefois il y en a, de l'extension des cultures sur les rongeurs du bassin du fleuve Sénégal. Des programmes de lutte seront certainement nécessaires pour éviter des dégâts sur les cultures et les structures physiques des systèmes d'irrigation. Ces programmes devront englober la destruction des habitats des rongeurs et des rongeurs eux-mêmes.

Il existe une analyse détaillée des rongeurs et de leurs effets sur l'environnement du bassin du fleuve Sénégal dans l'étude sur la Santé Publique.

## CHAPITRE F

Mesures visant à amortir les impactsF.1 Barrage de DiamaF.1.1 Mesures visant à atténuer les effets du changement de la nappe phréatique et de la salinité du sol

Comme il a été analysé dans la Section E.2-2, il est possible que le niveau de la nappe phréatique du delta subisse des changements qui, à leur tour, peuvent provoquer une augmentation de la salinité. Cet effet peut résulter de l'utilisation accrue de l'eau d'irrigation à mesure que les périmètres irrigués se développent après l'achèvement du barrage de Diama.

Cet impact peut être atténué en installant des systèmes de drainage souterrain adéquats dans les périmètres existant actuellement dans la zone du delta, et en incorporant un système de drainage bien conçu dans tout futur plan d'irrigation des périmètres.

Afin de bien évaluer les avantages et la possibilité d'installer des systèmes de drainage souterrain dans les actuels périmètres irrigués dans le delta, une analyse du rapport coût-bénéfice a été faite et présentée au Tableau F.1-1

Les "inputs" ci-après ont servi au calcul du rapport coût-bénéfice :

1. Le coût initial de l'installation de tuyaux de drainage en plastique ondulé pendant une période de deux ans, au taux de 3 000 hectares par an. Ce coût a été estimé à 383 314 610 francs CFA : il comprend le prix des tuyaux en plastique, les frais d'exploitation et d'entretien de la machine d'installation, les frais de main-d'oeuvre et le prix d'une machine d'écuage.

TABLEAU F-1.1

Analyse du rapport coût-bénéfice pour le drainage souterrain  
des périmètres irrigués dans le delta.

Année	Investissement en capital (f.cfa, 10 <sup>6</sup> )	Coût d'exploitation et d'entretien (f.cfa, 10 <sup>6</sup> )	Coût brut (f.cfa, 10 <sup>6</sup> )	Facteur d'escompte 12 %	Valeur actuelle des coûts (f.cfa, 10 <sup>6</sup> )	Bénéfices bruts (f.cfa 10 <sup>6</sup> )	Facteur d'escompte 12 %	Valeur actuelle des coûts (f.cfa, 10 <sup>6</sup> )
1	191,6	0,00	191,60	0,893	171,1	000,0	0,893	000,0
2	191,6	0,18	191,80	0,797	152,9	119,9	0,797	95,5
3	0	0,36	0,36	0,712	0,26	359,5	0,712	255,9
4	0	0,36	0,36	0,636	0,23	599,2	0,636	381,1
5	0	0,36	0,36	0,567	0,20	838,9	0,567	475,7
6	0	0,36	0,36	0,507	0,18	958,8	0,507	486,1
7	0	0,36	0,36	0,452	0,16	958,8	0,452	433,4
8	0	0,36	0,36	0,404	0,15	958,8	0,404	387,4
9	0	0,36	0,36	0,361	0,13	958,8	0,361	346,1
10	0	0,36	0,36	0,322	0,12	958,8	0,322	308,7
11	0	0,36	0,36	0,287	0,10	958,8	0,287	275,2
12	0	0,36	0,36	0,257	0,09	958,8	0,257	246,4
13	0	0,36	0,36	0,229	0,08	958,8	0,229	219,6
14	0	0,36	0,36	0,205	0,07	958,8	0,205	196,5
15	0	0,36	0,36	0,183	0,06	958,8	0,183	175,5
16	0	0,36	0,36	0,163	0,06	958,8	0,163	156,3
					<u>325,89</u>			<u>4 439,4</u>

Valeur actuelle nette à 12 % = 4 439,4 - 325,89 = 4 113,5 X 10<sup>6</sup> f.cfa.

\* Facteur d'escompte, Source : GIFFINGER (1972).

2. Les dépenses périodiques annuelles pour les travaux et la maintenance du système de drainage.

3. Les bénéfices calculés sur la base de la différence entre la production agricole sans et avec l'installation du système de drainage souterrain.

4. Une marge de temps de 15 ans, ce qui est considéré comme le délai d'utilisation du tuyau de drainage en plastique ondulé.

5. Un taux d'escompte, connu sous le nom de "coût d'opportunité". Ce taux d'escompte est estimé entre huit et quinze pour-cent pour la plupart des pays en développement. Pour les besoins des calculs du Tableau F.1-1, le taux de 12 % a été choisi.

Le Tableau F.1-1 a été développé à l'aide de l'approche de la Banque Mondiale, qui doit escompter à la fois les coûts et les bénéfices à compter de la première année. L'escompte aide à établir une comparaison entre les flux des coûts et des bénéfices de l'installation du système de drainage souterrain, sur 6 000 hectares de terre.

On escompte d'abord chaque flux pour trouver sa valeur actuelle. Cela a été fait pour les coûts bruts et les bénéfices bruts (Tableau F.1-1). En divisant la valeur actuelle des bénéfices bruts par la valeur actuelle des coûts bruts, on obtient le rapport coût-bénéfice ci-après :

Valeur actuelle des bénéfices bruts	=	4 438 948 370 F CFA
<hr/>		<hr/>
Valeur actuelle des coûts bruts		325 944 530 F CFA
= un rapport de 13,62 sur 1.		

Ce rapport coût-bénéfice montre qu'il serait économiquement possible d'installer des drains souterrains dans les périmètres existant actuellement dans la région du delta du bassin.

Ce rapport coût-bénéfice est assez grand pour permettre une importante capacité d'absorption des coûts imprévus ou des bénéfices surestimés.

## F.2 Barrage de Manantali

### F.2-1 Perte de terres de falo de décrue

L'impact permanent, négatif de la perte de terres de falo le long des rives du fleuve Sénégal, à cause de la faible augmentation du débit du fleuve fait l'objet d'une analyse dans l'étude socio-économique; on trouvera dans la section " Mesures visant à atténuer les impacts sur l'environnement " de cette étude, les méthodes prévues pour minimiser les effets de cet impact.

## F.3 Aménagement agricole

### F.3-1 Agriculture irriguée

#### F.3-1-1 Perte des terres agricoles traditionnelles entraînée par l'aménagement des nouveaux périmètres irrigués

L'impact probable de la perte de terres agricoles traditionnelles, à mesure que se poursuit l'aménagement des périmètres irrigués dans le bassin du fleuve Sénégal, fait l'objet d'une analyse détaillée dans l'étude socio-économique, de même que les méthodes prévues pour minimiser les effets de cet impact dans la section " Mesures visant à atténuer les impacts sur l'environnement " de cette étude.

#### F.3-1-2 Utilisation des produits chimiques agricoles

Les renseignements et données figurant dans la section "Inventaire agricole " de cette étude indiquent que les plans prévus de développement de l'agriculture intensive irriguée se réaliseront avec d'autant plus de succès que l'utilisation des engrais pour le maintien et l'amélioration de la production agri-

cole et que la mise sur pied et le soutien d'un programme efficace de lutte contre les parasites animaux ou végétaux seront fondamentaux. Afin d'éviter ou de minimiser les effets défavorables sur l'environnement du bassin du fleuve, on peut prendre plusieurs mesures de précautions à savoir :

1. La gestion des projets de périmètres irrigués devrait avoir comme objectif l'utilisation adéquate et efficace des engrais, des pesticides, des herbicides, de l'eau d'irrigation c'est-à-dire l'application de ces seules quantités d'engrais et d'eau vraiment nécessaires et utilisables par les plantes ainsi que le bon choix - de méthodes appropriées de lutte contre les parasites - et de matériaux nécessaires à la lutte contre un fléau particulier.

2. La réalisation d'un programme de formation des petits exploitants agricoles du bassin du fleuve. Ce programme de formation devrait être conçu avec de simples méthodes d'éducation comprenant des techniques de démonstration ou d'illustration en vue d'apprendre aux cultivateurs à bien appliquer les méthodes et les taux d'utilisation, à manipuler sûrement, à stocker et à détruire les pesticides, les herbicides et autres produits chimiques agricoles. Ce type de programme d'éducation est essentiel là où le taux d'analphabétisme est très élevé, comme par exemple parmi les paysans du bassin du fleuve et là où il est impossible de compter sur des instructions écrites ou des marques de produits.

3. La réalisation d'un programme en vue de divulguer le plus d'informations récentes possibles quant à l'utilisation d'engrais et de pesticides minutieusement choisis et essentiels à la production de cultures économiquement avantageuses.

4. La création de groupes de terrain pour mener des campagnes de démonstrations des méthodes de lutte et pour pouvoir aider à lutter contre des grandes infestations et les épidémies locales causées par les parasites.

5. Il faudrait encourager les petits exploitants agricoles à adopter des programmes de rotation des cultures partout

où c'est possible. La rotation des cultures permet de réduire les tentatives de regroupement des populations d'une espèce particulière de parasites et de lutter contre l'accroissement du seuil de tolérance de toute espèce de parasites vis-à-vis d'un insecticide particulier.

6. Il faudrait, toutes les fois que possible, prendre des mesures autres que chimiques pour la lutte contre les parasites. Les méthodes physiques et mécaniques utilisables par le cultivateur impliquent : une bonne culture ou un bon labourage de sol; la destruction des résidus de plantes, des mauvaises herbes et d'autres déchets qui abritent souvent des parasites; l'utilisation de variétés de cultures qui résistent aux parasites, toutes les fois que possible; et l'utilisation d'agents biologiques pour lutter contre les parasites.

7. Dans le cas des pesticides, il faudrait un programme d'éducation permanent pour décourager l'utilisation des composés organochlorés qui persistent dans l'environnement pendant de longues périodes et pour encourager l'utilisation des pesticides de même efficacité figurant sur la liste des pesticides recommandés par " U.S. Environmental Protection Agency" (Agence américaine pour la protection de l'Environnement).

8. Il faut que le Mali et la Mauritanie créent une législation pour contrôler l'utilisation des pesticides et herbicides. Actuellement, seul le Sénégal exerce un certain contrôle législatif sur ces produits chimiques.

9. Les diverses agences des états membres de l'OMVS qui sont responsables du développement agricole devraient mettre au point un système permanent d'acquisition de politiques d'information et de résultats de recherches liés aux activités de protection des cultures et à d'autres techniques agricoles provenant de plusieurs sources régionales et internationales disponibles. Ces informations devraient alors être divulguées rapidement de sorte que les programmes agricoles puissent les utiliser.

La plupart des mesures suggérées ci-dessus peuvent être incorporées dans les activités de vulgarisation agricole. Le chapitre H de cette étude fournit des recommandations pour améliorer et donner de l'expansion aux programmes des services de vulgarisation des états membres de l'OMVS.

En sus des suggestions ci-dessus, il faudrait amorcer, en même temps que l'aménagement agricole, un programme de contrôle de la qualité des eaux. Les données tirées des analyses courantes d'échantillons d'eau peuvent servir de base à la détection et au contrôle des futurs changements de la qualité des eaux. Les études sur la Qualité des Eaux et les Eaux Souterraines offrent aux lecteurs une analyse détaillée du contrôle de la qualité des eaux.

L'étude sur la Santé Publique contient des recommandations visant à atténuer tout impact des produits chimiques agricoles sur le secteur de la santé publique de l'environnement du bassin du fleuve Sénégal.

### F.3-2 Impacts spéciaux

#### F.3-2-1 Insectes et nématodes

Bien qu'il soit impossible - actuellement - de prédire avec exactitude si l'extension de l'agriculture intensive provoquera ou non l'introduction de nouveaux insectes nuisibles aux plantes dans le bassin du fleuve Sénégal et comment et jusqu'où les problèmes actuels de lutte contre les parasites seront affectés ou accroîtront, il est évident, d'après les dernières expériences dans la région, qu'à moins que certaines maladies des plantes et certains insectes nuisibles soient enrayés, la productivité des plus importantes cultures vivrières (sorgho, mil et maïs par exemple) restera très faible.

Ce n'est que pendant ces quelques dernières années que les programmes de protection des cultures sont devenus opérationnels dans certains pays du sahel, et il n'y a pas encore de programme de protection des cultures dans le bassin du fleuve Sénégal.

Cependant, le Projet de Protection des Cultures Vivrières dans le Sahel (P PCVS) financé par l'U.S.AID est en voie de créer des services de protection des cultures dans les états-membres de l'OMVS. A mesure que ces services se répandront et se renforceront, les paysans auront une plus grande confiance en la protection des cultures.

A mesure que de plus en plus de terres agricoles traditionnelles seront transformées en périmètres irrigués, l'utilisation de pesticides soigneusement sélectionnés sera essentielle pour obtenir des rendements agricoles avantageux. Ces rendements accrus devraient à leur tour augmenter les revenus des petits paysans qui pratiquent des cultures de subsistance.

En plus des efforts fournis par les organisations telles que le PPCVS, on peut apporter une contribution plus importante à la solution des problèmes posés par les insectes nuisibles - aux plantes par la création d'un service de vulgarisation viable et bien organisé. Après une bonne formation, les agents de vulgarisation peuvent aider les paysans à identifier des parasites particuliers; ils peuvent aussi les guider et les aider dans le choix et l'utilisation des pesticides appropriés.

Nématodes - La lutte contre les nématodes exige plus d'attention que celle contre les autres parasites, tels que les insectes. Les échantillons de sol devraient être soumis à une analyse diagnostique en laboratoire. La première étape consiste à identifier le nématode spécifique afin de déterminer s'il s'agit d'une espèce favorable ou nuisible. S'il s'agit de nématodes nuisibles, l'étape suivante consistera à déterminer la taille de la population. Si la population est dans les limites tolérables, cela ne nécessite aucune action supplémentaire. S'il est établi que les densités de population sont assez fortes pour nécessiter une lutte, on peut appliquer un nématicide sur les champs infectés. De même que pour les autres pesticides, le bon choix des produits chimiques et les renseignements sur sa bonne utilisation devraient faire partie des informations fournies aux paysans par les services de vulgarisation et ceux chargés de la protection des cultures. Les mêmes méthodes agricoles

utilisées dans la lutte par des moyens non-chimiques contre les insectes nuisibles peuvent être appliquées pour la lutte contre les nématodes, par exemple choisir des variétés de plantes résistantes, ne planter que des stocks non infestés et appliquer des systèmes de rotation des cultures toutes les fois que possible.

#### F.3-2-2 Les oiseaux

Il n'a pas été possible de déterminer si l'extension des périmètres irrigués provoquera ou non un accroissement direct du nombre des oiseaux prédateurs ou bien si les nouvelles espèces d'oiseaux pourraient être attirées dans le bassin du fleuve Sénégal à mesure que de nouvelles plantes sont introduites dans les systèmes de double culture. Il est difficile de lutter contre les dégâts causés par les oiseaux dans le bassin. La protection des champs contre les attaques des oiseaux incombe en général aux enfants. On chasse les oiseaux en les effrayant par des bruits et des mouvements physiques, mais ces efforts sont peu efficaces.

On ne sait pas encore si les oiseaux attaquent les cultures céréales parce qu'ils les préfèrent à leurs aliments naturels ou que ces derniers ne sont pas en nombre suffisant. Quelle que soit la raison, les méthodes de lutte adéquates sont essentielles si l'on veut éviter des pertes agricoles. A mesure que se poursuit l'aménagement agricole, des programmes de lutte systématique sur une grande échelle - peuvent s'avérer nécessaires.

Selon Grazio, et al (1973), les méthodes les plus largement utilisées pour la lutte contre le Quelea Quelea (un des oiseaux prédateurs fréquents dans le bassin du fleuve Sénégal) consistent en leur destruction à l'aide d'explosifs ou la pulvérisation aérienne d'insecticides sur les perchoirs et les nids. Crook et Word (1968) ont révélé que la mort de centaines de millions de Quelea, chaque année, n'a permis de diminuer de façon significative ni la population d'oiseaux, ni la quantité des dégâts sur les récoltes, car cette espèce est très nombreuse.

C'est pourquoi, l'accent est mis en général sur la recherche d'un répulsif efficace contre les oiseaux pour l'utiliser dans les programmes de lutte contre les déprédations.

Bruggers et Ruelle (1977) qui ont travaillé sur le projet FAO/PNUD, ont révélé les résultats favorables obtenus dans la réduction des pertes de riz semé dans le bassin du fleuve Sénégal, grâce aux traitements de méthiocarbe à raison de 0,53 à 0,83 % par poids de grain appliqué au grain de riz humide qu'on a fait germer au préalable, avant de le semer. Les combattants (Philomachus pugnax) étaient l'espèce principale impliquée dans ces essais de répulsifs contre les oiseaux; cependant, ils ont révélé que c'était aussi bien efficace contre d'autres espèces.

L'utilisation d'un répulsif contre les oiseaux pour réduire les pertes agricoles causées par ces prédateurs serait préférable à d'autres méthodes dans la mesure où cela supprime la nécessité de chercher les principaux emplacements des perchoirs et des nids et cela aurait un effet moindre sur les espèces d'oiseaux non visées.

Le personnel formé au "Sahel Food Crop Protection Training Center" (Centre de Formation pour la Protection des cultures Vivrières au Sahel) (situé près de Dakar) (qui fonctionne actuellement sous le patronage de l'U.S.A.I.D.) aussi bien que le personnel du service de vulgarisation peuvent fournir les informations et l'aide nécessaires aux paysans pour leur permettre de réduire leurs pertes agricoles dues aux déprédations des oiseaux.

#### F.3-2-2 Les rongeurs

Comme précédemment analysé dans la sous-section E.4-3-3, les rats et les autres rongeurs constituent un problème sérieux dans le bassin du fleuve Sénégal. En plus du danger qu'ils représentent pour la santé humaine (transmission de maladies et destruction des provisions alimentaires stockées), ils en représentent un aussi pour le développement agricole parce qu'ils

détruisent les cultures, réduisent les rendements et endommagent les systèmes d'irrigation.

Les paysans peuvent prendre eux-mêmes des mesures pour lutter contre certains rongeurs. Parmi ces mesures il y a la destruction ou la réduction des habitats des rongeurs en empêchant les plantes de pousser dans les digues, les canaux d'irrigation et sur les bords des fossés; en enlevant la paille qui demeure sur le terrain après la récolte des céréales, en dégageant les champs et leurs alentours des débris pour les maintenir propres. Ces pratiques aideraient non seulement à lutter contre les rongeurs mais elles accroîtraient aussi l'efficacité de l'irrigation et supprimeraient les abris des parasites autres que les rongeurs.

Bechtel (1976) suggère d'utiliser un programme de lutte contre les rongeurs qui s'est révélé efficace aux Philippines). Ce programme peut aussi être dirigé par les paysans avec l'aide des organismes qui gèrent les périmètres. Le programme de lutte utilise des stations d'appâts empoisonnés placés dans et aux alentours des champs par les paysans. On peut facilement construire ces stations à partir de matériaux résiduels; les appâts contiennent du riz poli-traité avec un rodenticide chronique. Les rongeurs mangeront le riz poli, puisqu'ils le préfèrent aux plantes ou aux graines. Le rodenticide est un anticoagulant qui rompt le mécanisme de coagulation du sang des rongeurs et provoque une mort par hémorragie interne au bout de trois à cinq jours après l'ingestion de l'appât. Pour qu'elles soient efficaces, les stations d'appât doivent être vérifiées régulièrement et réapprovisionnées en riz empoisonné. L'éradication totale des rongeurs n'est pas nécessaire parce qu'ils préféreront se nourrir d'appâts plutôt que de jeunes plantes qui poussent dans les champs tant qu'il y en aura une provision suffisante. Ce type de programme de lutte contre les rongeurs est raisonnablement sûr puisque l'appât entraîne la mort plusieurs jours après l'ingestion, ce qui donne une marge de sécurité aux humains ou aux organismes non visés en cas d'ingestion accidentelle de l'appât empoisonné. L'autre aspect favorable de ce type de programme de lutte contre les rongeurs est que les

animaux meurent en général dans leurs trous ou dans quelque autre endroit dissimulé, ce qui réduit les risques de contact humain avec les vecteurs de maladie tels que les mites, les poux et les puces vivant sur les rongeurs. Pour être efficace, l'appât devrait être à l'abri du vent et de la pluie, de sorte qu'il ne soit pas emporté par le souffle du vent ou que le produit chimique toxique ne soit extrait par lessivage. De même, l'appât humide est moins agréable aux rongeurs. On peut facilement protéger les appâts en les plaçant dans des boîtes de conserves, des tubes etc.

Les paysans peuvent manipuler les appâts traités - avec un anticoagulant, après avoir reçu du personnel formé les instructions adéquates. L'utilisation de produits toxiques plus aigus et plus dangereux, tels que le phosphore de zinc, devrait être limitée au personnel formé, ce qui réduirait l'étendue de tout programme de lutte contre les rongeurs qui utiliserait ces produits chimiques ou exigerait un grand nombre de gens formés pour l'exécuter.

Fall (1976) en se basant sur les dépenses entraînées aux Philippines pour faire une estimation, a révélé que le coût d'un programme utilisant des appâts pour protéger les récoltes de riz au Sénégal s'élèverait environ à 500 F CFA par hectare par saison de culture.

Des programmes efficaces de lutte contre les rongeurs devraient faire partie des activités de services de vulgarisation des états-membres de l'O.M.V.S.

## CHAPITRE G

## PLAN D'ACTION

G.1 Introduction

Les chapitres précédents de cette étude ont passé en revue la situation présente de l'agriculture dans le Bassin du fleuve Sénégal, et ont déterminé les impacts que les projets d'aménagements auront sur l'agriculture.

Les effets des aménagements agricoles sur les autres secteurs de l'environnement du Bassin du fleuve ont été analysés. Les difficultés spécifiques qui devront être affrontées durant la mise en application du plan d'aménagement agricole prévu pour l'expansion et le développement des périmètres irrigués, ont été signalées.

Les sections suivantes proposent des mesures pour surmonter les difficultés ainsi que des méthodes pour assurer ou accroître les effets bénéfiques de l'aménagement agricole et pour éviter ou réduire l'ampleur des impacts négatifs prévus.

G.2 Changements suggérés dans le programme d'aménagement, dans les schémas de culture prévus et dans l'utilisation de l'eau.

L'Equipe d'Aménagement agricole après avoir considéré la situation présente de l'agriculture irriguée du Bassin du Fleuve Sénégal, et passé en revue les projets d'aménagement de l'O.M.V.S. - fait les suggestions particulières suivantes, qui ont d'ailleurs déjà été analysées au chapitre D :

- 1 - que le rythme d'aménagement prévu pour les périmètres irrigués soit modifié pour concorder avec les capacités actuelles des agriculteurs et des organismes d'aide à l'agriculture du Bassin du fleuve Sénégal.

détruisent les cultures, réduisent les rendements et endommagent les systèmes d'irrigation.

Les paysans peuvent prendre eux-mêmes des mesures pour lutter contre certains rongeurs. Parmi ces mesures il y a la destruction ou la réduction des habitats des rongeurs en empêchant les plantes de pousser dans les digues, les canaux d'irrigation et sur les bords des fossés; en enlevant la paille qui demeure sur le terrain après la récolte des céréales, en dégageant les champs et leurs alentours des débris pour les maintenir propres. Ces pratiques aideraient non seulement à lutter contre les rongeurs mais elles accroîtraient aussi l'efficacité de l'irrigation et supprimeraient les abris des parasites autres que les rongeurs.

Bechtel (1976) suggère d'utiliser un programme de lutte contre les rongeurs qui s'est révélé efficace aux Philippines). Ce programme peut aussi être dirigé par les paysans avec l'aide des organismes qui gèrent les périmètres. Le programme de lutte utilise des stations d'appâts empoisonnés placés dans et aux alentours des champs par les paysans. On peut facilement construire ces stations à partir de matériaux résiduels; les appâts contiennent du riz poli-traité avec un rodenticide chronique. Les rongeurs mangeront le riz poli, puisqu'ils le préfèrent aux plantes ou aux graines. Le rodenticide est un anticoagulant qui rompt le mécanisme de coagulation du sang des rongeurs et provoque une mort par hémorragie interne au bout de trois à cinq jours après l'ingestion de l'appât. Pour qu'elles soient efficaces, les stations d'appât doivent être vérifiées régulièrement et réapprovisionnées en riz empoisonné. L'éradication totale des rongeurs n'est pas nécessaire parce qu'ils préféreront se nourrir d'appâts plutôt que de jeunes plantes qui poussent dans les champs tant qu'il y en aura une provision suffisante. Ce type de programme de lutte contre les rongeurs est raisonnablement sûr puisque l'appât entraîne la mort plusieurs jours après l'ingestion, ce qui donne une marge de sécurité aux humains ou aux organismes non visés en cas d'ingestion accidentelle de l'appât empoisonné. L'autre aspect favorable de ce type de programme de lutte contre les rongeurs est que les

département de vulgarisation viable et bien organisé dans chacun des pays de l'O.M.V.S. Les activités du département de vulgarisation peuvent accélérer le programme d'aménagement agricole en fournissant aux agriculteurs la formation, les instructions et la direction nécessaires à une agriculture irriguée et intensive satisfaisante. Des départements de vulgarisation bien structurés ont joué un rôle vital dans l'accroissement de la production agricole dans toutes les parties du monde, à la fois dans les pays à l'agriculture développée où les cultures intensives ont été pratiquées depuis des générations aussi bien que dans ceux où les techniques d'agriculture intensive sont à leur stade initial. Une bonne organisation d'un département de vulgarisation aide à assurer que des investissements futurs dans l'agriculture soient pleinement utilisés.

Les services de vulgarisation peuvent contribuer à :

- la formation pour l'amélioration des techniques agricoles et d'irrigation, et à l'introduction de nouvelles méthodes.
- l'information et l'assistance en ce qui concerne l'utilisation des schémas de culture.
- le conseil et l'assistance dans le choix des engrais à utiliser pour chaque culture, et les quantités ainsi que les méthodes correctes d'application afin d'obtenir des rendements optima, et éviter la mauvaise utilisation et le gaspillage.
- l'assistance pour les maladies des plants et pour l'identification des insectes nuisibles.
- l'information, la formation et l'aide dans les méthodes de protection des plants, dont font partie les techniques agricoles qu'on peut utiliser pour réduire l'importance de la lutte chimique contre les parasites.

- Là où les produits chimiques sont nécessaires pour la lutte contre les parasites, le service de vulgarisation peut conseiller, former et orienter les agriculteurs dans le bon choix, l'application et la manipulation de ces produits chimiques pour obtenir la protection voulue, en éviter la mauvaise utilisation et empêcher les pertes et dommages sur les cultures et l'environnement.
- le personnel du service de vulgarisation peut diffuser des renseignements à travers le Bassin du fleuve Sénégal au sujet de tout résultat particulièrement positif que l'on peut obtenir dans l'un ou l'autre des divers périmètres.
- Au fur et à mesure que le niveau de maîtrise de l'agriculture s'élève, le département de vulgarisation servira de coordinateur entre les agriculteurs et les activités de recherche. Cela servira de mécanisme à l'introduction de variétés de cultures nouvelles et améliorées, ainsi qu'à celle des techniques agricoles; cela servira aussi de support aux programmes d'amélioration des engrais et de protection des cultures, à l'introduction de machines agricoles, et à toute information et idée particulière du Bassin du fleuve Sénégal.
- Le service de vulgarisation fera oeuvre de coordinateur entre les agriculteurs et les agences d'état qui servent de support aux activités agricoles de façon que les agriculteurs et le gouvernement demeurent conscients des besoins et des possibilités l'un de l'autre.
- le département de vulgarisation peut servir de lien entre les agriculteurs du Bassin du fleuve et les nombreuses organisations internationales qui travaillent pour le développement de la production alimentaire dans le monde.

G.3.2 Analyse des départements de vulgarisation existant dans les Etats-membres de l'O.M.V.S.

Le Sénégal et la Mauritanie ont quelques services de vulgarisation à l'heure actuelle, bien qu'ils soient déficients. Le Mali a en prévision un organisme de vulgarisation qui n'est pas encore opérationnel.

Sénégal : Les services de vulgarisation d'un périmètre de la SAED sont structurés de la sorte :

- 1 Chef de Projet
- 1 Chef adjoint
- 1 Chef de zone pour chaque groupe de 500 hectares.
- 2 Agents de vulgarisation pour chaque groupe de 200 hectares (1 agent pour les services techniques et 1 pour la gestion administrative des inputs agricoles).

Mauritanie : Tous les projets du FED entrepris par la SONADER ont le personnel de vulgarisation suivant :

- 1 Chef de Projet
- 1 Chef adjoint pour l'agronomie
- 1 Chef adjoint pour l'administration et la gestion.
- 1 Chef adjoint responsable de l'équipement mécanique.
- 9 Agents techniques de vulgarisation.

Généralement deux cultivateurs sont formés pour diriger le reste des membres de la coopérative et on confie à une personne la responsabilité du pompage dans chaque projet de village.

Mali : L'API a programmé les services de vulgarisation de la façon suivante :

- 1 Directeur d'opérations
- 1 Directeur adjoint (pour l'équipement)
- 1 Directeur adjoint (la SATEC)
- 100 Agents techniques de vulgarisation
- 40 Agents d'administration.

G.3.2.1 Problèmes généraux en ce qui concerne les services de vulgarisation du Bassin du fleuve Sénégal.

Les contacts entre les agriculteurs et l'Equipe d'Aménagement Agricole et les observations personnelles de cette dernière au cours de cette étude ont démontré l'existence des problèmes suivants liés aux départements de vulgarisation dans le Bassin du fleuve.

- 1 - Les agriculteurs n'ont pas reçu suffisamment d'information ou de formation pour leur permettre de travailler efficacement avec les systèmes d'irrigation actuels des périmètres du bassin du fleuve; ils ne reçoivent pas non plus la supervision et l'assistance nécessaires, pendant la saison de culture.
- 2 - Les agents de vulgarisation actuels sont mal formés et ils connaissent mal les méthodes modernes d'agriculture. Des programmes de continue formation sont nécessaires de façon que les agents effectuent un recyclage périodique pour améliorer leurs performances.
- 3 - Les agents actuels ne comprennent pas clairement ce que leur fonction fondamentale devrait être, ou ce qu'est leur rôle exact. Il n'y a pas de programmes de travail planifiés d'une manière systématique et détaillée. Des agents de vulgarisation spécifiquement techniques sont utilisés à plusieurs fins. On les utilise par exemple à collecter des pièces de rechange, à obtenir des provisions pour les services de santé publique, à chercher du courrier etc.. On les emploie aussi à faire la collecte de statistiques. Aucune de ces activités ne devrait être considérée comme appropriée à des agents de vulgarisation et une telle utilisation réduit le temps qu'un agent doit consacrer aux activités agricoles.
- 4 - Les zones qui doivent être couvertes par les agents sont trop étendues. Les moyens de communication sont soit difficiles

soit déficients. Les agents ne peuvent pas circuler comme ils le devraient car les facilités de transport ne sont pas au point.

5 - Quelques vulgarisateurs n'ont pas d'expérience agricole; ils ne sont pas non plus sincèrement intéressés par l'agriculture et il leur est difficile de faire face à de vrais problèmes agricoles.

6 - Les programmes de vulgarisation ne sont pas clairement définis et on ne leur accorde pas l'assistance nécessaire.

7 - Les délégués et organismes du Gouvernement devraient être plus conscients de l'importance d'un programme de vulgarisation, et devraient accorder le financement et l'assistance nécessaires à un aménagement agricole satisfaisant du bassin du fleuve.

8 - On devrait mettre beaucoup plus l'accent sur les programmes d'instruction et de vulgarisation. Il y a des principes et des techniques agricoles simples et fondamentaux qui amélioreront la production des cultures sans des inputs financiers accrus et qui devraient être inculqués immédiatement aux agriculteurs.

9 - On devrait renforcer les liens entre la pratique et la théorie. La diffusion des résultats de recherches est, à l'heure actuelle, soit trop lente soit déficiente.

10 - On manque de contacts réguliers entre les agriculteurs et les agents de vulgarisation, et ces contacts sont nécessaires pour un travail de vulgarisation effectif. Cela bloque le flot continu d'information aux agriculteurs ainsi que le procédé inverse, en ce qui concerne les besoins des agriculteurs.

Les problèmes énumérés ci-dessus sont identiques à ceux que l'on a identifiés dans les organismes de vulgarisation des autres pays en voie de développement.

### G.3.3 Réorganisation et renforcement des services de vulgarisation

Il n'est pas pratique de transférer un service sophistiqué de vulgarisation - tel qu'il existe dans les pays où une agriculture intensive est pratiquée depuis des générations - dans un pays en voie de développement où l'agriculture vient juste d'émerger d'un système traditionnel et commence à devenir intensive. La structure du service de vulgarisation devra être conforme aux besoins du pays en voie de développement. D'après l'expérience obtenue, à partir de nombreux programmes financés par la Banque Mondiale, un type d'organisation de services de vulgarisation a été mis au point, et il s'est avéré satisfaisant dans plusieurs pays en voie de développement. Ce système de base, mis au point par D. BENOR (Benor et Harrison, 1977) est assez simple pour améliorer le niveau de la production agricole dans les zones où existent de petites exploitations, avec, pour la plupart une technologie de bas niveau, et des méthodes traditionnelles; ce système est aussi assez flexible pour permettre une expansion, une modification, et une amélioration continues, au fur et à mesure que le système agricole devient plus sophistiqué et que les besoins des agriculteurs s'accroissent et changent.

Ce système de service de vulgarisation se concentre d'abord sur les techniques agricoles améliorées, qui peuvent être introduites immédiatement et qui assureront un accroissement dans la production initiale avec peu de risques financiers. Les succès initiaux encouragent les agriculteurs à adopter des méthodes de plus en plus avancées de cultures et des schémas de culture plus divers. Chaque succès engendre plus d'enthousiasme de la part des agriculteurs et des agents de vulgarisation, ce qui à son tour, résulte en une plus grande expansion du système et en une amélioration plus importante de la production agricole.

La structure de ce service de vulgarisation est telle qu'elle peut être absorbée dans l'organisation des services de vulgarisation existante, avec quelques modifications et restruc-

turations, si bien qu'il n'est pas nécessaire pour le pays qui l'adopte de bâtir une organisation complètement neuve. Le système peut être élargi pour concorder à la fois avec les zones irriguées et celles de cultures pluviales, et on peut aussi utiliser ce système pour comprendre toutes les catégories d'agriculteurs, ce qui évite la formation d'un groupe privilégié de producteurs agricoles.

On devrait remarquer ici que les conditions fondamentales à la réussite de ce genre de service de vulgarisation sont: Le ferme établissement de priorités; la création et le maintien d'une organisation sous une seule tutelle clairement définie; un encadrement de gestion qui procure une supervision minutieuse et continue, à tous les niveaux; et la stricte adhérence à une politique qui ignore la tentation de dévier les agents de vulgarisation de leur tâche fondamentale - qui est de conseiller et de diriger les agriculteurs.

#### G.3.3.1 Structure des services de vulgarisation

Le schéma organisationnel du service de vulgarisation recommandé par la Banque Mondiale (BENOR et HARRISON, 1977) est illustré à la figure G.3.1 et est brièvement décrit ci-dessous:

##### Agent de Vulgarisation de Village (A V V)

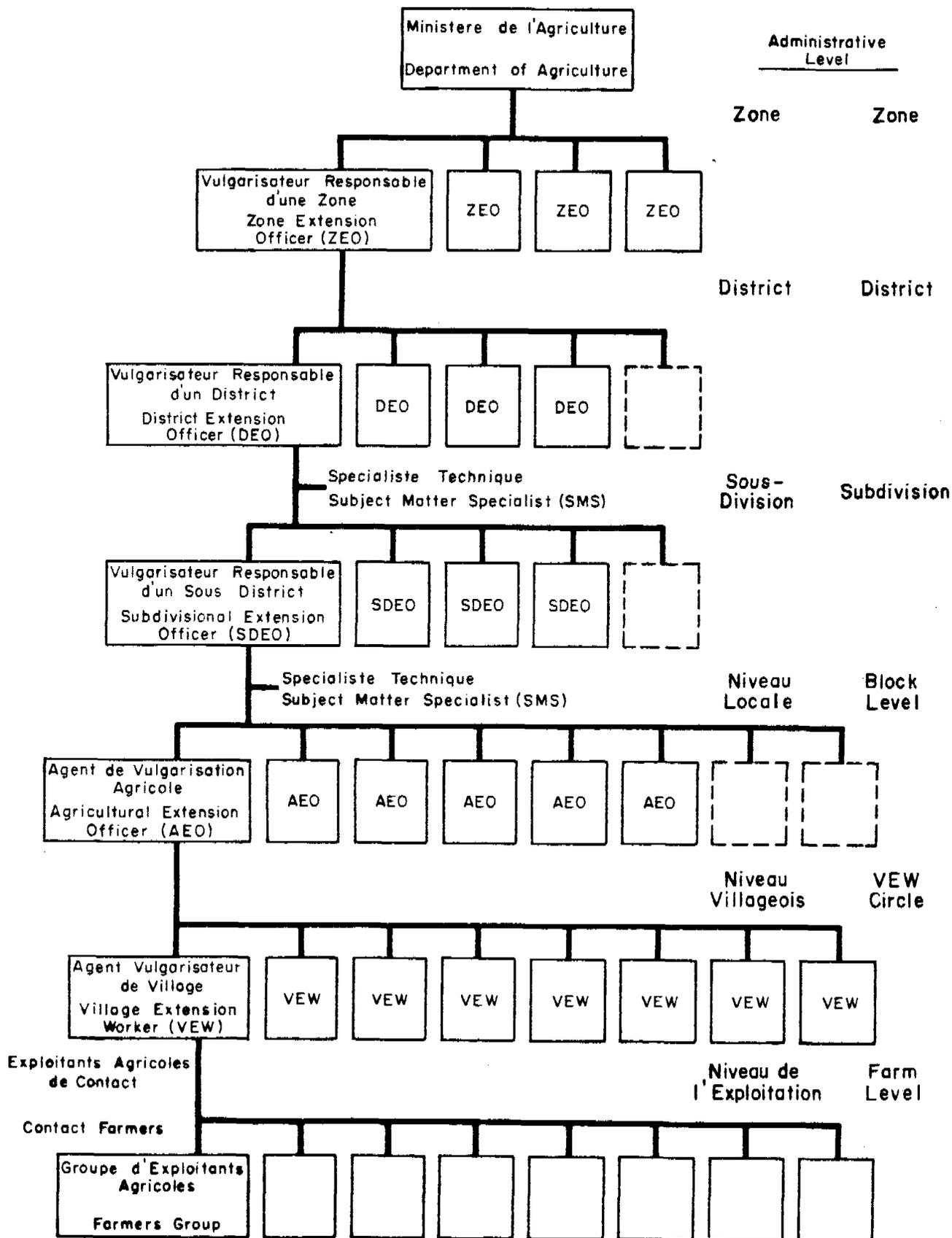
L'entière organisation du service de vulgarisation est basée sur le nombre total de familles agricoles qui relèvent de ses services. Le nombre de A V V S nécessaires est établi en déterminant le nombre de familles qui peut être effectivement pris en charge par chaque AVV.

##### Agent de Vulgarisation Agricole (A V A)

Un AVA est responsable de la formation et de la direction d'environ huit AVVS.

# ORGANIGRAMME D'UN SERVICE DE VULGARISATION INTENSIVE

## ORGANIZATION PATTERN OF INTENSIVE EXTENSION SERVICE



### Vulgarisation Responsable d'un Sous-District (VRSD)

Un VRSD supervise six à huit AVAS. Les VRSDS sont assistés par des spécialistes techniques (STS)

### Vulgarisateur Responsable d'un District (VRD)

Le VRD supervise quatre à huit VRSDS; il est aussi assisté par les spécialistes techniques (STS)

### Quartiers généraux des services de vulgarisation

Le VRD est supervisé directement par les quartiers généraux des services de vulgarisation. Si les régions sont nombreuses, des superviseurs intermédiaires sont nommés pour aider les Quartiers généraux des services de vulgarisation.

#### G.3.3.2 Fonctionnement et attribution des services de vulgarisation aux différents niveaux

Echelon du Terrain - La famille agricole, qui est habituellement l'unité de prise de décision, est employée en tant qu'unité fondamentale pour la détermination des besoins en personnel de vulgarisation. Un petit groupe d'agriculteurs qui travaillent ensemble peut être considéré comme une famille agricole. Le nombre de familles agricoles que chaque AVV peut effectivement prendre en charge sera déterminé par la densité de population, les réseaux de route, l'intensité et les standards des cultures ainsi que les variétés de cultures.

Les familles agricoles sous la juridiction de l'A.V.V. sont divisées en groupes de taille à peu près égale. Environ 10 % des agriculteurs dans chaque groupe de famille sont choisis comme exploitants agricoles de contact sur lesquels l'A.V.V. peut concentrer ses efforts. Ces agriculteurs sont choisis, après consultation avec les chefs de village, et ils devraient être des personnes de vertu de sorte que leurs opinions à propos des nouvelles méthodes agricoles soient respectées par le reste des cultivateurs.

L'A.V.V. (Agent Vulgarisateur de Village) a un programme fixe selon lequel chaque visite à un groupe particulier survient toujours le même jour de la semaine. La moitié de la journée est utilisée en visites sur le terrain, en démonstrations et recommandations, afin de vérifier les progrès et de s'assurer de toute difficulté technique que les agriculteurs rencontrent. L'autre moitié de la journée sert à des discussions de groupe.

Un jour de chaque période programmée est utilisé à la formation pratique de l'A.V.V. Ces services de formation fournissent à l'AV.V. des recommandations pour sa tournée suivante et lui permettent de rapporter les problèmes des agriculteurs au personnel responsable de la formation. Les A.V.Vs ne devraient être responsables ne de la répartition des inputs ni du contrôle de leur utilisation, mais ils doivent être au courant de la disponibilité des inputs. Pour cela, les représentants, des agences d'assistance, à l'approvisionnement en inputs, aux services du crédit, etc..., devraient assister aux séances de formation prévues à cet effet. Chaque A.V.V. tient un tableau de son programme de visites auprès des groupes agricoles, et un journal dans lequel il enregistre chaque visite ainsi que les projets de chaque exploitant agricole de contact.

#### Niveau de l'Agent de Vulgarisation Agricole :

Pendant chaque période du programme, l'A.V.A. passe deux jours dans les séances de formation des A.V.Vs, dont l'une est dirigée par lui et l'autre par le Spécialiste Technique (S.T). La séance dirigée par le S.T. doit être organisée de telle sorte que toute une journée soit consacrée à la formation des

groupes de 30 à 40 A.V.Vs. On concentre les efforts sur l'analyse de trois ou quatre points cruciaux. Le tiers du temps est consacré aux cours, le reste aux démonstrations pratiques et aux discussions.

Quand il n'y a pas de séances de formation, l'A.V.A. consacre la journée sur le terrain à superviser les A.V.Vs et à les aider à diffuser les information aux agriculteurs.

Les visites de l'A.V.A. sont programmées et organisées de sorte que, sur une période de plusieurs mois, il puisse voir chacun de ses A.V.Vs avec chacun de leurs groupes agricoles.

L'A.V.A. tient un journal dans lequel il enregistre les résultats de ses visites.

#### Niveau du sous-district :

Les A.V.As et les A.V.Vs sont sous la juridiction du Vulgarisateur Responsable d'un Sous-District (V.R.S.D.) qui est entièrement responsable du programme de vulgarisation. Un V.R.S.D. peut superviser environ 6 à 8 A.V.As d'une manière efficace. Si l'on a besoin d'un nombre supérieur d'A.V.As, alors le V.R.S.D. est aidé par un ou plusieurs A.V.R.S.Ds qui sont aussi supervisés par lui. Les V.R.S.Ds et les A.V.R.S.Ds doivent passer plus de la moitié de leur temps de travail à superviser le service de vulgarisation sur le terrain et le programme de formation.

Le Vulgarisateur Responsable d'un Sous-District (V.R.S.D.) doit avoir une équipe (ou des équipes) de Spécialistes Techniques (S.Ts). Lors de la phase initiale du programme de vulgarisation, chaque équipe de Spécialiste Techniques (S.Ts) doit avoir au moins un spécialiste en agronomie, un spécialiste de la protection des plantes, et un spécialiste de la formation. L'équipe de Spécialistes Techniques (S.Ts) doit consacrer un tiers de son temps aux séances de formation des Agents

Vulgarisateurs de Village (A.V.V.), un tiers aux visites afin d'assister les A.V.Vs et les A.V.As (Agents de Vulgarisation Agricole) dans leur travail et leurs essais sur le terrain et trouver des solutions aux problèmes des agriculteurs; ; autre tiers est destiné aux visites dans les installations de recherches et à la direction de quelques recherches.

Niveau du District :

Le Vulgarisateur Responsable d'un District (V.R.D.) supervisera les Vulgarisateurs Responsables d'un Sous-District (V.R.S.D.) et fera des inspections inopinées à d'autres niveaux du service de vulgarisation. Il doit être assisté d'une équipe de Spécialistes Techniques, dans des domaines qui ne sont pas encore nécessaires au niveau du sous-district ou qui ne sont pas disponibles en quantité suffisante pour être affectés à ce niveau. Ces domaines pourraient englober la gestion agricole, la gestion de l'eau, l'équipement agricole, l'élevage, ou des cultures spécifiques d'importance particulière. Ces spécialistes doivent participer à la formation des Agents Vulgarisateurs de Village (A.V.Vs) et des Agents de Vulgarisation Agricole (A.V.As) tant que cela sera nécessaire.

Niveau du quartier général :

L'organisation au niveau du Quartier Général peut varier selon les responsabilités et la structure du Ministère de l'Agriculture, mais il serait préférable que ce niveau s'occupe uniquement de la vulgarisation agricole et qu'il soit désigné sous le nom de "Service de Vulgarisation". Le Directeur du Service de Vulgarisation doit être assisté de trois adjoints :

- un pour l'administration y compris la gestion du personnel et les finances,

- un, responsables des Spécialistes Techniques supérieurs dont le travail comprend l'élaboration des programmes de formation pratique pour le personnel de vulgarisation, le

maintien des contacts avec la recherche à l'intérieur et à l'extérieur du pays ainsi que la fourniture d'assistance technique aux comités de recherche et de vulgarisation,

- un, responsable de l'exécution du travail à tous les niveaux, et du contrôle constant du système de vulgarisation et de l'évaluation de son efficacité.

### G-3.3.3 Besoins matériels et en personnel du Service de Vulgarisation

Après avoir déterminé le personnel nécessaire à chaque niveau, sur la base des unités de familles agricoles sous la responsabilité des services de vulgarisation, on devrait procéder à un inventaire minutieux de tout le personnel existant pour savoir dans quelle mesure ils pourraient être ré-affectés dans les postes et niveaux où ils seront plus efficaces. Dès que les membres actuels du personnel auront été réaffectés, il sera facile de déterminer le nombre de nouveaux employés dont on aura besoin à chaque niveau.

#### Echelon du terrain :

S'il s'avère nécessaire de trouver et de former un grand nombre d'Agents Vulgarisateurs de Village (A.V.Vs), la superficie couverte devrait d'abord être limitée de sorte que les impacts initiaux sur la production des cultures soient très remarquables. Une fois que l'on aura enregistré des impacts précis dans cette zone limitée, il y aura des raisons valables à l'expansion, aussi rapidement que possible, des services de vulgarisation.

Un Agent Vulgarisateur de Village (A.V.V.) doit avoir un diplôme d'études secondaires plus une expérience pratique en agriculture et recevoir une certaine formation en agriculture avant la prise de service. Les nouveaux A.V.Vs peuvent effectuer trois mois d'apprentissage, suivis de neuf mois de travail pratique chaque année, sur une période de 4 ans. Cela les mettra rapidement en contact avec le terrain, et ces agents auront, par

la suite, une formation théorique alliée à une expérience pratique.

Afin d'assurer le contact permanent avec les agriculteurs, vital au fonctionnement efficace du programme de vulgarisation, l'A.V.V. doit habiter dans sa zone de travail. On doit lui créer des facilités de transport pour les déplacements qu'il aura à effectuer.

#### Niveau de l'Agent de Vulgarisation Agricole :

Le personnel, à ce niveau, doit avoir subi une formation universitaire ou dans une école supérieure d'agronomie, bien qu'une connaissance pratique du terrain et des capacités d'organisation soient plus importantes à cet échelon que des qualifications universitaires antérieures à la prise en service. Les Agents de Vulgarisation Agricole (A.V.As) doivent avoir une expérience solide en agriculture. L'A.V.A. doit habiter dans sa zone d'opération. Puisqu'il aura besoin de se déplacer, on doit lui procurer des conditions favorables de transport. On doit lui fournir des fonds pour les besoins de formation pratique ainsi que du matériel audio-visuel simple et des échantillons.

#### Niveau du Sous-District :

Les qualifications requises pour les Vulgarisateurs Responsables d'un Sous-District (V.R.S.D.) sont identiques à celles nécessaires aux A.V.As (Agents de Vulgarisation Agricole) ajoutée à des capacités d'administrateur et une expérience pratique. Au fur et à mesure que le programme de vulgarisation prendra de l'expansion, les V.R.S.Ds pourront être recrutés parmi les A.V.As les plus remarquables.

Les fonctions de Spécialiste Technique seront plus difficiles à remplir à ce niveau. Il doit connaître sa matière à fond et être capable de former d'autres personnes. Il doit être diplômé d'une Université (maîtrise ou équivalent) et posséder une vaste expérience en agriculture en plus d'une bonne

connaissance de sa matière. Ces fonctions seront plus difficiles à remplir que les précédentes. Pendant les efforts de recrutement des candidats appropriés aux postes de Spécialistes Techniques, le programme de vulgarisation ne doit pas être indéfiniment reporté.

On pourra commencer par recenser le personnel d'encadrement existant pour un recrutement probable d'employés dont on pourra accroître les capacités techniques grâce à des cours spéciaux accélérés. Pour un début, les zones de spécialisation peuvent être tout à fait étendues. Au fur et à mesure que le niveau de l'agriculture s'élèvera, les Spécialistes Techniques (S.T.) auront de plus en plus besoin d'être plus spécialisés et mieux qualifiés.

On doit utiliser tout Spécialiste Technique disponible d'une manière très prudente. Une équipe de S.T. (Spécialistes Techniques), comprenant au moins un agronome, un spécialiste de la protection des plants, et un responsable de la formation, pour un groupe de 120 à 160 Agents Vulgarisateurs de Village (A.V.As), est un pourcentage recommandé.

On doit pourvoir aux facilités de transport pour permettre aux Spécialistes Techniques de couvrir une superficie assez étendue, et de se rendre aux séances de formation, sur les champs des agriculteurs, et aux stations de recherche. On doit prendre des dispositions pour le logement et les bureaux. Le budget, à ce niveau là, doit couvrir le coût des essais pratiques, des séances de formation, et toute autre opération liée à la vulgarisation.

#### Niveau du District :

Le personnel d'encadrement, à ce niveau, supervisera les activités liées à la vulgarisation dans les bas échelons, et fournira une assistance technique et administrative au niveau du sous-district.

De même qu'aux autres niveaux, les déplacements sont importants. Le budget doit accorder un nombre suffisant de véhicules, des indemnités de voyage, des facilités de logement ou alors des indemnités à cet effet, ainsi que des fonds pour

les opérations de vulgarisation et la formation pratique ; il devrait y avoir un groupe de Spécialistes Techniques à ce niveau, pour s'occuper des domaines qui ne sont pas spécifiques à un lieu donné, tels que la gestion agricole, les cultures d'une importance particulière ou alors l'équipement agricole.

#### Niveau du Quartier Général :

Il se peut que l'on ait besoin de cadres supplémentaires à ce niveau pour contrôler le service de vulgarisation et évaluer son importance, et fournir une assistance technique pour l'élaboration des recommandations en ce qui concerne l'agriculture, pour la direction des essais sur le terrain, et l'élaboration des programmes de formation du personnel à d'autres niveaux d'encadrement.

Le quartier général doit comprendre un centre très bien équipé pour la diffusion d'informations et de publications, la préparation des brochures, chartes et autres matériaux imprimés ayant trait aux services de vulgarisation ; développer et fournir des moyens didactiques.

Il pourrait aussi publier un périodique qui mettrait en valeur les nouvelles découvertes techniques, et les résultats d'un travail de vulgarisation particulièrement efficace, et servirait de centre d'échanges d'idées et d'informations au sein du service de vulgarisation.

#### Consultants :

Lors des phases initiales, il faudra des consultants nationaux ou étrangers pour aider au développement de l'organisation de vulgarisation, des méthodes et des programmes de formation, ainsi qu'à l'organisation et au fonctionnement du service de vulgarisation. Ces consultants doivent avoir une expérience pratique de la gestion d'un service de vulgarisation.

#### G-3.3.4 Stimulations du personnel du Service de Vulgarisation

Dans les conditions suggérées par ce programme du service de vulgarisation, tout le personnel d'encadrement devrait travailler d'une manière beaucoup plus efficace que dans les conditions qui prévalent dans la plupart des systèmes. L'expérience a montré que l'Agent Vulgarisateur de Village devient rapidement un membre respecté de la communauté rurale et qu'ils tirent une grande satisfaction des réalisations concrètes en compensation du travail qu'ils effectuent. Cependant, pour trouver les candidats les plus satisfaisants, et maintenir le bon moral au sein du personnel, une révision prudente des salaires s'impose. Si nécessaire, il faudrait corriger les salaires en guise de compensation et de stimulant. Les Agents Vulgarisateurs efficaces devraient obtenir des promotions et des augmentations de salaire.

#### G-3.3.5 Coût de la réorganisation et de l'amélioration des services de vulgarisation

Il n'a pas été possible, au cours de cette étude, de déterminer le coût actuel de l'organisation et de la gestion d'un service de vulgarisation efficace pour les Etats-membres de l'O.M.V.S. Cependant, ce sera un investissement d'autant plus rentable qu'un service de vulgarisation bien structuré et fonctionnel est très important pour le programme d'aménagement agricole, et qu'un tel service devrait avoir des impacts importants sur l'agriculture dans le Bassin du fleuve Sénégal ; BENOR et HARRISON (1977) ont rapporté que dans d'autres pays en développement où les services de vulgarisation ont été réorganisés dans l'optique analysée dans les sections précédentes, les dépenses se sont élevées à environ 235 f.cfa par hectare, tandis que l'on a estimé que l'amélioration des dits services a fourni de 0,5 à 1 tonne de riz par hectare par an pour un revenu d'environ 14 000 à 28 000 f.cfa par an. S'il y avait plus d'une culture, les revenus seraient encore supérieurs.

### G-3.3.6 Efforts initiaux des Services de Vulgarisation

Pour les services de vulgarisation réorganisés comme l'ont souligné BENOR et HARRISON (1977), l'objectif primordial des activités est d'avoir dès le début des résultats très remarquables et à partir de là, poursuivre leur progression. Les agents se concentreront d'abord sur les plus importantes cultures et les techniques de base qui auront les meilleurs résultats, du point de vue économique. En concentrant leur attention sur les exploitants agricoles de contact qui ont été choisis, on peut arriver à des résultats qui s'étendront au reste des agriculteurs. Le système se renforcera d'autant plus que les cultivateurs auront davantage confiance en eux-mêmes et envers les agents vulgarisateurs.

Il faudrait apprendre aux agriculteurs à tirer le maximum de profit des ressources dont ils disposent. Seules les techniques qui accroîtront les revenus des agriculteurs devraient être recommandées. Au début, on peut concentrer les efforts sur l'établissement et l'amélioration de la gestion agricole grâce à l'amélioration du labourage de la terre, à une meilleure maintenance des pépinières, à l'utilisation de bonnes graines et de meilleures espèces appropriées à la région ; on donnera aussi une place importante au traitement préalable des graines, à la lutte contre les mauvaises herbes, à une meilleure gestion de l'eau, etc...

Une amélioration des techniques agricoles est une méthode qui a fait ses preuves en ce qui concerne l'accroissement des rendements et il n'y a pas lieu, de la part des cultivateurs, d'investir beaucoup, sauf pour ce qui est de l'accroissement de la main-d'oeuvre. Avec l'amélioration des techniques agricoles, on pourra réaliser plus de bénéfice sur ces inputs que l'on doit rembourser.

Les agents vulgarisateurs peuvent entreprendre très rapidement un programme destiné à accroître les rendements

grâce à de meilleures techniques agronomiques sans attendre les résultats des recherches.

### G-3.3.7 Intéactions entre le Service de Vulgarisation et la Recherche

Pour que les services de vulgarisation aient quelque valeur, ils doivent être liés à un programme de recherche efficace. Dès que le service de vulgarisation aura comblé le fossé qui existe entre les techniques agronomiques pratiques et la grande quantité d'informations qui existent déjà, à la suite de recherches antérieures, il sera alors nécessaire de fournir de nouvelles connaissances et recommandations que les agents devront communiquer aux agriculteurs. Par conséquent, il devra y avoir des contacts permanents entre le service de vulgarisation et les instituts de recherche. Les interactions entre la recherche et la vulgarisation tiendront les agents au courant des résultats de la recherche dont ils ont besoin et informeront les centres de recherche des problèmes des agriculteurs de sorte que les efforts de recherche puissent être concentrés sur la situation agricole locale.

Afin de maintenir les contacts nécessaires entre la vulgarisation et la recherche, BENOR et HARRISON (1977) recommandent la création d'un comité de recherche et de vulgarisation qui serait présidé par le Directeur de l'Agriculture (ou un responsable gouvernemental équivalent) et qui comprendrait des représentants qualifiés du service de vulgarisation et des centres de recherche. Ce comité serait chargé de l'élaboration des recommandations destinées aux agriculteurs, de la mise au point d'un programme d'essais sur le terrain, de l'évaluation des données expérimentales etc... Ce comité pourrait aussi déterminer les zones et les problèmes importants que rencontre l'aménagement agricole au niveau de l'agriculteur. Ces informations permettront aux chercheurs de concentrer leurs efforts dans l'optique la plus applicable à l'aménagement agricole dans le bassin du fleuve Sénégal.

Il faudrait aussi mettre sur pieds des comités mixtes chargés de la recherche et de la vulgarisation à des niveaux administratifs inférieurs. L'objectif de ces comités serait le même que celui du comité supérieur, mais l'accent serait mis sur la détermination des problèmes et l'élaboration des programmes pour les diverses régions du bassin du fleuve. Il a été suggéré une méthode d'organisation de contacts entre le service de vulgarisation et les centres de recherches. (cf. Figure G-3.2).

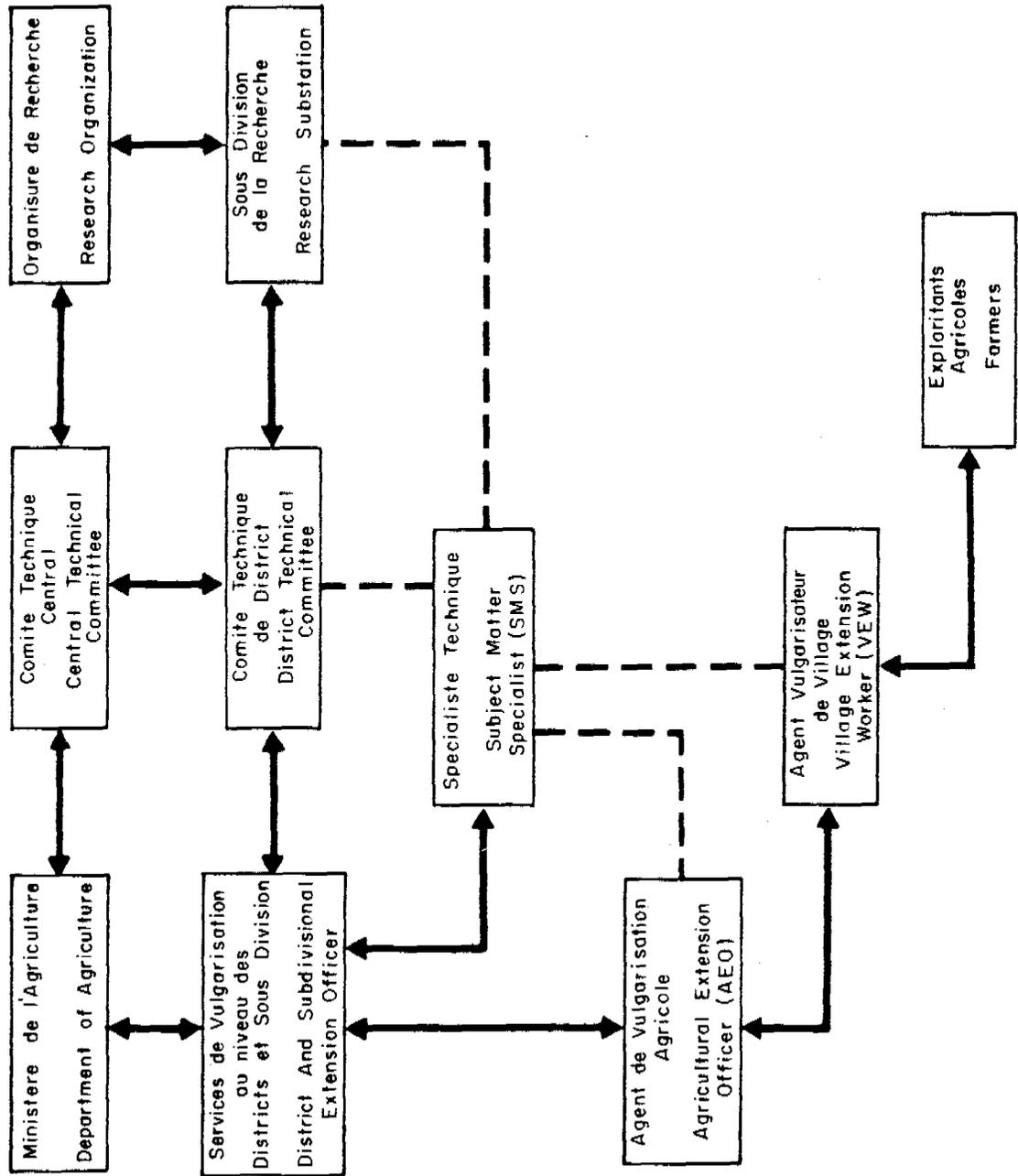
#### G-3.4 Intéactions entre le Service de Vulgarisation et les Organismes d'inputs agricoles et de crédit

Il faut maintenir les contacts entre les services de vulgarisation et les organismes responsables de la fourniture d'inputs agricoles et de crédit. Un puissant service de vulgarisation nécessitera des inputs efficaces et des organismes de crédit, étant donné qu'avec l'accroissement des services de vulgarisation ces services (crédit, inputs) seront de plus en plus sollicités par les agriculteurs.

Les organismes qui fournissent les inputs doivent être constamment au courant des recommandations qui sont faites par les agents vulgarisateurs, et ces derniers, à leur tour, devront être avertis des inputs et arrangements de crédit disponibles.

Le service de vulgarisation peut fournir des renseignements aux organismes d'approvisionnement sur l'importance de la demande et peut aussi avertir les agriculteurs de la disponibilité des inputs et de leur coût probable ; il peut aussi les informer de la manière dont ces inputs peuvent être utilisés au mieux pour accroître leurs revenus financiers.

RELATION VULGARISATION - RECHERCHE  
 LINKAGES BETWEEN EXTENSION SERVICE AND RESEARCH



## CHAPITRE H

RECHERCHES ET ANALYSEH-1 Introduction

Le succès du programme d'aménagement pour une agriculture irriguée intensive dans le bassin du fleuve Sénégal dépendra, dans une large mesure, de l'efficacité de la conception et du fonctionnement des systèmes d'irrigation et de drainage des périmètres irrigués. A partir des observations faites lors des travaux de recherche sur le terrain dans le cadre de l'évaluation des impacts sur l'environnement du bassin du fleuve, l'Equipe chargée de l'Aménagement Agricole a conclu qu'il fallait résoudre certains problèmes liés à la conception et à l'exploitation des systèmes d'irrigation et de drainage existants si les cultures irriguées doivent se réaliser pleinement et si les états membres de l'O.M.V.S. doivent atteindre les objectifs qu'ils se sont fixés pour l'aménagement du bassin.

Les sections suivantes passeront en revue les problèmes actuels et les déficiences des périmètres irrigués et proposeront quelques recommandations et critères pour la planification et la conception des futurs périmètres.

H-2 Défauts de conception et problèmes de fonctionnementH-2.1 Grands périmètres

a/. Les canaux d'irrigation sont creusés dans le sol, dans du matériau naturel, et n'ont pas de revêtement, ce qui entraîne les inconvénients suivants :

- pertes excessives dues à l'infiltration (verticale et horizontale),

- taux élevés d'envasement dans les canaux,
- danger de cassures provoquées par l'érosion et les rongeurs.

- les canaux situés dans les matériaux naturels doivent être construits avec des aires à section verticale relativement grandes et peu profondes ; ils doivent transporter l'eau à une faible vitesse pour éviter l'érosion de leurs bordures,

- les conditions sont favorables à la croissance de la tourbe et des mauvaises herbes aquatiques, ce qui baisse de nouveau la vitesse de l'eau et entraîne des coûts de maintenance élevés.

b/. Ainsi qu'ils sont conçus à l'heure actuelle, les systèmes de distribution d'eau sont trop complexes et difficiles à manipuler et à gérer par les cultivateurs.

c/. Les capacités d'irrigation (l'application de l'eau) sont très faibles (environ 30 à 40 %) au niveau de la canalisation à la parcelle.

d/. Les systèmes d'adduction, y compris les canaux et les ouvrages de prise d'eau ne sont pas exploités et maintenus d'une manière adéquate.

e/. Les cultivateurs chargés de l'irrigation n'ont pas été bien ou suffisamment initiés aux techniques d'irrigation et ne sont pas non plus correctement encadrés au cours de la saison de culture. Par conséquent, ils ne font pas un usage efficace de l'eau.

f/. Les champs n'ont pas été nivelés convenablement, ce qui provoque leur mauvaise irrigation et des coûts de pompage élevés.

g/. Il n'existe pas de moyens pour mesurer l'eau dans les systèmes d'adduction.

h/. Il n'y a pas eu d'études détaillées du sol et du drainage au cours de l'avant-projet d'aménagement.

i/. Aucun guide n'a été formé pour l'irrigation et le drainage des périmètres irrigués.

j/. Les principales pompes à eau ne sont pas standardisées.

k/. L'équipement agricole n'est pas standardisé.

l/. Dans la région du delta, aucune étude sur la perméabilité (conductivité hydraulique) des différentes granulations du sol n'a été faite pour la conception du drainage souterrain.

m/. Dans la région du delta, il n'y a aucun système de puits ou de piézométries pour mesurer l'écoulement des eaux souterraines, les niveaux et les hauteurs de la succion dans les sols saturés.

#### H-2.2 Petits périmètres

a/. La conception actuelle de l'infrastructure hydraulique laisse beaucoup à désirer.

b/. Le système d'adduction est construit à partir de matériau naturel et n'a pas de revêtement, ce qui provoque :

1. De trop grandes pertes par infiltration (verticale et horizontale).

2. Une érosion rapide et un mauvais alignement des canaux.

3. Des cassures dans les canaux et leurs bordures.

4. Des conditions favorables à la croissance de mauvaises herbes aquatiques et terrestres sur les bords et à l'intérieur du système d'adduction.

c/. Les agriculteurs-irrigateurs n'ont pas reçu une formation correcte ou suffisante dans les techniques d'irrigation et ne sont pas encadrés pendant la saison des cultures ; aussi ne peuvent-ils utiliser efficacement l'eau et en faire une bonne gestion.

d/. Les pompes à eau fixes n'ont pas les fondements adéquats.

e/. Les pompes à eau diffèrent en marque et en puissance.

f/. Les tuyaux rigides d'évacuation ne reposent sur rien parce que le matériau de compactage et celui de remblai ont été érodés.

g/. Il n'y a pas de clapet de pied dans le tuyau d'aspiration et il n'y a pas de clapet de retenue automatique dans le conduit de sortie pour empêcher le retour des écoulements au moyen des tuyaux d'aspiration et de refoulement quand on arrête la pompe.

h/. les unités de pompes flottantes ne sont pas conçues correctement.

i/. Les coûts d'exploitation sont élevés parce que l'on n'utilise pas avec méthode le débit total des grosses pompes.

j/. Il n'existe pas de programme d'exploitation et de maintenance de l'infrastructure hydraulique.

k/. Il n'y a pas eu de conditions prévues pour un drainage de surface dans les zones irriguées.

l/. Les champs sont grossièrement nivelés, ce qui provoque une mauvaise utilisation de l'eau.

### H-3 Recommandations et critères d'élaboration applicables aux projets d'irrigation planifiés à l'heure actuelle ainsi que ceux qui seront applicables aux futurs projets

Nombre des aspects techniques de l'irrigation - qui sont vitaux pour la conception d'un système de distribution de l'eau, complet, efficace et fonctionnant correctement - sortent du cadre de cette étude ; par conséquent, cette section mettra l'accent sur les considérations les plus fondamentales et sur les composantes du système d'irrigation que l'on considère être les plus importantes.

#### H-3.1 Introduction

La conception, la construction et l'exploitation efficace d'un système d'irrigation pour toute zone spécifique sont déterminées par la source d'eau dont on dispose, par la meilleure méthode d'adduction de l'eau vers les champs ainsi que par les techniques d'irrigation utilisées. Etant donné que le succès d'un projet d'irrigation dépendra dans une large mesure de la participation de l'agriculteur, les moyens mis à sa disposition doivent être conçus et maintenus afin de concorder avec les aptitudes et les besoins dudit agriculteur. Il est donc souhaitable de faire participer à la fois les agriculteurs et les cadres responsables de l'exploitation du réseau d'irrigation dans le choix du système à utiliser ainsi que dans la planification pour l'exploitation et la maintenance de ce système. Cette action double empêchera le choix d'un système qui s'avérera inadéquat du point de vue fonctionnel ou alors trop compliqué ou difficile à utiliser par l'agriculteur.

Toutes les ressources physiques, les structures et les services organisationnels qui sont requis pour l'adduction de l'eau d'irrigation de la source aux champs sont inclus dans un système d'irrigation. La planification et la conception d'un système devraient débiter à partir des parcelles agricoles et s'étendre à la source d'approvisionnement.

La quantité d'eau nécessaire à chaque parcelle variera

d'une année à l'autre et selon les périodes de l'année ; elle dépendra aussi du genre de cultures que l'on y fait pousser, des besoins en eau des plants lors des différentes phases de croissance et des conditions climatiques pendant la période de croissance. Avant de faire la conception d'un système, on a besoin de connaître certaines données de base concernant le climat, les types de sols, les besoins en eau des cultures, les conditions du terrain ainsi que les réactions et les capacités des agriculteurs. Des données disponibles complètes et dignes de confiance, appliquées de manière adéquate seront des facteurs déterminants dans le succès final du projet d'irrigation.

Un système d'irrigation doit être conçu de telle sorte qu'il soit capable de fournir une quantité spécifique d'eau à chaque champ à tout moment, ce qui constitue une réponse immédiate à la demande. Il doit être possible d'ajuster rapidement le débit provenant du canal, afin de combler les besoins spécifiques de la zone que l'on irrigue. Il doit exister assez de précision et d'efficacité pour remplir les besoins en eau des cultures et en même temps assurer une utilisation économique et pratique de l'eau.

Les systèmes d'irrigation devraient détenir des structures et des outils de mesure ou de mètreage. Une mesure exacte de l'eau sert aux besoins suivants :

- maintien des programmes de lâchure de l'eau d'irrigation et distribution équitable de l'eau,
- l'application facile et précise de l'eau aux parcelles pour s'assurer que les cultures reçoivent la quantité d'eau nécessaire sans épuiser les ressources hydriques,
- calcul approximatif des pertes en eau du système d'adduction et localisation de l'origine de ces pertes.
- Détermination du coût de l'eau, et là où c'est applicable, des prix exacts de l'eau utilisée par la consommateur.

- Détection des irrégularités dans le système de lâchure.

On peut incorporer les instruments de mesure de l'eau aux autres structures du réseau d'irrigation, telles que les prises d'eau de distribution, les régulateurs ou les chutes.

On doit apporter autant de soin à la conception du système d'irrigation - comprenant les nombreuses petites structures essentielles à un réseau de distribution efficace et fonctionnant correctement - que des plus grands ouvrages tels que les barrages, les ouvrages de prise d'eau, les stations de pompage etc... Or, assez fréquemment les ingénieurs de la conception négligent les petites structures soit en les concevant mal, soit en les ignorant totalement. Ces petits ouvrages sont cependant d'une grande importance pour l'adduction sûre et équitable de l'eau et la conservation de cette ressource vitale. Ils doivent être simples mais efficaces du point de vue de la conception et de la construction ; durables et faciles à manipuler. Le nombre de ces petits ouvrages requis pour tout réseau d'irrigation est déterminé par celui des unités d'un projet d'irrigation, celui des parcelles à l'intérieur de chaque unité ainsi que leur taille, la topographie des sols, et le programme d'irrigation mis au point particulièrement pour ce projet.

L'omission de ces constructions mineures mais essentielles peut entraîner des défauts dans le réseau tout entier.

En plus du choix d'un réseau d'adduction approprié, de la conception et de la construction soigneuses de ses composantes, une irrigation efficace et économique des cultures nécessite l'établissement d'un programme. Ce programme doit être mis au point de pair avec l'organisation responsable du réseau d'irrigation, l'agronome, le spécialiste des techniques d'irrigation, l'ingénieur chargé de la conception et l'agriculteur.

L'ingénieur chargé de la conception du réseau doit s'assurer que toutes les opérations pourront être effectuées sans difficulté et de manière précise lorsque le réseau sera utilisé

dans les champs, de sorte qu'il y ait adhésion au programme.

Une incapacité de distribuer l'eau d'irrigation selon le programme peut provoquer des pertes agricoles, une production réduite, des sols incultivables à cause de leur teneur excessive en eau, ou même un épuisement des provisions d'eau.

### H.3-2. Recommandations spécifiques pour l'amélioration des périmètres irrigués du bassin du fleuve Sénégal

#### H.3.2-1 Agronomie

a/. A l'heure actuelle, les études de sols sont insuffisantes pour la conception du projet. Les profils de sols examinés maintenant sont trop peu profonds et les échantillons ne sont pas en nombre suffisant. On doit classer les sols d'une manière plus convenable et adopter des méthodes d'analyse des sols plus appropriés.

Avant l'aménagement, on doit prendre des dispositions pour s'assurer que de convenables études des sols ainsi que des analyses ont été effectuées pour la zone à aménager.

b/. On doit procéder à beaucoup plus de recherches quant à la compatibilité des types de culture avec les sols des périmètres pour déterminer les meilleures variétés de ces cultures pour une zone particulière. Des recherches sont nécessaires pour déterminer les parasites et les problèmes prévisibles dus aux maladies des plantes de sorte que l'on puisse mettre au point des programmes adéquats de protection des plantes.

c/. En ce qui concerne les engrais, on doit élaborer des recommandations pour les diverses cultures et les conditions des sols de chaque région.

d/. On doit débiter des programmes d'initiation des cultivateurs aux techniques agricoles fondamentales améliorées.

### H-3.2.2 Gestion de l'eau

a/. On doit mettre beaucoup plus l'accent sur la maintenance convenable de tous les systèmes d'irrigation et de drainage existant à la fois dans les grands et les petits périmètres. Cela comprend le nettoyage complet des canaux et la réparation de tous les canaux actuels de transport d'eau ainsi que celle des structures hydrauliques.

b/. Le taux d'infiltration de l'eau des divers sols doit être déterminé de manière à faciliter l'application précise d'eau. Des études pratiques sur le terrain doivent être effectuées pour déterminer les méthodes d'irrigation les plus appropriées et la quantité nécessaire ainsi que la fréquence des applications d'eau.

c/. On doit prêter plus d'attention au nivellement exact des terres et à celui des parcelles lorsque les nouveaux périmètres seront aménagés. Cela assurera une distribution uniforme de l'eau dans les champs.

d/. Les ouvrages de mesure hydrique doivent être installés sur les systèmes d'adduction des eaux d'irrigation (canaux jaugeurs Parshall, déversoirs, par exemple).

e/. On devrait établir une unité de gestion de l'eau d'irrigation et de la main-d'oeuvre qui en assure le fonctionnement (par exemple un district d'irrigation) pour chaque périmètre. Cela permettra un contrôle et une utilisation efficaces de l'eau.

f/. On doit améliorer la formation des cultivateurs en techniques de bonne irrigation et accroître cette formation pour rendre plus efficace leur utilisation de l'eau.

g/. On doit établir un manuel d'irrigation pour chaque grand et petit périmètre. Une ébauche de manuel d'irrigation figure dans l'annexe de cette étude.

### H.3.2-3 Equipement

a/. On devrait faire de sérieux efforts pour uniformiser tout l'équipement de pompage d'eau et les instruments agricoles. Cela permettra l'échange de pièces de rechange au fur et à mesure que cela sera nécessaire et réduira l'ampleur de l'inventaire des pièces nécessaires.

b/. On doit prendre des dispositions pour un service de réparations rapides en cas de défaut dans l'équipement de pompage. Si possible, un stock de pièces de rechange doit être constitué pour éviter de longues périodes d'attente avant l'arrivée des pièces de réparation.

c/. Pour ce qui est des petits périmètres, il serait conseillé d'utiliser des pompes-hélices ou des pompes hélicocentrifuges. Le minimum qu'on devrait exiger serait de fournir deux unités de pompes par périmètre, dont une serait fonctionnelle et l'autre servirait de rechange en cas de défaut de pompe.

d/. Pour les petits périmètres, les unités de pompe flottantes doivent être nombreuses sur plusieurs sections et à lâchures automatiques, au cas où une section est remplie d'eau.

e/. Pour les pompes fixes des petits périmètres, des bases solides et adéquates doivent être construites, avec des coussins résistants aux chocs et il doit exister des dispositions pour faciliter l'ancrage. Les bases doivent être construites à partir de briques et de béton à différentes hauteurs au-dessus du niveau de l'eau du fleuve. Elles doivent être espacées pour permettre des changements simples et rapides de l'emplacement des pompes. Elles doivent être construites sur sols stables pour empêcher la rive de s'éroder autour d'elles au cours des périodes de crues du fleuve.

### H-3.2.4 Systèmes de transport

a/. On doit mener une étude d'évaluation préliminaire pour déterminer l'état de tous les canaux situés sur les périmètres irrigués du bassin du fleuve Sénégal.

b/. Des critères de conception devraient être fixés en ce qui concerne des systèmes d'irrigation et de drainage améliorés. On devrait choisir un système qui serait plus efficace et pratique que ceux qui existent actuellement.

Un système comprenant des canaux élevés et revêtus de béton serait grandement désiré. Dans le cas où cela serait impossible à faire financièrement, on recommande fortement que les structures de transport par gravité (canaux principaux, secondaires et tertiaires) soient élevées au-dessus du sol, pour ce qui est des futurs périmètres irrigués. Le chapitre H de cette étude fournit quelques critères concernant les systèmes surélevés de transport d'eau d'irrigation.

c/. Les canaux d'irrigation de tous les grands périmètres actuels devraient être au moins revêtus d'argile compacté. Ce minimum reste valable pour tous les futurs périmètres irrigués. Des études sur le terrain devraient être conduites pour localiser les zones de sols hollaldé adjacentes aux périmètres à cet effet.

La solidité des systèmes de canalisations des périmètres irrigués du bassin du fleuve, s'ils étaient revêtus de matériaux d'argile compact, serait grandement renforcée par le fait que, durant la saison des crues, le fleuve Sénégal transporte des concentrations importantes de limon en suspension qui contiennent des matières colloïdales. KING et BRATER (1926) ont établi le profit que l'on pourrait tirer des matières limoneuses et colloïdales contenues dans l'eau du fleuve ainsi que leur effet sur les canaux d'irrigation.

En général, les canaux vieux et qui résistent bien à l'action du temps supportent les grandes vitesses de l'eau

mieux que les canaux neufs. Cela est particulièrement vrai des canaux revêtus d'argile quand les limons transportés par le courant contiennent des matières colloïdales. Les colloïdes (lorsqu'ils sont appliqués aux sols) ont les propriétés suivantes : plasticité, cohésion, solidité lorsqu'ils sont mouillés, et dureté quand ils sont secs ; ces caractéristiques sont essentielles à la résistance à l'érosion.

FORTIER et SCOBAY, KING (non daté) ont conclu que les colloïdes -contenus soit dans le lit du canal, soit dans l'eau transportée par le canal, ou les deux à la fois- ont tendance à cimenter les particules d'argile, de limons, de sable et de graviers de manière à produire une résistance aux effets de l'érosion. Sous l'action de l'infiltration, les interstices ou vides entre les particules d'argile de tailles différentes sont remplis par les matières colloïdales. Par conséquent, la masse devient plus dense, stable et moins sujette à l'action érosive de l'eau. Cette réaction des matières colloïdales -pour ce qui est des matériaux de revêtement des canaux- est un facteur dont on devrait tenir compte dans la sélection des systèmes d'irrigation des futurs périmètres du bassin du fleuve Sénégal.

d/. Les réseaux de transport des eaux d'irrigation des petits périmètres devraient avoir un revêtement. Ce revêtement pourrait consister soit en un noyau souterrain couvert de sol compact ou en une couche d'argile compacté, avec 30 à 45 cm d'épaisseur.

De plus amples détails sur les revêtements des canaux sont donnés à la section H.3-3.

e/. Il est recommandé que dans la conception d'un réseau d'irrigation pour les futurs périmètres du bassin du fleuve, les ouvrages de dérivation (c'est à dire les régulateurs, les chutes fonctionnant comme régulateurs, les ouvrages de prise d'eau, les ouvrages d'entrée, les barrages de dérivation, les poutrelles de bouchure et les vannes à glissement) soient aussi simples et fonctionnels que possible de sorte que les cultivateurs puissent les manipuler d'une manière efficace.

### H-3.2.5 Recommandations spécifiques aux périmètres du delta

a/. Il est nécessaire d'avoir de plus amples détails sur la présence possible d'une nappe d'eau souterraine dans la zone racinaire de certains sols du delta ; des études sont aussi nécessaires quant au développement possible de conditions de sols salins et sodiques.

b/. Il faut davantage de données sur l'effet de la salinité sur la production agricole actuelle et future des périmètres du delta.

c/. Il est essentiel de mener des recherches détaillées sur les sols et le drainage dans le delta et de cataloguer les données recueillies sur le terrain.

d/. On doit entreprendre des études sur la perméabilité des sols (conductivité hydraulique) pour fixer les limites des critères de la conception du drainage souterrain.

e/. On devrait établir un système de puits et de piézomètres pour contrôler les débits, les niveaux et les hauteurs de la succion dans les sols saturés du delta.

### H-3.3 Données et critères de la conception de systèmes de transport d'eau d'irrigation surélevés et à revêtement

Un système d'irrigation par gravité et surélevé est le genre habituellement construit dans l'ouest des Etats-Unis et dans d'autres régions arides et semi-arides du monde. Ce type de système d'irrigation est supérieur comparé aux autres, et il est très efficace. Il permet l'utilisation la plus complète et efficace de l'eau d'irrigation. Les zones d'emménagement d'eau morte sont éliminées et on peut contrôler la vitesse des écoulements dans le canal en corrigeant les gradients du canal.

Pour les besoins d'un canal surélevé, on construit une digue de fondation en utilisant des matériaux d'argile provenant de la zone d'emprunt adjacente à celle de construction.

Les canaux d'irrigation (principaux, secondaires, et tertiaires) sont alors creusés dans les matériaux compactés de remblai.

On utilise des siphons en plastiques pour conduire l'eau provenant des canaux tertiaires ou des fossés agricoles et destinée à l'irrigation des bourrelets, bassins ou sillons. La taille des siphons dépend du taux d'infiltration maximum de l'eau dans le sol à irriguer.

La figure H.3-1 montre une coupe transversale d'un canal surélevé construit à partir de remblai de matériaux compactés. Les tailles des canaux dépendent des capacités du canal qui sont indiquées sur cette figure.

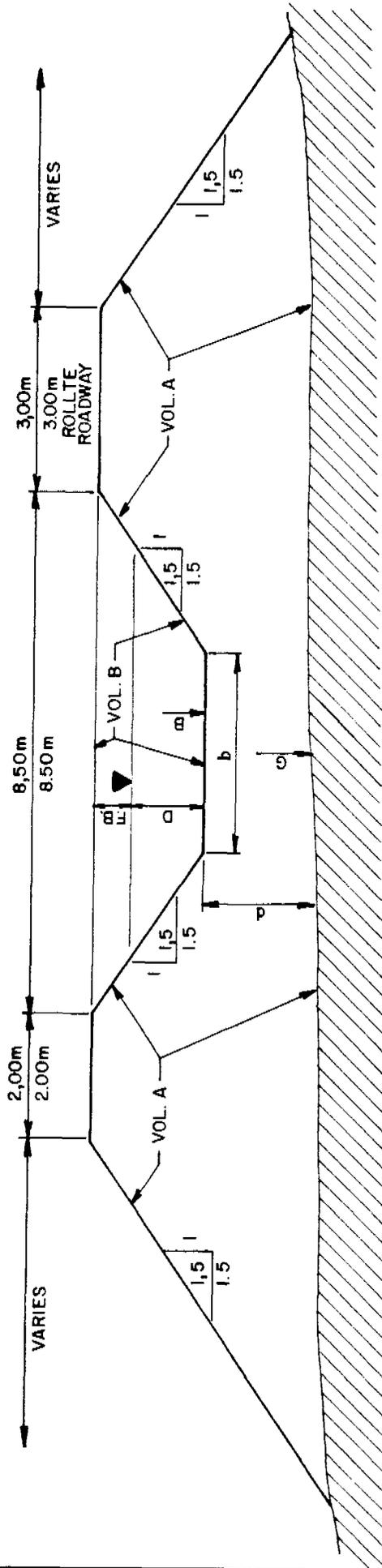
#### H.3.3-1 Canaux d'irrigation à revêtement

Les deux avantages majeurs des canaux à revêtement d'un système de transport d'eau d'irrigation sont la durabilité du système et le contrôle des pertes d'infiltration ; ces deux facteurs sont importants pour ce qui est de l'utilisation économique d'un système d'irrigation. Les pertes d'eau moyennes enregistrées par des canaux non revêtus peuvent s'élever jusqu'à 40 % comme l'indique le tableau H.3-1 (Mc JUNKIN, 1975). Puisqu'un système de canal à revêtement d'une zone d'approvisionnement donnée ne transporte pas nécessairement l'eau perdue provenant d'un système sans revêtement, les dimensions de ce système à revêtement y compris les ouvrages qui le composent, peuvent être plus petites. Avec les revêtements non érodables, on peut accroître la dénivellation et rendre la pente du talus plus raide. On réduit la largeur en gueule, ce qui signifie que l'on aura besoin de moins de surface de terres pour les canaux.

Une efficacité accrue en ce qui concerne le transport de l'eau et une réduction des pertes d'eau diminuent à leur tour les coûts directs du pompage (à considérer de très près étant donné l'infiltration continue des prix du pétrole) et prolongent la vie de l'équipement de pompage.

# LEVEES DE REMBLAIS COMPACTES POUR LA CONFECTION DE CANAUX D'IRRIGATION ELEVATED COMPACTED FILL FOR IRRIGATION CANALS

COUPE TRANSVERSABLE  
CROSS - SECTION



F.B. — FREE BOARD, 0.60 m

D. — HAUTEUR D'EAU  
WATER DEPTH, 1.15 m

B. — NIVEAU DU FOND DU CANAL  
CANAL BOTTOM, 3.25 m

G. — NIVEAU DU SOL  
GROUND ELEVATION

S. — PENTE DU FOND DU CANAL  
SLOPE OF CANAL BOTTOM

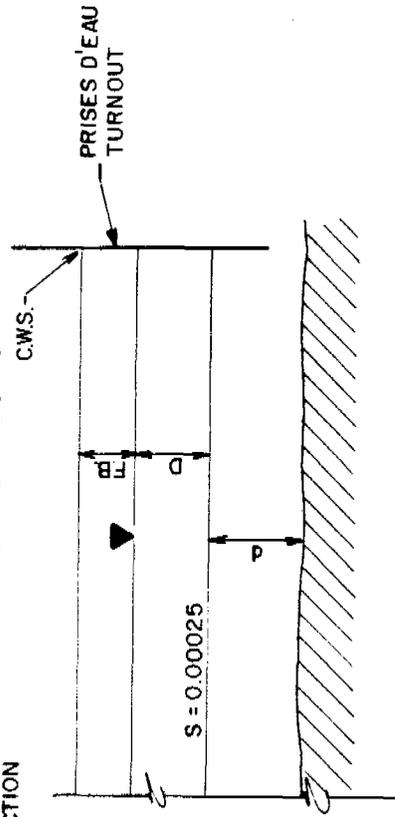
C.W.S. — NIVEAU DE LA SURFACE DE L'EAU CONTROLLEE  
CONTROLLED WATER SURFACE ELEVATION

B. — NIVEAU DU LIT  
BED ELEVATION

d. — SURFACE DE L'EAU  
WATER SURFACE

d. = B-G

PROFILE EN LONG



VOLUME A & B = COMPACTES POUR LA CONFECTION  
COMPACTED FILL

VOLUME B = EVACUE POUR  
CANAL D'IRRIGATION  
EXCAVATED FOR IRRIGATION  
CANAL

PRISES D'EAU  
TURNOUT

Figure : H. 3-1

TABLEAU H-3.1

CALCUL APPROXIMATIF DES PERTES D'EAU DANS LES  
SYSTEMES DE TRANSPORT A REVETEMENT

Pays (Projet)	Pertes en eau estimées en pourcentage par rap- port à l'eau totale que l'on a fait dériver	Remarques
Etats-Unis, 46 projets d'irrigation	3 - 86 (moyenne - 40)	incluse l'eau perdue à cause des infiltrations et prise par une végétation non contrôlée dans les canaux, ainsi que les pertes dues à l'évaporation dans les canaux.
Pakistan Occidental bassin du fleuve Indus (Pakistan Occidental)	18 - 44 35	Rien que les pertes dues aux infiltrations
Mexico	26 35 - 50	Chiffre moyen des pertes dans le transport, moins de sols perméables, plus de sols perméables.
Turquie - Konya Plaine de Cumra	40	
U.A.R. - Zone du delta du Nil	8 - 10	faibles pertes à cause de l'effet de colmatage de l'eau du Nil.
U.A.R. - Nouveaux canaux dans les zones de désert	50	
U.R.S.S.	20 - 35	Canaux principaux et secondaires
Inde, Canal du Gange	15 7 <u>22</u> 44	Canaux principaux et drains canaux secondaires.

TABLEAU H-3.1 (Suite)

Pays (Projet)	Pertes en eau estimées en pourcentage par rapport à l'eau totale que l'on a fait dériver	Remarques
	Maximum 40 %	Cours d'eau Pertes totales dues aux infiltrations.
	Année moyenne	Pertes totales dues aux infiltrations.
Pakistan	5,7	Canaux principaux.
Unité Kushita du plan d'irrigation	7,3	Canaux secondaires.
Gange - Kobadak	12,0	Canaux tertiaires
	<hr/> 25,0	Pertes totales dues aux infiltrations.
Projet d'irrigation Garmsar en Iran	40	Canaux principaux et secondaires.

Source : MC JUNKIN (1975)

Avec un système de canal à revêtement, la quantité de travail requise pour la maintenance et le contrôle de la provision d'eau est réduite, ce qui constitue un autre avantage, d'un point de vue économique.

Les autres avantages d'un système d'irrigation à revêtement sont :

- Une augmentation de la superficie des terres arables.
- Une réduction des zones d'emménagement d'eau morte, une vitesse supérieure de l'eau, et l'élimination de la croissance, dans les canaux, des mauvaises herbes et plantes aquatiques.

Tout cela réduit les habitats des vecteurs de maladies.

- Des potentialités accrues pour un drainage et un séchage rapides des terres traversées par les canaux.
- Une réduction des pertes des plants dues à la transpiration grâce au transport plus efficace de l'eau.

Même si la construction d'un système de transport d'irrigation à revêtement coûte plus cher initialement, les économies qui proviendront de la réduction du coût total de l'irrigation, d'une utilisation plus rationnelle de l'eau alliée à une durée accrue du système sont, à long terme, beaucoup plus qu'une compensation.

#### H-3.3.2 Catégories de revêtements pour les canaux d'irrigation

Les revêtements des canaux peuvent être arbitrairement classés d'après le type de matériel utilisé. Dans les sections suivantes, on analysera les différents types de revêtements, et on indiquera quelques critères pour chacun d'eux.

### A. Revêtement pavé ou à surface dure

C'est le type de revêtement le plus cher, mais c'est également le plus souhaitable. Il peut être composé de ciment, de béton de ciment bitumeux, de briques, de carreaux, de morceaux de tubes, de pierres, etc... La figure H-3.2 représente une coupe transversale typique d'un canal à revêtement pavé (KRAATZ, 1977).

Le plus solide des revêtements de canal à surface dure est le béton dont la durée est estimée à 50 ans au moins.

#### Critères pour les coupes d'un canal à revêtement de béton :

Afin d'uniformiser les coffrages glissants et l'autre équipement de construction du canal, des coupes de canal types ont été introduites dans plusieurs pays. Les critères établis par "l'American Society Of Agricultural Engineers" (A.S.A.E.) pour la coupe-modèle d'un canal trapézoïdal sont illustrés à la figure H-3.3 (KRAATZ, 1977). Les recommandations comprennent deux coupes dont les pentes des talus sont de 1 sur 1. Les dimensions types figurent au tableau H-3.2 (KRAATZ, 1977).

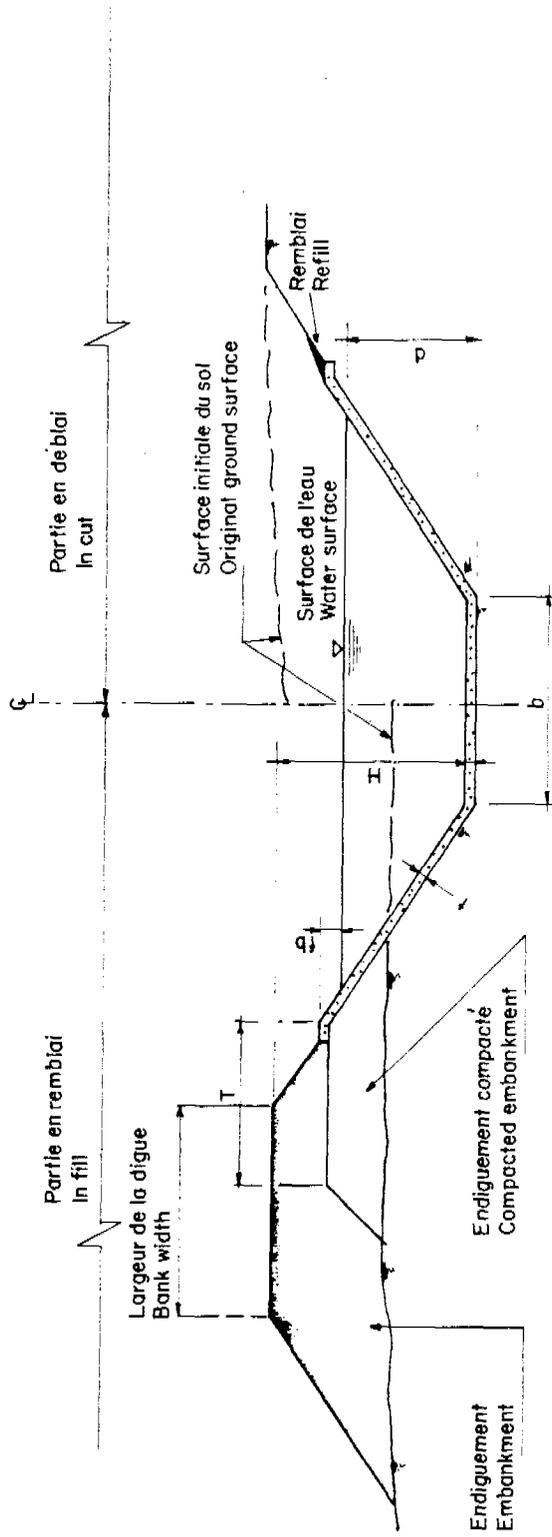
### B. Membrane d'étanchéité exposée

Les revêtements à membranes exposées peuvent se composer de fines membranes d'étanchéité de bitume, de plastique ou de caoutchouc synthétique. Leur faible perméabilité lorsqu'elle est alliée à la consistance du sol ou à un autre matériau de base empêchera les infiltrations d'eau.

L'avantage principal de ce type de revêtement réside dans sa flexibilité. Ce matériel de revêtement est plus efficace lorsqu'il est disposé sous terre.

Des expérimentations faites aux Etats-Unis montrent que l'exposition au soleil, aux conditions atmosphériques et à l'érosion peut entraîner une détérioration des matériels en plastique après deux à quatre années d'utilisation de ces

PROFIL EN TRAVERS STANDARD D UN CANAL AVEC REVETEMENT DE SURFACE DUR  
TYPICAL CROSS SECTION OF A HARD SURFACE - LINED CANAL



PROFIL EN TRAVERS STANDARD D'UN CANAL TRAPEZOÏDAL  
 STANDARD TRAPEZOIDAL CANAL SECTION

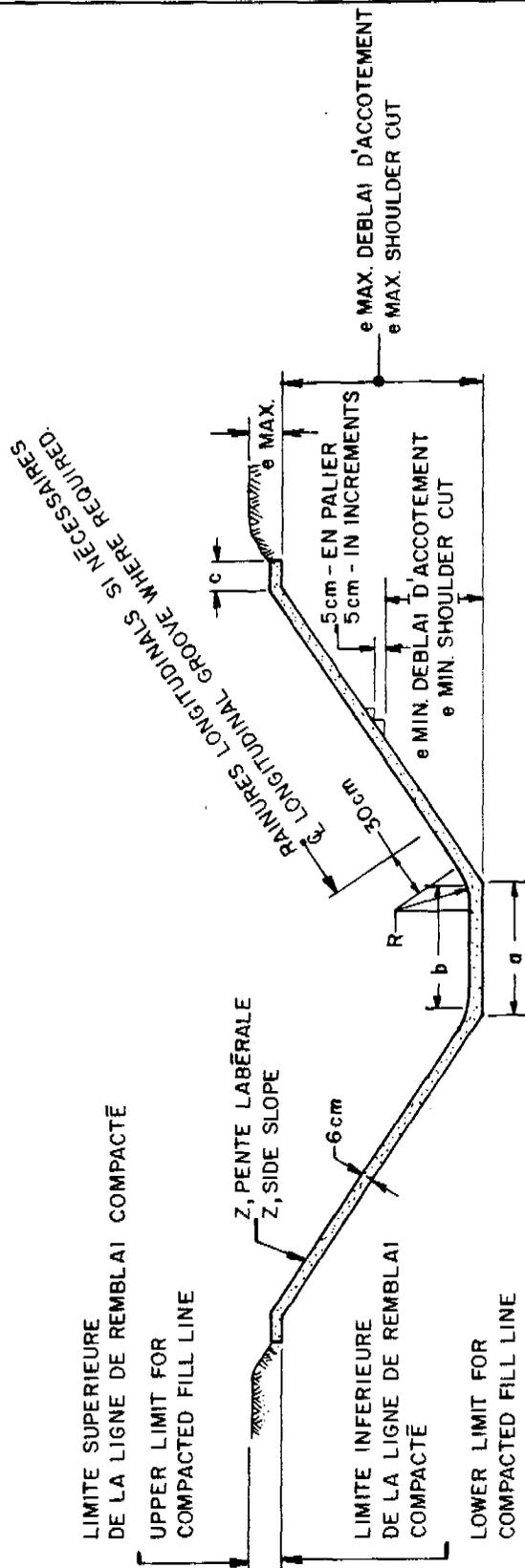


Figure: H.3-3

TABLEAU H.3-2

DIMENSIONS DES SECTIONS D'UN CANAL TRAPEZOÏDAL TYPIQUE  
(en centimètres) \*

Section	Z	a	b	c	e Minima	e Maxima	R
A-1	1:1	36	30	10	38	76	23
A-2	1:1	66	61	10	38	76	46
B-2	1,5:1	65	61	15	61	122	46
B-3	1,5:1	95	91	15	68	137	46
B-4	1,4:1	126	122	15	84	167	46
B-5	1,5:1	156	152	15	91	183	46
B-6	1,5:1	187	183	15	106	213	46

SOURCE : Kraatz (1977)

\* : convertis à partir des "inches" anglais.

derniers comme revêtements à membranes exposées. Tous les produits comportant une couche de butyle - le nylon en particulier - sont plus coûteux que le plastique, mais ils sont mieux adaptés et durent plus longtemps. A cause de cette durée relativement courte, l'utilisation des revêtements exposés est restreinte à quelques rares cas tels que les petites sections des canaux et pour les besoins temporaires et urgents de revêtement, ceci pour des raisons financières.

D'après KRAATZ (1977), les premières installations-pilotes employant des revêtements à membranes exposées ont indiqué que ces dernières résistaient peu aux nombreux problèmes rencontrés sur le terrain.

#### Membrane couverte ou enterrée :

Les membranes telles que le bitume préparé sur place, les matériaux bitumeux préfabriqués, le plastique, le caoutchouc synthétique, l'argile ou le bentonite peuvent contrôler efficacement les pertes d'eau dues aux infiltrations pendant une période suffisamment grande si elles sont revêtues d'une couche de protection de sols argileux et à graviers ou de sables nivelé, etc. En Inde, des couches de protection en terre, profondes de 30 cm, ont fourni la protection adéquate aux membranes enterrées contre les dangers provenant du bétail.

#### Critères établis pour recouvrement de protection des revêtements de membranes :

Les critères établis par le "U.S. Bureau of Reclamation", Service de Mise en Valeur des Etats-Unis, pour le recouvrement des revêtements de membranes enterrées nécessitent une épaisseur minima correspondant au 1/12 de la profondeur normale de l'eau ; on ajoute 25 ans si la couche est composée de matériaux argileux et à graviers.

Les critères de l'A.S.A.E. exigent une épaisseur minima de 15 cm de couverture du sol pour les revêtements de membrane flexible. Si l'on doit protéger la membrane contre le bétail, l'épaisseur minima exigée sera de 23 cm.

Les critères du US. Bureau of Reclamation pour les membranes d'étanchéité de bitume plastique exigent une pente maxima de 2 sur 1, à moins que les matériaux de couverture soient relativement instables (par exemple sables nivelés, graviers fins ou sables limoneux). Dans ce cas, on doit utiliser une pente plus plate.

KRAATZ (1977) recommande une pente maxima de 3 sur 1 pour des canaux avec revêtement à membrane recouverte de terre.

La figure H-3.4 est une illustration d'installations typiques avec revêtements à membrane exposée et enterrée respectivement.

#### D. Revêtements en terre

Consécutivement aux progrès accomplis dans "le génie" de la mécanique des sols et les nombreuses améliorations de l'équipement et les techniques des travaux d'excavation, les revêtements en terre des canaux sont devenus un des types de revêtements les plus communs en ce qui concerne la construction de systèmes d'irrigation.

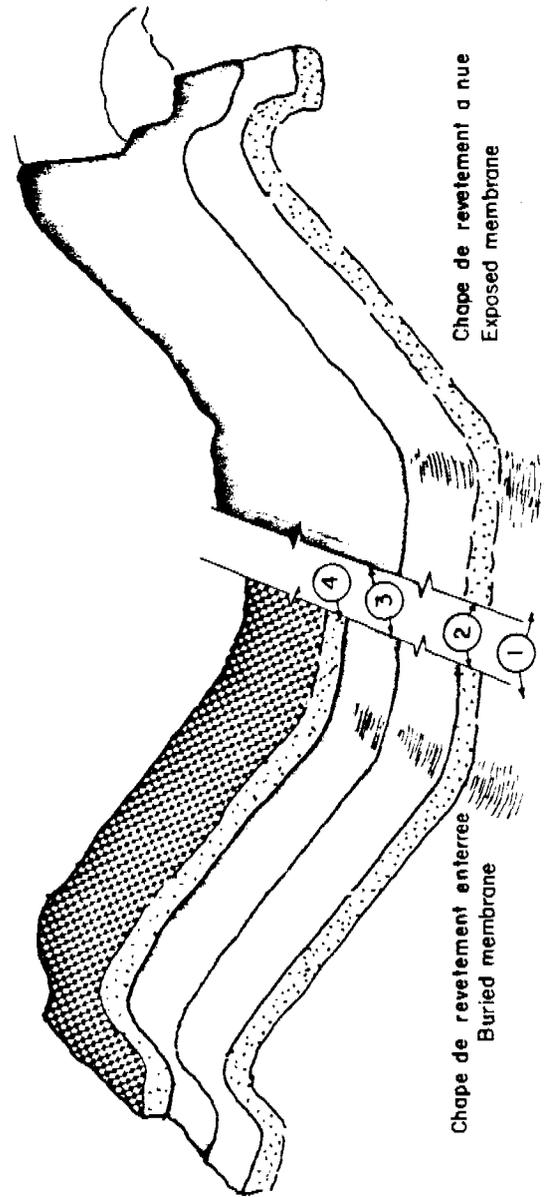
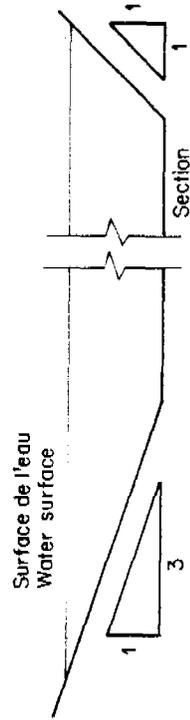
Dans certains endroits, seuls les revêtements en béton sont plus efficaces que les revêtements en terre. Les revêtements en terre comprennent de la terre compactée, de la terre non compactée, des sols mélangés à des stabilisateurs, et des mélanges d'argiles. Les stabilisateurs de sol utilisés sont composés de la résine, du bitume et des produits pétrochimiques.

La figure H-3.5 représente une coupe type d'un canal avec revêtement en terre compactée, et le tableau H-3.3 fournit les données de dimensions à utiliser avec cette figure ; tous deux sont de KRAATZ (1977).

#### Critères pour revêtements en terre compactée :

KRAATZ (1977) indique les critères suivants pour tous les revêtements en terre compactée :

PROFIL TYPE D'UNE MEMBRANE D'ÉTANCHEITE EXPOSEE ET ENTEREE  
 TYPICAL SECTION OF EXPOSED AND BURIED MEMBRANE LINING



- ① Couche de fond  
Subgrade
- ② Couche inférieure à texture fine  
Fine textured cushion
- ③ Membrane  
Membrane
- ④ Banquette de pied à texture fine  
Fine textured cover

# COUP TYPE D'UN CANAL A REVETEMENT EN TERRE COMPACTEE TYPICAL SECTION OF A COMPACTED-EARTH-LINED CANAL

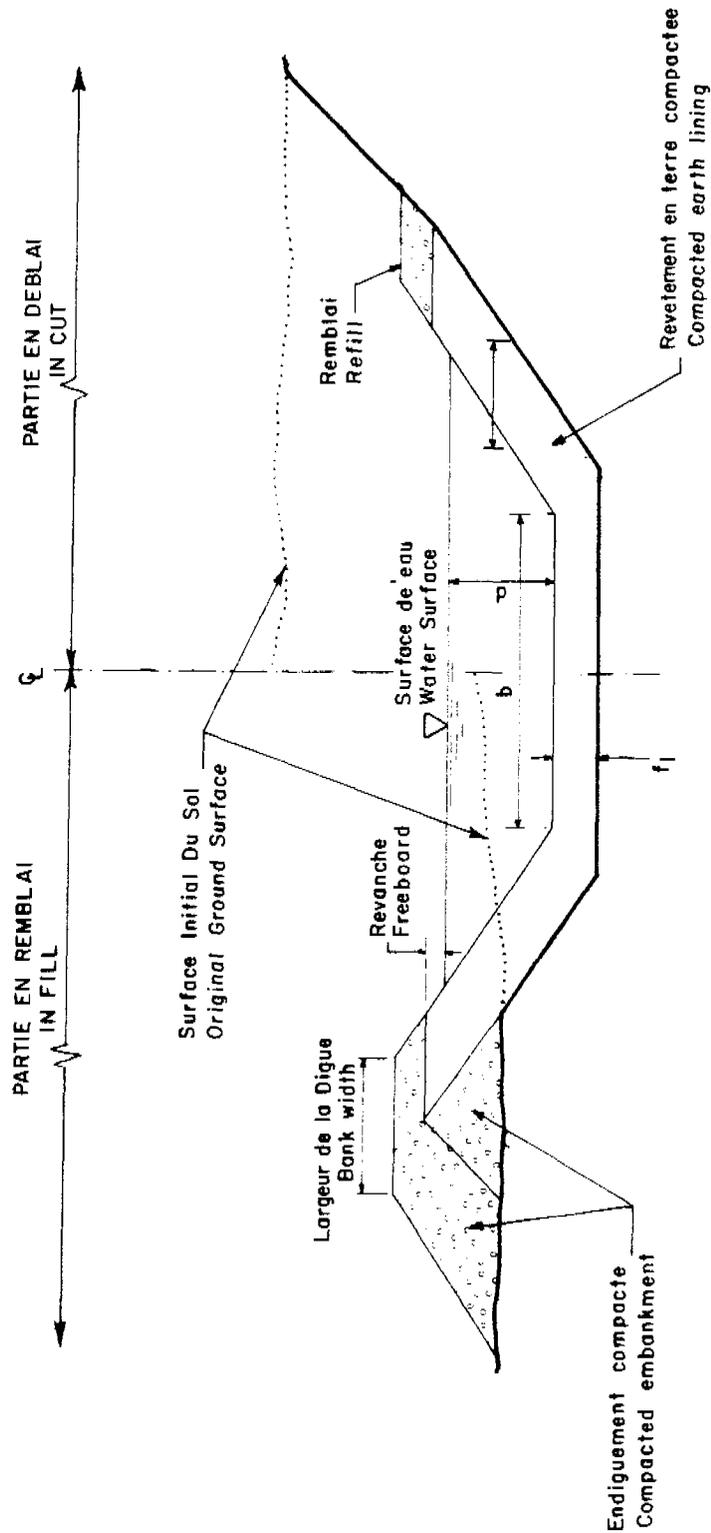


TABLEAU H.3-3

CRITERES APPROXIMATIFS POUR REVETEMENTS EN TERRE COMPACTEE EPAISSE

Profondeur	Epaisseur du fond (E <sub>f</sub> )	Epaisseur latérale (E <sub>l</sub> )	Rapport largeur/profondeur du lit	Pente (p)
60 cm	30 cm	90 cm	2	1,5:1
120 cm	45 cm	120 cm	3	1,5:1 ou 1,75:1
250 cm	60 cm	180 cm	3,5	2:1
250 cm	60 cm	250 cm	4 à 7	2:1

SOURCE : Kraatz (1977)

- On doit maintenir un ferme contrôle de la densité et de l'humidité optimale.

- Une densité évaluée à 95 % ou 98 % du niveau maximum établi en laboratoire - déterminé par la méthode de compactage Procter - fournira, normalement une stabilité et une imperméabilité adéquates. Pendant la période de construction, on devrait procéder à plusieurs tests de densité sur place pour s'assurer de la qualité du travail.

- Si la densité normale n'est pas atteinte, le revêtement devrait être de nouveau compacté.

- On doit entreprendre des vérifications de la perméabilité en effectuant des analyses en laboratoire des sols prélevés sur les revêtements.

Le tableau H-3.4 (KRAATZ, 1977) fournit les vitesses d'écoulement tolérables dans les différents matériaux de revêtements en terre. On utilise un coefficient de rugosité de Manning de 0,0025 pour les canaux dont la capacité est inférieure à 3 m<sup>3</sup>/seconde (100 cusecs) et un coefficient de 0,0020 pour de plus grands canaux.

Les vitesses d'écoulement qui ne provoquent pas d'érosion varient à peu près entre 0,3 et 1,8 mètres par seconde, si on les compare aux vitesses allant de 1,5 à 2,5 mètres par seconde en ce qui concerne les revêtements en bitume et en briques.

On estime à vingt ans la durée des canaux épais à revêtement de terre compactée.

### H-3.3.3 Facteurs financiers à considérer pour les canaux avec revêtement

Le coût des matériaux de revêtement de canal - tout comme celui des autres matériaux de construction - variera largement selon l'endroit. Le tableau H-3.5 indique les coûts

TABLEAU H.3-4

VITESSE (m/sec.) MAXIMA NON EROSIVES DANS LES CANAUX EN TERRE

Nature du lit du canal	Avec un débit (m <sup>3</sup> /s) de :									
	0,5	1	2	3	4	10	15	20	30	
Limon, sable fin, terre franche de sable fin	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49	0,50	0,52	
Sol sablonneux moyen	0,46	0,49	0,52	0,54	0,56	0,59	0,61	0,63	0,65	
Terre franche légère	0,53	0,56	0,59	0,61	0,64	0,68	0,70	0,72	0,74	
Terre franche moyenne, loess moyen, sable grossier	0,59	0,63	0,67	0,69	0,72	0,75	0,79	0,81	0,84	
Terre franche lourde, argile léger, loess à grain serré, sable très grossier, graviers fins	0,67	0,71	0,75	0,78	0,81	0,86	0,89	0,90	0,94	
Argile épais moyen	0,73	0,77	0,82	0,84	0,88	0,93	0,96	0,98	1,02	
Graviers moyens	0,82	0,87	0,92	0,95	0,99	1,05	1,09	1,11	1,16	
Argile lourd (tertiaire), graviers grossiers	1,26	1,34	1,42	1,47	1,53	1,62	1,68	1,72	1,79	

SOURCE : Kraatz, 1977

TABLEAU H. 3-5

## Coûts approximatifs de la construction de revêtements de canal.

Revêtement	Coûts des matériaux	autres frais *	Total
Béton de ciment " Portland " 7,6 cm non armé	337	506	843
béton de ciment " Portland " 5cm non armé	225	478	703
béton de ciment bitumineux 5 cm	281	422	703
Membrane en bitume enterrée (MBE)	93 x 4	216	309
Type de poutrelles (de réglage) préfabriquées	467	141	608
à couche d'asphalte à ciel ouvert en jute	239	84	323
couche d'asphalte enterrée en jute	239	253	492
film en poly éthylène, 10 ml, enterré	64	174	238
film en vinyl 10 ml, enterré	127	174	300

TABLEAU H. 3-5 (suite)

Coûts approximatifs de la construction de revêtements  
de canal.

revêtement	coûts des matériaux	autres frais *	Total
blindage de Butyl, 60 mil. à ciel ouvert	675	28	703
revêtement en terre compactée 1 m			309
revêtement en terre compactée 30 cm			140

\* préparation de la surface d'application du revêtement, installation et recouvrement, si nécessaire.

\*\* bitume préparé sur le terrain

Source Mc JUNKIN (1975)

moyens de construction dans l'ouest des Etats-Unis ainsi qu'ils ont été fournis par Mc JUNKIN (1975) pour les besoins de comparaisons des prix des différents types de revêtements de canaux. Pour cette étude-ci, les prix figurant sur ce tableau ont été convertis en F.CFA à partir de dollars américains.

On doit considérer la longévité des matériaux de revêtement, les taux d'intérêt locaux et les coûts annuels d'exploitation et de maintenance lorsque l'on compare les différents prix des revêtements des canaux.

Un autre facteur à considérer est que la taille d'un canal nécessaire au transport d'un débit donné varie inversement avec "l'égalisation" hydraulique de sa surface. Dans la formule de Manning (formule utilisée pour déterminer la taille -du diamètre d'un canal- nécessaire au transport d'un certain volume d'eau) on utilise le facteur "n" pour représenter la rugosité des matériaux de surface du canal.

En utilisant ce facteur, on peut faire une comparaison entre les critères de coupe transversale des canaux ayant différents types de matériaux de revêtement. Ainsi, on peut par exemple faire une comparaison entre la coupe transversale d'un canal à revêtement en béton et celle d'un canal ayant un revêtement à membrane en bitume d'étanchéité. Le facteur "n" pour le béton, selon la formule de Manning, est de 0,014 tandis que celui de la membrane enfouie à étanchéité est de 0,025.

Le rapport entre les deux serait  $1/0,014$  qui, divisé par  $1/0,025$ , donnerait 1,7 ; ce qui signifie que l'aire de la transversale d'un canal à revêtement à membrane enfouie à étanchéité en bitume (M.E.E.B.) serait 1,7 fois aussi grande que celle d'un canal en béton pour pouvoir transporter le même volume d'eau. Pour une coupe transversale de configuration-types, le périmètre serait environ 1,5 fois plus grand, ce qui signifie qu'un canal avec revêtement à M.E.E.B nécessiterait 1,5 fois (une fois et demie) la superficie du revêtement du canal en béton.

Le tableau H-3.6 (KRAATZ, 1977) dresse la liste des capacités relatives des canaux à revêtement en béton par rapport aux canaux sans revêtement, tandis que la figure H-3.6 (MC JUNKIN, 1975) établit une comparaison graphique des aires de la coupe transversale des deux genres de canaux. Pour tout débit donné, la superficie d'un revêtement en béton peut être réduite étant donné que les pertes dues aux frictions sont moindres et que la vitesse maxima permise est plus grande.

Lorsque l'on utilise des revêtements non érodables tels que le béton ou l'argile compacté, le gradient du lit peut être augmenté et la pente du talus rendue plus raide. Cela réduira la largeur en gueule, laquelle à son tour diminuera la superficie requise pour le canal.

Si tous les facteurs financiers sont pris en considération, y compris les économies qui résulteront de l'utilisation du système d'irrigation à long terme (main-d'oeuvre et dépenses de maintenance réduites, utilisation plus rationnelle de l'eau, rendements accrus, etc...) on pourrait déterminer qu'il serait financièrement possible de choisir un système de transport d'irrigation, surélevé et avec revêtement, pour les futurs périmètres irrigués qui seront aménagés au cours de l'aménagement agricole du bassin du fleuve Sénégal.

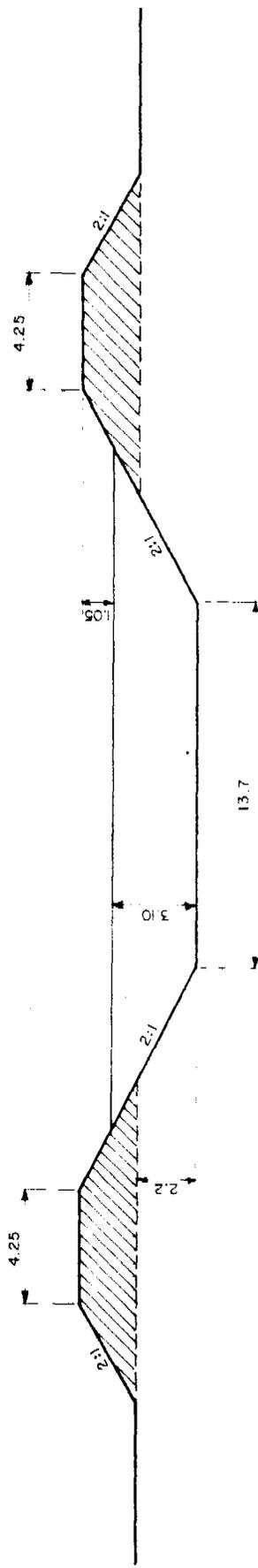
TABLEAU H.3-6

## CAPACITES RELATIVES DE CANAUX REVETUS DE BETON ET CEUX NON REVETUS

Largeur du lit (mètres)	Profondeur de l'écoulement (mètres)	Quantité (cm/msec.)	
		Béton	non revêtu
0,30	0,45	0,40	0,23
0,90	0,60	1,27	0,71
1,20	0,75	2,40	1,33
1,50	0,90	4	2,24

SOURCE : Kraatz, 1977

COMPARAISON D'UN CANAL NON TUBE AVEC UN CANAL TUBE CIMENT  
 COMPARISON OF UNIFIED AND CONCRETE LINED CANAL



Les dimensions sont en metres.  
 All dimensions in meters.

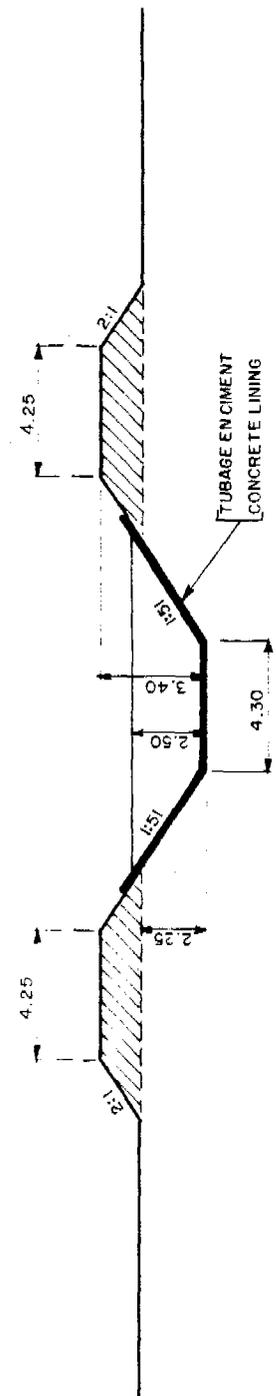


Figure: H. 3-6

## BIBLIOGRAPHIE

- Agricultural Research Service. 1969. In Water Quality Criteria, 1972. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Audibert, M. 1970. Delta du Fleuve Sénégal. Etude Hydro-géologique IV. Drainabilité. Saint-Louis.
- Bechtel. 1976. Development of Irrigated Agriculture at Matam, Senegal. Feasibility Study. San Francisco, California.
- Benor, D. and Harrison, J.Q. 1977. Agricultural Extension. The Training and Visit System. World Bank, Washington, D.C. 55 p.
- Beyrard (Norbert Beyrard France). 1974. Programme Intégré de Développement du Bassin du Sénégal. Tome III, 311 p. et Tome IV, 128 p. Paris.
- Boutillier, J.-L., Cantrelle, P., Causse, J., Laurent, C., and N'Doye, Th. 1962. La Moyenne Vallée du Sénégal. Etude Socio-économique. Presses Universitaires de France, Paris.
- Bruggers, R.L. and Ruelle, P. 1977. Bird Losses in Senegal Rice Significantly Cut. The Rice Journal Nov.-Dec. pp. 10-14.
- Carruth, L.A. and Moore, L. 1973. Cotton Scouting and Pesticide Use in Eastern Arizona. Journal of Economic Entomology. Vol. 66. pp. 187-190.
- Chaumeny, S. 1973. Etude sur les Unités Naturelles d'Équipement. Etude Hydro-agricole du Bassin du Fleuve Sénégal. RAF 65/061. Saint-Louis.
- Cissokho, M. 1977. Article about SAED in Soleil, March 28-30. Dakar.
- Club des Amis du Sahel. 1977. Equipe Culture Irriguées. Rapport National Sénégal.
- Crook, J.H. and Ward, P. 1968. The Quelea Problem in Africa. In The Problems of Birds as Pests. R.K. Murton and E.N. Wright, Eds. Academic Press, New York.
- Diagne, P.S. 1974. Le Delta du Fleuve Sénégal, Problèmes de Développement. Doctorat Thesis. Univ. of Paris.
- Diallo, B. 1978. Personal Communication.

- \_\_\_\_\_, Mamadou. 1976. Etude Socio-Economique de l'Elevage dans le Delta et la Basse Vallée du Fleuve Sénégal. SEDES for O.M.V.S., Paris.
- \_\_\_\_\_, Minelph. 1976. Développement Hydro-agricole de la Vallée du Fleuve Sénégal : Une Société Régionale : La S.A.E.D. Republic of Senegal. Mimeo
- Dustman, E.H. and Stickle, L.F. 1969. In Pesticides and their Effects on Soils and Water. ASA Special Publication No. 8. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Fall, M.W. 1976. Rodent Control in Senegal: Present Problems, Future Needs. Preliminary Report, U.S. Fish and Wildlife Service, Denver Research Center, Colorado.
- FAO. 1973. Etude Hydro-agricole du Bassin du Fleuve Sénégal. O.M.V.S. Etude Pédologique. AGL: DP/RAF/65/061. Rome.
- \_\_\_\_\_. 1975. Small Hydraulic Structures. D.B. Kraatz and I.K. Mahajan. Drainage Paper 26/1. Rome. 144 p.
- \_\_\_\_\_. 1977a. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. J. Doorenbos and W.O. Pruitt. Irrigation and Drainage Paper 24. Rome. 144 p.
- \_\_\_\_\_. 1977b. Etude Hydro-Agricole du Bassin du Fleuve Sénégal. O.M.V.S. Rapport de Synthèse des Etudes et Travaux. Rome 319 p.
- Fortier and Scobey. 1926. In Handbook of Hydraulics, H. W. King. 5 th Ed. McGraw-Hill, New York.
- Fredrickson, C. 1978. Personal Communication.
- Grazio, J.W., Lockyer, N.F., Bunton, R.B., and Schafer, E.W., Jr. 1973. J. Toxicol. Appl. Pharmacol., Vol. 26, pp. 154-157.
- Gittinger, J.P. 1972. Economic Analysis of Agricultural Projects. IBRD. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, Maryland. 221 p.
- Grist, D.H. 1975. Rice. 5th Edition. Longman Group Limited. London. 601 p.
- Groupement Manantali. 1977. Etude d'Exécution du Barrage et de l'Usine Hydro-électrique de Manantali. Annexe 4. Mission A.1.4 Dakar. 93 p. and appendices.
- Hardy, G. 1921. La Mise En Valeur du Sénégal de 1817 à 1854. Emile-Larose, Paris.

- Hilgard, E.W. 1906. Soils, Their Formation, Properties, Composition and Relations to Climate and Plant Growth. New York and London. 593 p.
- Hopper, W.D. 1976. The Development of Agriculture in Developing Countries. Scientific American. Vol. 235, No.3. pp. 197-205.
- International Fertilizer Development Center (IFDC). 1977. West Africa Fertilizer Study. Volume II, Senegal; Volume III, Mali. Prepared for U.S.AID. Florence, Alabama.
- Juton, M. and Mutsaers, M. 1971. Inventaire des Superficiés Cultivées en décrue en 1970-71. Dakar.
- Khatib, A.B. 1971. Present and Potential Salt-affected and Waterlogged Areas of the Countries of the Near East in Relation to Agriculture. Irrigation and Drainage Paper No. 7. FAO. Rome.
- Kraatz, D.B. 1977. Irrigation Canal Lining. Land and Water Development Series. No. 1. FAO, Rome. 199 p.
- Kroetz, M.E. and Schmidt, W.H. 1969. In Water Quality in a Stressed Environment. Pettyjohn, 1972. Burgess Pub. Co., Minneapolis, Minn.
- Lichtenberg, J.J., Eichelburger, J.W., Dressman, R.C. and Longbottom, J.E. 1969. In Water Quality Criteria. 1972. The Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Maiga, M. 1976. Capitalisme, Exploitation des Ressources Hydrauliques du Fleuve Sénégal et Développement des Pays Riverains. Doctoral Thesis. University of Paris.
- Maynard. 1957. In Etude d'Exécution du Barrage et de l'Usine Hydro-électrique de Manantali. Annexe 4. Mission A.1.4. Groupement Manantali, 1977. 93 p.
- Mc Junkin, F.E. 1975. Water, Engineers, Development and Disease in the Tropics. AID/CSD - 1888. Dept. of State. Washington, D.C. 182 pp.
- Mikkelsen, D.S. and Finfrock, D.C. 1957. Availability of Ammoniacal Nitrogen to Lowland Rice as Influenced by Fertilizer Placement.
- \_\_\_\_\_, Lindt, J.H., Jr. and Miller, M.D. 1967. Rice Fertilization. University of California, Davis.
- Morrel, G. and Roux, F. 1966. Les Migrateurs paléoarctiques au Sénégal; I. Non Passereaux. La Vie et la Terre, Vol. XX, pp. 19-22.
- Niang, M. 1978. Personal Communication.

- Nixon, P.R., et al. 1972. Coastal California Evapotranspiration Frequencies. A.S.C.E. J. Irrigation and Drainage, Proc. 98. pp. 185-191.
- O.M.V.S. 1976 (May). The O.M.V.S. Program. Presentation, Methods and Means of Implementation. Dakar. 140 pp.
- \_\_\_\_\_. 1976 (Dec.). Aménagement du Bassin Versant du Fleuve Sénégal : Périmètres d'Irrigation en Mauritanie. 24 p.
- \_\_\_\_\_. 1977. Aménagements Hydro-agricoles dans le Bassin du Sénégal : Rythmes de Développement Modulation des Crues et des Renseignements Recueillis au Niveau des Etats.
- ORSTROM, 1974. Le Bassin du Fleuve Sénégal. Monographies Hydrologiques No. 1.
- Pettyjohn, W.A. 1972. Water Quality in a Stressed Environment. Burgess Publ. Co. Minneapolis, Minn.
- Papy, L. 1952. La Vallée du Sénégal, Agriculture Traditionnelle et Riziculture Mécanisée. Etude Sénégalaise No. 2. I.F.A.N., Saint-Louis.
- PNUD/FAO. 1973. Etude Hydro-agricole du Bassin du Fleuve Sénégal, Etude Pédologique. AGL:DP/RAF/65/061.
- \_\_\_\_\_/O.M.V.S. Situation Casiers Pilotes et Périmètres, (Map 1: 500,000).
- Republic of Mali. 1977. Note sur le problème des Aménagements Hydro-agricoles.
- Republic of Senegal. 1971. Ministry of Rural Development and Hydraulics. SAED. Mimeo.
- \_\_\_\_\_. 1975. Ministry of Rural Development and Hydraulics. Note sur la SAED. Mimeo.
- \_\_\_\_\_. 1976. Ministry of Rural Development and Hydraulics Communication Conseil Interministeriel du 12 avril, 1976. Mimeo.
- Republique Islamique de Mauritanie. 1977. Périmètres Villageois Irrigués Par Pompage.
- Richards, L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook No. 60. U.S.D.A., Washington, D.C. 160 p.
- Rijks, D.A. FAO/O.M.V.S. AGP: SF/Reg 114.
- Rochette, C. 1974. Le Bassin du Fleuve Sénégal. Monographies Hydrologiques // 1. ORSTROM, Paris. 343 p.

- Sasser, J.N., Reynolds, H.T., Meggitt, W.F. and Herbert, T.T. 1972. Crop Protection in Senegal, Niger, Mali, Ghana, Nigeria, Kenya, Tanzania and Ethiopia.
- SAED. 1968. Superficies des Terres inondées (Matam Dir. of SAED). unpagéd.
- \_\_\_\_\_. 1976. Carte de la Vallée du Fleuve Sénégal. Programmation des aménagements hydro-agricoles et investissements complémentaires. Scale 1:500,000 Saint-Louis.
- \_\_\_\_\_. 1978. Surface Exploitable. 2p.
- \_\_\_\_\_-SCET. 1976. Programme d'action a Court et Moyen Terme. Programmation des aménagements hydroagricoles. Rapport de fin de lère Phase. Vol. 4. 159 p.
- SEDAGRI. 1973. Etude Hydro-agricole du bassin du Fleuve Sénégal étude pédologique.
- SOGREAH. 1972. Etude Hydro-agricole du Bassin du Fleuve Senegal. Etude du Barrage du Delta. Rapport Final, Vol. II, Annexe 3. Grenoble. 87 p.
- SONADER. 1978. Personal Communication. Director General.
- Sonko. 1978. Personal Communication.
- Taylor, G.S., Wilson, J.H. and Leech, A.P. 1969. In Water Quality in a Stressed Environment. Burgess Pub. Co., Minneapolis, Minnesota.
- U.S. Bureau of Reclamation. 1976. Senegal River Basin: Preliminary Basic Data Examination and Suggested Study Program. U.S.AID. Washington, D.C. 195 p.
- USDA. 1962. Determining Consumptive Use and Irrigation Water Requirements. Tech. Bull. No. 1275. Washington, D.C.
- \_\_\_\_\_/SCS. 1967. Irrigation Water Requirements. Tech. Publication No. 21. Washington, D.C.
- \_\_\_\_\_. 1972. Drainage of Agricultural Lands. Off. of SCS. Water Information Center, Inc., Port Washington, N.Y.
- Van der Velden, J. 1973. Le dessalement des terres salées du delta du fleuve Sénégal Bilan des trois années d'expérimentations (1970-73). Saint-Louis.
- Wadleigh, C.H. and Butt, C.S. 1969. In Water Quality in a Stressed Environment. Pettyjohn, 1972. Burgess Pub. Co., Minneapolis, Minn.
- Welcomme, R.L. 1975. The Fisheries Ecology of African Floodplains. CIFA Technical Paper No. 3. 51 p.

World Bank (IBRD). 1975. Irrigation Potential of Semi-arid arid Zones of West Africa. Part I. Senegal River Basin Irrigation Development.

Wortmann, S. 1976. Food and Agriculture. Scientific American, Vol. 235, No. 3. pp. 31-39.

Zabolonne, George. 1978. Personal Communication.