

11620

AG:DP/RAF/65/061  
Rapport technique 1

250 84.7

ETUDE HYDRO-AGRICOLE DU BASSIN DU FLEUVE SENEGAL

ORGANISATION POUR LA MISE EN VALEUR DU FLEUVE SENEGAL

RAPPORT DE SYNTHESE DES ETUDES ET TRAVAUX

Rapport préparé pour  
l'Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal  
par  
l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture  
agissant en qualité d'agence d'exécution du  
Programme des Nations Unies pour le développement

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT

ORGANISATION DES UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

Home, 1977

YU950

Les désignations utilisées et la présentation des données qui figurent dans le présent document et sur les cartes géographiques n'impliquent, de la part des Nations Unies ou de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoire, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

FAO. Etude hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal. Rapport de synthèse des études et travaux; Rome, 1977. 319 p., 5 figures, 11 plans, 2 cartes.  
AG:DP/RAF/65/061, Rapport technique 1.

#### RESUME

Le rapport fait une synthèse sélective des résultats, conclusions et recommandations contenus dans l'ensemble des documents de travail publiés par le Projet hydro-agricole.

La première partie du document traite des études de base sur les ressources physiques et humaines du bassin du fleuve Sénégal et des activités découlant de leur exploitation. Elles concernent les domaines de la topographie, pédologie, aptitudes culturales, hydrologie, agronomie (acquis de la recherche et leur application), besoins en eau, élevage, pêche, forêts, réalisations hydro-agricoles existantes, situation économique générale des trois pays riverains, conditions sociologiques, tenue des terres, état sanitaire. Le rapport présente ensuite les études en vue de la préparation des dossiers techniques des barrages (du delta, et d'accumulation dans le haut bassin), des périmètres irrigués (casiers pilotes et périmètres) et du drainage des terres salées.

Les principales données des études de factibilité des projets sont traitées sous différentes rubriques et principalement des périmètres avec ou sans barrage.

Le chapitre alternatives de développement présente le développement agricole et ses activités associées (élevage) suivant le schéma directeur de développement intégré du projet de synthèse PNUD/Beyrard.

Enfin les résultats, conclusions et recommandations du Projet sont présentés dans la dernière partie du rapport.

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture tient à remercier vivement les organisations et personnalités qui l'ont aidée dans la réalisation du projet en lui fournissant des renseignements, avis et facilités.

Ce rapport a été rédigé par MM. N. Bensoussan pour les chapitres 2, 4, 12, 13 et 14, J.F. Chaumeny pour les chapitres 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 16, 17 et 18 et W.E. Roell pour les chapitres 1, 5 et 15. Il synthétise les travaux exécutés par les experts, experts-conseils et sous-traitants dans le cadre du projet identifié en page de titre et dont les résultats ont été consignés dans une abondante documentation dont on trouvera la liste en annexe 1.

## TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
<u>Chapitre 1</u> INTRODUCTION	1
1.1 Origine du projet	1
1.2 Dispositions officielles	2
1.3 Objectifs du projet	2
<u>Chapitre 2</u> CARTOGRAPHIE ET TOPOGRAPHIE	5
2.1 Cartographie	5
2.2 Cartes au 1/20 000 des périmètres	6
2.3 Couvertures aériennes	7
2.4 Géodésie et nivelllements	7
2.5 Les Unités naturelles d'équipement	8
<u>Chapitre 3</u> PEDOLOGIE ET UTILISATION DES SOLS (INCLUS LES SOLS SALINS DU DELTA)	9
3.1 Introduction	9
3.2 Le cadre des études	9
3.3 Origine des sols et morphogenèse	10
3.4 Les unités géomorphologiques	12 ↗
3.5 La pédogenèse	14
3.6 Les types de sol	17 ↗
3.7 Cartographie	20
3.8 Utilisation et interprétation des cartes	23
<u>Chapitre 4</u> CLIMATOLOGIE ET HYDROLOGIE	28 ↗
4.1 Introduction	28
4.2 Description du bassin du fleuve Sénégal	28
4.3 Climatologie	30
4.4 Hydrologie	32
4.5 Intrusion marine	37
4.6 Le modèle mathématique	39
4.7 Débits solides	41
<u>Chapitre 5</u> HYDROGEOLOGIE	43
5.1 Introduction	43
5.2 Géologie	44
5.3 Les eaux souterraines	46 ↗
5.4 L'exploitation des nappes	50 ↗
5.5 Les effets de la mise en valeur	52 ↗

	<u>Page</u>
<u>Chapitre 6</u> AGRONOMIE	53
6.1 Condition actuelle de l'agriculture	53
6.2 La recherche agronomique	55
6.3 Connaissance du milieu	56
6.4 Le potentiel végétal	59
6.5 La défense des cultures	62
<u>Chapitre 7</u> PLANS DE CULTURE, ASSOLEMENTS, BESOINS EN EAU	64
7.1 Plans de culture	64
7.2 Calendriers culturaux	65
7.3 Les assolements	67
7.4 Plans de développement	69
7.5 Les besoins en eau	71
<u>Chapitre 8</u> ELEVAGE	74
8.1 L'élevage traditionnel dans le bassin du Sénégal	74
8.2 Perspectives d'avenir pour l'élevage	78
<u>Chapitre 9</u> PECHE	84
9.1 Situation actuelle de la pêche	84
9.2 Caractéristiques des eaux du fleuve	85
9.3 Organisation de la pêche	85
9.4 Aspects économiques	86
9.5 Influence des aménagements hydro-agricoles sur la pêche	87
<u>Chapitre 10</u> LES FORETS	91
10.1 Situation actuelle des forêts dans le bassin du Sénégal	91
10.2 Situation actuelle dans la plaine alluviale du Sénégal	92
10.3 Utilisation actuelle de la forêt	93
10.4 Avenir des forêts dans le bassin du Sénégal	94
<u>Chapitre 11</u> STRUCTURE ET ECONOMIE DE LA PRODUCTION	97
11.1 Structures de production existantes	97
11.2 Les structures de production proposées	100
11.3 L'équipement	106
11.4 Economie de la production	117
11.5 Le revenu du paysan	122
11.6 Rentabilité des périmètres	122

	<u>Page</u>
<b><u>Chapitre 12 AMENAGEMENTS EXISTANT DANS LA VALLEE</u></b>	124
12.1 Casier de Richard-Toll	124
12.2 Casier de Guédé	125
12.3 Aménagement du delta: Société d'aménagement et d'exploitation du delta (SAED)	126
12.4 Projet M'Pourisé	128
12.5 Les petits périmètres mauritaniens	129
<b><u>Chapitre 13 LES AMENAGEMENTS PREVUS</u></b>	132
13.1 Introduction	132
13.2 Principes généraux d'aménagement	133
13.3 Périmètre de Matam (y compris casier pilote)	136
13.4 Périmètre de Saldé-Wala	138
13.5 Périmètre et casier-pilote de Boghé	140
13.6 Périmètre et casier-pilote de Nianga	141
13.7 Aménagement de Dagana	144
<b><u>Chapitre 14 SCHEMA HYDRAULIQUE D'AMENAGEMENT - BARRAGE RESERVOIR AMONT - BARRAGE ANTI-SEL DU DELTA</u></b>	148
14.1 Historique	148
14.2 Projet d'aménagement actuel	149
<b><u>Chapitre 15 DRAINAGE</u></b>	156
15.1 Introduction	156
15.2 Potentiel en terres drainables	156
15.3 Expérimentation avec système de drainage	157
15.4 Classification de la drainabilité des sols du delta	159
15.5 Drainabilité	160
15.6 Systèmes de dessalement	162
15.7 Système de drainage	165
15.8 Cultures pendant et après la mise en valeur	166
15.9 Aspects économiques d'un aménagement avec drainage	166
15.10 Recommandations	167
<b><u>Chapitre 16 LES DONNEES DE BASE DU DEVELOPPEMENT</u></b>	169
16.1 La population	169
16.2 Les infrastructures et institutions communes	193
16.3 Economie des trois Etats riverains	196

	<u>Page</u>
<u>Chapitre 17</u> LES OPTIONS POUR LE DEVELOPPEMENT	217
17.1 La régularisation et l'équipement du fleuve Sénégal	217
17.2 Le développement de l'agriculture et de l'élevage	220
17.3 Le développement minier et industriel	224
17.4 Les options pour les autres programmes	225
17.5 La méthodologie des choix	225
<u>Chapitre 18</u> LE PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT INTEGRÉ DU BASSIN DU FLEUVE SENEGAL ET SON FINANCEMENT	226
<u>Annexe 1</u> DOCUMENTS ET CARTES PRÉPARÉS PAR LE PROJET	299

#### LISTE DES TABLEAUX

1. Pourcentage des surfaces selon les cotes relatives dans les ensembles d'Unités naturelles d'équipement (AM/27)	247
2. Surfaces occupées par les différentes unités de cartographie des sols	248
3. Tableau récapitulatif du classement des terres	249
4. Surfaces occupées par les différentes classes de terrains	250
5. Surfaces nettes irrigables selon les plans de culture Unités naturelles d'équipement rive droite (SN = 75 % de la surface brute agricole - Unité = ha)	251
6. Surfaces nettes irrigables selon les plans de culture Unités naturelles d'équipement rive gauche (SN = 75 % de la surface brute agricole - Unité = ha)	253
7. Température de l'air	255
8. Humidité relative de l'air	255
9. Pluviométrie aux trois stations principales	256
10. Dates de pointe de crue à différentes stations	256
11. Amplitude de la crue aux différentes stations	256
12. Hauteur d'étiage en centimètres à l'échelle	257
13. Dates de débit de crue	257
14. Débits caractéristiques	257
15. Modules et apports annuels	258
16. Débits et niveaux du fleuve pendant les crues avant et après aménagement	259
17. Débits mensuels et annuels à Bakel	261
18. Débits mensuels et annuels à Kayes	263
19. Cultures retenues par types de sol pour chaque classe d'aptitude culturelle	265
20. Calendrier cultural utilisé pour les aménagements des casiers pilotes et des périmètres	266

	<u>Page</u>
21. Eléments de base pour la détermination des besoins en eau	267
22. Besoins en eau mensuels bruts à la parcelle pour les cultures fourragères en m <sup>3</sup> /ha (pluviométrie exclue)	268
23. Besoins en eau mensuels bruts à la parcelle pour les cultures autres que le riz en m <sup>3</sup> /ha (Pluviométrie exclue)	270
24. Besoins en eau mensuels bruts à la parcelle pour riz sur sols très imperméables en m <sup>3</sup> /ha (semis étalés sur un mois, pluviométrie exclue)	271
25. Besoins en eau bruts à la parcelle pour semis étalés sur un ou deux mois, en m <sup>3</sup> /ha	272
26. Besoins en eau nets à la parcelle des assolements pluie déduite - m <sup>3</sup> /ha	273
27. Evaporation mensuelle d'un bac de classe A sur sol nu à Kaédi et Guédé	274
28. Estimations provisoires des besoins en eau moyens des cultures de contre-saison froide (semis de mi-novembre)	275
29. Estimations provisoires des besoins en eau moyens des cultures de riz (semis direct)	276
30. Estimations provisoires des besoins en eau moyens des cultures d'hivernage (semis de la première quinzaine de juin)	277
31. Surfaces forestières dans la vallée du Sénégal de Bakel à Rosso et dans les Unités naturelles d'équipement (UNE)	278
32. Perspectives de la politique forestière	279
33. Coût de l'infrastructure hydraulique et de l'équipement	280
34. Casiers-pilotes de Nianga et Matam. Eléments du compte d'exploitation à l'hectare cultivé (FCFA)	281
35. Produits agricoles-production par hectare et par semestre et prix par kilogramme	282
36. Caractéristiques des stations de pompage dans les périmètres étudiés	283
37. Coût d'investissement hors taxe des aménagements	284
38. Moyenne pondérée de 25 830 ha	286
39. Consommation et coûts annuels hors taxe en énergie. Casier-pilotes et périmètres, par hectare aménagé	287
40. Population classée selon le groupe ethnique et la région de domicile (en milliers)	288
41. Mauritanie. Evaluation de la population en 1965 - Enquête SEDES	289
42. Zone du projet - Population active	290
43. Zone du projet - Population active agricole	291
44. Zone de la vallée - Evaluation des journées de travail potentielles (3 pays)	292
45. Produit intérieur brut (PIB) en prix du marché (à prix constant - base 1969) (milliards de FCFA)	293
46. Répartition du cheptel par région (en milliers de têtes)	294
47. Production et consommation de viandes et abats (1969)	295
48. Composition du cheptel - Production et consommation de viandes (en 1970)	296
49. Production et consommation de viandes et abats - Mali	297
50. Production des troupeaux	298

pour le programme de développement du fleuve Sénégal" chargé d'inventorier et de répertorier tous les documents relatifs au bassin du fleuve.

L'exécution de ces projets a été confiée conjointement au Comité inter-Etats, remplacé en mai 1968 par l'Organisation des Etats riverains du fleuve Sénégal (OERS) et au Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD). En mars 1972, les projets de l'OERS ont été transférés à l'Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal (OMVS) créée par les trois Etats riverains les plus concernés par le désenclavement économique du bassin du fleuve qui sont la République du Mali, la République islamique de Mauritanie et la République du Sénégal.

## 1.2 DISPOSITIONS OFFICIELLES

La requête définitive pour la réalisation de l'étude hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal fut approuvée par le Conseil d'administration du Fonds spécial lors de sa session de janvier 1965. L'Organisation des Nations Unies pour l'agriculture et l'alimentation fut désignée comme agence d'exécution du projet, le Comité inter-Etats étant l'organisme de contrepartie.

Le Plan d'opérations fut signé le 23 novembre 1966 et le projet devint opérationnel le 30 octobre 1967 et s'est terminé en août 1971. L'allocation du PNUD s'est élevée à 4 118 200 dollars US et la contribution en nature des quatre Etats riverains à l'équivalent de 711 000 dollars US.

## 1.3 OBJECTIFS DU PROJET

Le développement intégré du bassin du fleuve Sénégal ne peut être envisagé qu'à partir d'une maîtrise totale de l'eau, principe qui, bien que non explicitement formulé, constitue la base commune de la politique des Etats riverains. Cette maîtrise de l'eau placera la plupart des activités économiques, dont dépendent le revenu et la survie des populations, à l'abri des aléas climatiques, même de sécheresses prolongées. Elle permettra la production d'énergie hydro-électrique, une irrigation intensive continue, un tirant d'eau suffisant pour la navigation, l'écrêtement des grandes crues, la protection des cultures et des villages contre les inondations, l'amenée de l'eau d'irrigation en temps voulu et aux lieux opportuns, l'évacuation des eaux excédentaires, le drainage des sols saturés ou salés, l'arrêt de la remontée de la langue salée marine.

Le principe de la maîtrise de l'eau était déjà acquis dans la requête, qui fixait comme principal objectif du projet l'étude du potentiel du développement hydro-agricole de la vallée, avec pour préalable la régularisation du fleuve par des barrages d'accumulation dans le haut bassin, ce qui permettrait le passage d'une agriculture extensive à base de cultures de décrue, à une agriculture intensive, fondée sur une irrigation systématique.

Les objectifs du projet, tels qu'énoncés au Plan d'opérations, étaient les suivants:

- i. Etablissement d'un inventaire des études déjà faites.
- ii. Réalisation d'études de base consistant en:
  - la mise au point et l'achèvement de la couverture cartographique du delta à l'échelle de 1/50 000 avec des courbes de niveau à intervalle de 1 m;
  - l'établissement à la même échelle, pour toute la vallée jusqu'à Bakel, des cartes pédologiques et d'aptitude culturelle;
  - une étude hydrogéologique du delta, orientée sur les problèmes de salinité des sols et de la nappe et leur solution par la mise en place de dispositif de drainage;
  - l'étude, au moyen d'un modèle mathématique, du régime naturel du fleuve dans la vallée jusqu'à Gouina, et des modifications qu'il subira par la mise en oeuvre des barrages d'accumulation et la construction des pérимètres endigués dans son lit majeur;
  - des études sur les ressources piscicoles et forestières actuelles, leur exploitation et l'incidence de l'aménagement du fleuve et des pérимètres sur celles-ci;
  - des études agronomiques qui examineront en particulier le développement de la culture du coton et d'autres plantes industrielles;
  - des études économiques et sociologiques qui auraient pour but d'examiner les problèmes créés par le passage d'une économie de subsistance basée sur des cultures traditionnelles et extensives à une économie monétaire avec cultures à hauts rendements demandant des intrants considérables, des options de mise en valeur en fonction des contraintes physiques, démographiques, sociologiques, des débouchés pour les produits, et des actions de formation;
  - des études sur la situation de la santé publique dans le bassin et les problèmes posés par le développement de l'irrigation.
- iii. L'établissement d'avant-projets pour les ouvrages de reprise sur le fleuve et d'aménagements hydro-agricoles, suffisamment élaborés pour qu'ils puissent servir à la préparation des demandes de financement.

Ce programme a été suivi et complété par:

- l'étude du barrage du delta, dont la fonction principale est d'arrêter la remontée de la langue salée marine;
- une évaluation des ressources en eau souterraine pour connaître les possibilités de leur exploitation et les effets de l'irrigation sur la nappe phréatique;

- une étude des possibilités d'une embouche intensive avec les fourrages et les sous-produits de l'agriculture, en partant du bétail existant dans le bassin.

Une agriculture trop tributaire des aléas climatiques et fortement éprouvée par une sécheresse prolongée, ainsi que les échecs essuyés dans la conduite de l'irrigation avec contrôle partiel de l'eau, ont amené les Etats riverains à accepter sans réserve le passage à une agriculture intensive basée sur une maîtrise totale de l'eau, malgré les investissements considérables que cela nécessite. De même, ils ont approuvé, après certaines hésitations, l'implantation de casiers pilotes en vue de tester la double culture annuelle en grandeur réelle d'exploitation.

Les résultats des travaux et études réalisés par le projet ont été consignés dans un certain nombre de documents dont la liste est donnée en annexe 1.

La chaîne de nivellation mise en place par Story and Partners sous un contrat avec le projet est matérialisée en rive droite entre Kaédi et Podor par des bornes qui portent le sigle FAO.

## 2.5 LES UNITES NATURELLES D'EQUIPEMENT

Une des utilisations les plus fécondes de la carte au 1/50 000 a été la détermination des Unités naturelles d'équipement (UNE). Ce découpage de la vallée a permis de clarifier le problème des aménagements et celui du développement des irrigations et il a servi de cadre à toutes les enquêtes. Dès le début du projet, la nécessité absolue de protéger les aménagements contre les plus fortes crues était admise par tous en raison des déboires subis dans le delta et la vallée (périmètres de l'Organisation autonome de la vallée OAV).

Pour le delta, du fait d'une topographie adéquate et qu'il n'y avait pas de culture de décrue à ménager, un endiguement complet de la rive gauche du Sénégal a été fait sur près de 100 km. Il n'était pas question de faire la même chose sur les 700 km de vallée, la topographie ne s'y prêtait pas et il fallait envisager un aménagement par étape qui ménageât les cultures de décrue.

Comme la vallée est parcourue par un lacis de bourrelets de berges actuels et fossiles, on a sélectionné ceux qui se prêtaient le mieux à la construction de digues, guidé par le souci d'avoir le minimum de terrassement pour le maximum de terres irriguées. On a pu tracer, uniquement par l'analyse de la carte, des sortes de polders qui ont été appelés Unités naturelles d'équipement (UNE) (cf. annexe 1, AM/13). On a pu délimiter 72 UNE dont 24 en rive droite: certaines ont pu être regroupées dans de grands ensembles régionaux, par exemple l'île à Morfil qui groupe 18 UNE; on compte huit grands ensembles en rive droite et dix en rive gauche. La taille de ces polders peut varier de 920 ha (BO 3) à 16 700 ha (Di 6), la moyenne étant de 7 000 ha; l'ensemble des surfaces endiguées couvre 504 245 ha sur les 662 000 ha de la vallée.

Une étude hypsométrique avec intervalles de 1 m a été faite pour toutes les UNE. Les résultats figurent dans le tableau 1 où on a indiqué les altitudes relatives des

### Chapitre 3

#### PEDOLOGIE ET UTILISATION DES SOLS (INCLUS LES SOLS SALINS DU DELTA)

##### 3.1 INTRODUCTION

Le projet a contrôlé deux importantes études pédologiques.

La première, réalisée par la Société d'études et de développement agricole (SEDAGRI), Société groupant le Bureau pour le développement de la production agricole (BDPA) et l'Institut de recherche d'agronomie tropicale (IRAT), consiste en l'établissement d'une carte des sols et d'utilisation des sols au 1/50 000 d'une zone comprise entre Bakel et la mer et correspondant au lit majeur du fleuve limité par le "dieri", plateau recouvert de sable encadrant la vallée.

La superficie totale prospectée est d'environ 12 000 km<sup>2</sup> dont 8 000 pour la vallée et 4 000 pour le delta.

La deuxième, réalisée par la Société grenobloise d'études et d'applications hydrauliques (SOGREAH), pour l'établissement de projets d'exécution de trois casiers-pilotes de 1 000 ha avec une densité de sondage au 1/10 000 et pour l'établissement des projets au stade de la préfactibilité de quatre périmètres d'une surface totale de 30 000 ha avec une densité de sondage de 1/20 000.

Le projet a réalisé des études pédologiques de détail sur un périmètre expérimental de désalinisation de 130 ha. Pour l'établissement des schémas de développement en amont de Bakel il a utilisé des études réalisées par d'autres organismes.

##### 3.2 LE CADRE DES ETUDES

Le bassin supérieur du Sénégal est formé de roches cristallines et gréseuses imperméables dans lesquelles le Sénégal et ses affluents ont creusé des vallées étroites où la zone alluviale n'excède pas 1 ou 2 km.

Au moment du lancement des études il n'était pas envisagé de faire des irrigations dans la haute vallée qui a été exclue des études.

A la sortie du bassin supérieur à Bakel, le fleuve entre dans son bassin inférieur; sa vallée et celle de ses affluents se développent dans des terrains sédimentaires.

La pente du fleuve est très faible, 17 m de dénivellation sur 800 km entre Bakel et l'embouchure. La plaine alluviale a une largeur de 10 à 20 km, le delta qui commence à une centaine de kilomètres de l'embouchure a un front marin de plus de 100 km.

L'étude a été circonscrite à la zone inondable de la vallée, ou lit majeur, incluant les basses vallées de trois affluents: l'oued Niordé, l'oued Gafra, le Gorgol, la zone de défluence vers le lac R'Kiz, le delta.

Les terres sableuses du plateau où la vallée s'encastre (dieri) n'étant pas irrigables par irrigation de surface n'ont pas été incluses dans l'étude. Cependant certaines enclaves de dieri dans le lit majeur ont été suffisamment étudiées pour en connaître les caractéristiques pédologiques.

Au moment où l'étude de la SEDAGRI a été lancée, un certain nombre de travaux avait déjà été faits dans la vallée et surtout dans le delta. Il a été demandé au sous-contractant de faire la synthèse des études antérieures en vue d'aboutir à un système homogène de cartographie et de classification.

### 3.3 ORIGINE DES SOLS ET MORPHOGENESE (cf. fig. 1)

La vallée du Sénégal s'est formée au cours du quaternaire; c'est une sorte de gouttière de 40 m de profondeur, large de 10 à 20 km, encastrée dans les terrains de l'éocène et du continental terminal, se terminant par un delta de 100 km de front. Cette vallée a été souvent comblée et recréusée au cours des variations climatiques du quaternaire. De cette époque, les glacis sableux et les terrasses graveleuses qui bordent la vallée sont les témoins.

La plaine alluviale étudiée est d'origine plus récente. Lors d'une période sèche dénommée ogolien (-20 000 à -10 000 BP 1/) la vallée a été peu à peu comblée par des dépôts alluvionnaires, détritiques et éoliens. De vastes ergs se sont formés dans le sud-ouest de la Mauritanie et le Sénégal occidental constitués de grands cordons dunaires qui ont fini par barrer la vallée. De cette époque datent les dunes en général rubéfiées que l'on trouve de part et d'autre du lit mineur et dans le delta. Dans la haute vallée la terrasse fluviale a formé le premier remblai argilo-sableux dans la haute vallée.

Lorsque le climat est redevenu plus humide, le Sénégal a repris possession de sa vallée et franchi les alignements de dunes rouges pour se jeter à nouveau dans l'océan.

Le climat étant redevenu plus sec pendant une courte période, le fleuve a de nouveau alluvionné, construisant les terrasses du deuxième remblai sablo-argileux dans la haute vallée seulement car, en même temps, une transgression marine culminant à + 2,5 IGN s'est produite et la mer a envahi le delta et la basse vallée jusqu'à Boghé formant un golfe. Le maximum de la transgression a eu lieu vers -5 000 BP.

1/ Before présent.

Cette époque est nommée nouakchottien. Elle a laissé pour témoins une frange de terrasses marines en bordure du delta et des dépôts sableux sous-jacents salés dans la basse vallée et le delta.

La physionomie actuelle de la vallée et du delta dépend essentiellement de l'activité du fleuve pendant la période post-nouakchotienne qui a duré jusqu'à -2 000 BP environ.

Le fleuve soumis à un régime de crues bien plus puissant qu'actuellement avait une intense activité d'alluvionnement. De Bakel à Boghé, le Sénégal a construit un puissant système de bourrelets de berge, flanqué de deltas de rupture de levées et de petites levées. En aval de Boghé, les alluvions se déposaient dans le golfe marin qui peu à peu se comblait. Sur ces dépôts exondés le fleuve se divisait en plusieurs bras et formait un delta qui avançait vers la mer.

Alimentés par les sables provenant de l'érosion des dunes situées au nord du delta, des cordons littoraux se sont formés transformant en lagunes le golfe de la basse vallée. Le fleuve a continué à déposer des alluvions dans la lagune; le delta a atteint les cordons littoraux que les bras du fleuve ont traversés. Après exondation, des systèmes de levées beaucoup moins puissants que dans la haute vallée se sont formés le long des berges des bras du fleuve.

Les matériaux d'alluvionnement, sables fins et limons provenaient du haut bassin mais aussi de l'érosion des terrasses fluviales formées auparavant dans la haute vallée. Ces matériaux se déposaient sur les bourrelets de berge dès que la vitesse diminuait. Lorsque la crue était étale et jusqu'à la décrue les éléments plus fins en suspension dans l'eau, principalement des argiles, se déposaient par décantation dans les parties basses de la vallée appelées cuvettes de décantation.

Pendant la montée de la crue, souvent les eaux passaient au-dessus des ensembles des bourrelets de berge y formant des brèches et déposaient leurs sédiments en débouchant dans les cuvettes formant des deltas de rupture de levée.

A la suite d'un changement de climat et peut-être d'un soulèvement épilogénique de la vallée, cette activité a cessé, une autre lui a succédé.

Pendant cette période qui s'est terminée, il n'y a que quelques siècles, le fleuve en crue avait tout juste la force d'éroder les hautes levées dans leurs parties concaves et de déposer les sédiments dans la partie convexe suivante formant des faisceaux de levées subactuelles s'alignant en rides au pied des hautes levées. Ce type d'alluvionnement entraînait souvent des coupures de méandres et des changements du lit mineur.

Dans le delta, des cordons de dunes subactuelles bientôt demi-fixées se formaient en avant des cordons littoraux; les vasières datant de la période lagunaire s'asséchaient. La décantation des éléments fins continuait comme par le passé dans les cuvettes.

A l'époque actuelle la crue a encore diminué d'intensité. Les levées actuelles ne sont que de petites rides ou même de simples bancs de sable s'allongeant au pied des levées subactuelles.

Des dunes vives s'élèvent en avant des dunes subactuelles, les anciennes vasières se transforment en sebkhas et les vasières actuelles n'occupent qu'une faible surface. Il n'y a plus qu'un seul bras du Sénégal qui se jette dans la mer par une sorte d'estuaire.

~~Seule l'activité de décantation continue comme par le passé.~~

### 3.4 LES UNITES GEOMORPHOLOGIQUES

Toutes les formations apparues au cours de la morphogénèse se distinguent aisément par leur situation géographique, leur relief, leur composition minérale et leur végétation; ce sont de véritables unités géomorphologiques dont l'identification permet de déchiffrer l'extrême complexité de la vallée.

La SEDAGRI a déterminé 28 unités géomorphologiques, désignées par une lettre majuscule dans les cartes de la vallée, dont voici la liste:

#### Dépôts actuels et subactuels (-2 000 BP à P)

- A Cuvettes de décantation.  
Parties basses de la vallée inondées chaque année; occupent le tiers de la superficie de la vallée et du delta. Dans le delta elles sont envahies par l'eau salée en début de crue et leurs sols sont salés.
- B Parties basses de cuvettes de décantation.
- C Bancs de sable.  
Occupent une bonne partie du lit mineur.
- D Levées actuelles.
- E Levées subactuelles.
- F Vasières actuelles.  
Situées près de l'embouchure, elles sont submergées par la marée.
- G Vasières anciennes.  
Plus élevées elles ne sont plus submergées par la marée mais par l'eau salée en début de crue; à l'étiage une croûte salée apparaît en surface.
- A/G Vasières anciennes évoluant en cuvettes de décantation.  
Protégées par les nouvelles digues, elles ne sont submergées que par l'eau douce et se dessalent lentement.
- I Bords de cuvettes salées à remaniement éolien.
- J Dunes vives  
~~Bordent la plage actuelle sur une largeur de 200 à 800 m.~~

K Dunes subactuelles.

L Dunes rouges remaniées.  
Action éolienne, dans le nord du delta.

Dépôts post-nouakchottiens (-5 000 à -2 000)

M Hautes levées.

Derrière les levées subactuelles qu'elles dominent de 1 à 2 m.  
Elles ne sont plus submergées actuellement; formées de sable et de limon.

M' Fluviodeltaïque.

En aval de Boghé, le long des anciens bras du Sénégal et dans le delta où on a distingué deux niveaux. Formés de sable et de limon mais plus ou moins salés.

M'a Fluviodeltaïque bas.

Dans le delta ce niveau est atteint par les crues d'eau douce et s'enrichit en argile non salée.

M'b Fluviodeltaïque haut.

Non atteint par les crues, très salé, soumis à l'érosion éolienne.

N Deltas de rupture de levée.

Greffés sur les bourrelets de berges, ils en ont la même composition.

O Petites levées.

On groupe sous ce nom les parties basses des deltas de rupture et des hautes levées souvent inondées.

P Cordons littoraux et dunes jaunes.

Bandes de dunes large parfois de 3 km traversant le delta du nord au sud en arrière des dunes subactuelles.

P' Cordons littoraux arasés ou basses terrasses marines.

Même emplacement que les précédents.

Dépôts nouakchottiens

Q Terrasses marines.

Dépôts sableux en bordure du delta et entre les cordons littoraux.

Q' Deuxième remblai sablo-argileux.

Terrasses fluviales dont il ne subsiste que quelques lambeaux dans la haute vallée.

Ogolien

R Dunes rouges.

Présentes en bordure de la vallée et du delta, elles atteignent 15 m de haut.

S Premier remblai sablo-argileux.

Terrasse fluviale formée en amont du barrage de dunes rouges qui fermait la vallée vers Kaédi; assez largement représenté en rive gauche.

T Premier remblai arasé.

S-T Premier remblai indifférencié.

U Dunes rouges arasées et émuossées.

Quaternaire ancien et moyen

V Glacis sableux à gravillons.

S'étend de part et d'autre de la vallée là où il n'y a pas de dunes rouges.

### 3.5 LA PEDOGENESE

On trouve des traces de pédogenèse active dans les dépôts antérieurs à la période nouakchottienne. Mais depuis que les alluvions récentes ont été déposées, elle n'a que rarement atteint un stade d'agressivité suffisant pour provoquer la destruction des édifices minéraux qui la subissaient:

- Le climat est trop aride pour permettre le déclenchement de processus biochimique capable d'altérer les roches mères. Ces processus ne s'amorcerait que dans les parties inondées de la vallée. Cependant, l'évaporation intense joue un rôle actif dans la formation des sols salés et le vent un rôle non négligeable dans celle des sols éoliens.
- La végétation est trop clairsemée et éphémère pour jouer un rôle sinon négatif par l'absence d'humus.
- Le temps ne joue aucun rôle du fait de l'uniformité du climat pendant la période de pédogenèse.

Les roches mères diffèrent par leur propriété physique et aussi du fait de la composition minéralogique des argiles. Elles sont un des principaux facteurs de l'évolution des sols.

Le facteur physique dominant est la granulométrie. On ne trouve pas trace de pierrosité dans la zone étudiée, la texture va du sable grossier à l'argile. Les formations ne se différencient que par la proportion du sable, limon et argile qu'elles contiennent.

On peut distinguer:

- Formation très grossière: dans les différentes sortes de dunes et de cordons littoraux ainsi que dans les dépôts sableux du lit du fleuve.
- Formation grossière: dans les terrasses marines et les terrasses fluviales antérieures à la période d'alluvionnement.

- Formation moyenne: dans tout le système des levées.
- Formation fine: petites levées et pied des levées.
- Formation très fine: dans les cuvettes de décantation, les vasières et les points bas des levées récentes.

La composition minéralogique des argiles n'est pas fonction de la topographie mais de la géographie: dominance de kaolinite entre Bakel et Kaédi, illite dans le Gorgol, montmorillonite entre Kaédi et le delta et de nouveau kaolinite dans le delta..

Le facteur essentiel dans la formation des sols de la vallée est l'eau. Cette pédogenèse hydrique est fonction de la fréquence et de la durée de l'inondation par la crue. Cette durée dépend de la position topographique du sol. Dans le delta, l'invasion d'eau salée précède l'inondation par l'eau douce et il en résulte une pédogenèse différente.

Comme on le voit les deux facteurs importants de la pédogenèse, roche mère et position topographique, sont liés à la géomorphologie.

### 3.5.1 Pédogenèse hydrique dans la vallée

Unités jamais inondées  
(dunes rouges, dunes rouges arasées  
premier remblai, glacis sableux) texture très grossière et grossière

Formation ancienne de sols bruns ou rouge semi-aride, aucune évolution récente.

Unités rarement inondées  
(hautes levées, partie haute des deltas de rupture, fluvi-deltaïque, 1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> remblais) texture moyenne

L'hydromorphie ne joue aucun rôle et on a un sol peu évolué d'apport modal.

Unités inondées aux crues moyennes et fortes  
(partie moyenne des unités ci-dessus, texture moyenne)

L'hydromorphie n'apparaît pas dans l'horizon superficiel mais dans les horizons sous-jacents où il y a des phénomènes ponctuels d'oxydoréduction il se forme des sols peu évolués d'apport hydromorphe.

Unités inondées chaque année  
(petites levées partie basse des deltas de rupture, levées actuelles et subactuelles, texture fine)

Le drainage difficile entraîne des phénomènes d'oxydoréduction et la formation de sol à pseudogley à taches et concrétions dans les petites dépressions ou à l'apparition de sols peu évolués d'apport vertique et de vertisols.

B) - <u>Sols peu évolués d'apport</u>	18,1
Modal : se trouvant dans la partie haute des levées rarement inondées. La teneur en argile est inférieure à 35 pour cent et argile + limon inférieur à 50 pour cent. Bonne drainabilité mais caractère battant qui les rend très durs une fois secs. Aptes à toutes cultures.	
Hydromorphes : zone moyenne des levées périodiquement inondées. Texture moyenne, seule la présence de gley en profondeur les distingue du groupe précédent. Leur drainabilité est nettement moins bonne.	
Vertiques: ces sols à peine représentés dans les petites levées ont une texture moyenne avec moins de 48 pour cent d'argile en surface et moins de 54 pour cent argile + limon. Drainabilité faible	
C) - <u>Vertisols topomorphes granulosiques</u>	18,9
Ce sont les sols des cuvettes de la vallée et des petites levées à texture fine: 55 pour cent d'argile en moyenne, le plus souvent gonflante, micro-relief: gilgaï à petites bosses. Très fortes fentes de retrait, l'épaisseur moyenne de l'argile est de plus de 1 m. Drainabilité à peu près nulle, importante réserve d'eau.	
D) - <u>Sols hydromorphes</u>	5,2
Ce sont les sols des parties basses mal drainée à texture fine à très fine. L'hydromorphie se manifeste par des gley de surface et d'ensemble. Très faible drainabilité.	
On trouve un sous-groupe à gley salé dans le delta.	0,7
Le sous-groupe à pseudogley à taches et à concrétions se trouve dans la plupart des unités géomorphologiques, il est intermédiaire entre les groupes peu évolués hydromorphes et le groupe à gley. La texture est moyenne et parfois grossière (terrasse marine). Drainabilité suffisante, bonne réserve en eau.	3,5
E) - <u>Sols isohumiques brun-rouge</u>	6,8
Ce sont les sols des dunes ogoliennes du premier remblai et du glacis sableux quaternaire 95 pour cent de sable. Il se révèle un bon sol-support avec irrigation par aspersion ou au goutte à goutte.	
F) - <u>Sols halomorphes</u>	
Ils se trouvent dans le delta et dans la basse vallée jusqu'à Podor. On a distingué dans ce groupe:	
• Sols salins à encroûtement salin superficiel dans les vasières et les cuvettes de décantation.	0,1
• Sols salins à horizon superficiel friables dans presque toutes les unités géomorphologiques du delta, salinité supérieure à 500 micromhos, sans valeur agricole.	1,1

- Les sols salins acides représentent le groupe le plus important, on les trouve dans toutes les unités deltaïques. Lorsque les conditions de drainabilité existent dans le sous-sol ils peuvent être dessalés. Les textures superficielles sont très diverses. 20,1
- Les sols halomorphes à structure dégradée: ce sont des sols à alcalis très peu représentés et inaptes à toute culture. 0,4

## II - LES ASSOCIATIONS DE SOLS

Elles sont très fréquentes surtout dans les zones à inondations irrégulières et à topographie tourmentée.

	<u>% de la surface totale</u>
- on a distingué les associations où les sols peu évolués hydromorphes étaient dominants	17,3
- celles où les pseudogley à taches et à concrétions étaient dominants	4,6
- et les associations de sols salins.	0,4

La répartition par groupe de sols est donnée au tableau 2.

On peut la résumer de la manière suivante:

	<u>%</u>
Sols bruts d'apport et isohumiques	8,2
Sols peu évolués d'apport	18,1
Vertisols	18,9
Sols hydromorphes	9,4
Sols salins	21,7
Sols d'association	22,3
Mares et fleuve	1,4

### 3.7 CARTOGRAPHIE

La SEDAGRI a établi deux séries de cartes au 1/50 000 comprenant chacune 34 feuilles, groupées en huit familles de cartes. Elles sont jointes au présent rapport sous couverture séparée.

#### 3.7.1 Carte pédologique et géomorphologique de la vallée et du delta du Sénégal

Le contrat passé entre l'Organisation et la SEDAGRI prévoyait l'établissement d'une carte géomorphologique au 1/50 000 à partir de photos aériennes et un travail au sol comprenant un profil décrit par 10 km<sup>2</sup> et une observation par kilomètre carré.

Une carte géomorphologique provisoire a été établie qui fut l'instrument de travail des pédologues de terrain; elle a permis de choisir les sites de profil d'une manière rationnelle.

La carte rend compte à la fois des unités géomorphologiques et des unités de sol qui ne coïncident pas toujours car il peut y avoir plusieurs unités de sol dans une unité géomorphologique et inversement.

Les types de sol sont représentés par des couleurs et leur lettre d'identification; celle-ci est suivie de deux chiffres indiquant la texture en surface et en profondeur dans une tranche de 60 cm; une lettre majuscule indique l'unité géomorphologique. Les limites d'unités ont été tracées d'après les photos aériennes. L'emplacement des profils est indiqué.

#### 3.7.2 Carte d'aptitudes culturales des terres de la vallée et du delta du Sénégal

Le contrat prévoyait qu'il serait établi une carte d'utilisation des sols selon les mêmes principes de classification que ceux utilisés dans les autres projets de cartographie de la FAO.

Au moment de l'étude, il était admis que la mise en valeur se ferait par irrigation dans des périmètres protégés des inondations.

Les principes de classement se sont inspirés de ceux de l'US Bureau of Reclamation Manuel (BRM) mais d'assez loin, car la plupart des critères agronomiques techniques et économiques du BRM n'étaient pas encore connus.

Parmi les 11 critères physiques, chimiques et biologiques proposés, seuls ont été retenus la texture et la salinité et éventuellement le pH. Le facteur déterminant est la texture dont dépend la perméabilité, l'eau disponible, la capacité d'échange des bases, la facilité du travail agricole et du génie civil.

La salinité, présente dans 90 pour cent des terres du delta et 40 pour cent des terres de la très basse vallée, est un facteur limitant qui peut devenir absolu quand le drainage est impossible.

Finalement six classes de terres ont été retenues. Les critères en sont donnés au tableau 3.

Classe 1, Terres n'imposant aucune contrainte au plan de la profondeur, de la salinité, de l'irrigabilité, du drainage et du nivellement. La texture est moyenne il y a moins de 35 pour cent d'argile, le reste étant composé de sable fin et de limon. Ce sont en gros les sols des levées plus ou moins touchés par l'hydromorphie. Les terres peuvent recevoir toutes les cultures mais il est déconseillé d'y faire du riz car elles sont trop poreuses.

Classe 2. Les sols sont plus lourds, 35 à 60 pour cent d'argile, ou plus légers, moins de 15 pour cent d'argile; ils peuvent être légèrement salés: leur topographie est irrégulière. Les déficiences imposent des limitations dans le choix des cultures.

Classe 1R rizicultivable. Cette classe groupe les terres à structure fine, plus de 60 pour cent d'argile, ce qui leur donne une vocation essentiellement rizicole.

Classe 2R rizicultivable. Cette classe comprend des terres salées, à plus de 50 pour cent d'argile. La couche argileuse a moins de 50 cm et repose sur un matériau filtrant. Leur mise en valeur suppose un drainage profond et elles sont à vocation rizicole.

Classe 6R terres salées ayant de faibles chances d'être drainées; si le drainage est possible leur texture fine, plus de 50 pour cent d'argile, les destine à la riziculture.

Classe 6. L'irrigation de surface est déconseillée en raison de la texture trop grossière ou de la topographie trop irrégulière ou du drainage impossible sans moyen onéreux.

La répartition des terres selon ces classes est donnée au tableau 4.

Cette classification s'est trouvée être beaucoup trop générale lorsqu'il s'est agi d'établir des programmes de développement des périmètres et de la vallée. Certains critères de classification comme la topographie ne jouent pas beaucoup dans un périmètre endigué où il faut aménager le maximum de terres pour rentabiliser le coût de la digue. Le drainage sera nécessaire partout après quelques années d'irrigation intensive.

Les connaissances agronomiques se sont affinées, des assolements rationnels ont été mis au point et des plans de culture pour atteindre des objectifs de production ont été élaborés..

En fonction de ces nouveaux critères il est apparu que la texture et la teneur en argile étaient les facteurs déterminants.

C'est ainsi que la classe 2 groupant des terres à éléments grossiers (moins de 15 pour cent d'argile) et des terres à éléments fins (entre 35 et 60 pour cent d'argile) était trop hétérogène. Il valait mieux rattacher ces composants à d'autres catégories. Ce fut une chose facile à faire en plaçant à côté du symbole de chaque type de sol une indication concernant sa texture.

Pour éviter toute confusion on a repris les noms vernaculaires de fondé pour les terres rarement inondées et de hollaldé pour les terres inondées chaque année. Pour les terres irrégulièrement inondées on a proposé le terme de faux hollaldé ou encore de pseudo-hollaldé. La classification simplifiée en vue des plans de culture est la suivante:

Classe fondé: groupe la classe 1 et les sols de texture grossière de la classe 2. Aptitude à la polyculture sauf riz.

Classe hollaldé: regroupe la classe 1R, 2R et les sols à texture fine de la classe 2. Lorsque la teneur en argile est supérieure à 50 pour cent la riziculture s'impose, on y introduit pour des raisons phytosanitaires la culture de sorgho fourrager.

Classe faux hollaldé: regroupe la majorité des sols de la classe 2 à teneur en argile de 35 à 50 pour cent. On y trouve toute une gamme de sols dont certains peuvent encore supporter la riziculture et certains autres les plans de culture de type fondé.

Cette classification n'est utile que pour les unités naturelles d'équipement. Pour 504 000 ha de terre devant être endigués dans les périmètres, le passage d'une classification à l'autre peut être résumé de la manière ci-après. On trouvera le détail dans les tableaux 5 et 6.

<u>Aptitude à l'irrigation</u>		<u>Plan de culture</u>	
Classe	%	Classe	%
1	30,6	Fondé	32,3
2	38,4	Faux hollaldé	29,4
1R	23,5	Hollaldé	31,4
2R	0,6		
6	6,9	6	6,9

Cette première approximation valable pour un schéma directeur de la vallée n'est pas suffisante pour les périmètres.

Le travail de la SOGREAH sur 30 000 ha au 1/20 000 a permis de mieux connaître la répartition des sols dans le faux hollaldé et la classe 2 où on a pu distinguer les sous-classes, et surtout d'en cartographier les limites.

2 G	texture grossière	)	assimilé au fondé
2 M	texture moyenne	)	
2 F	texture fine		faux hollaldé
2 R	texture très fine		assimilé au hollaldé

La comparaison des surfaces délimitées selon ces critères différents montre que la carte au 1/50 000 donne une légère surestimation du fondé et une sous-estimation du hollaldé.

Lorsqu'on arrive au stade du projet d'aménagement, le réseau de canaux ne peut respecter les limites de sol qui ont rarement une forme géométrique. Ainsi, on est conduit à faire une nouvelle répartition des sols. Les deux exemples ci-après illustrent les évolutions des pourcentages. Dans le périmètre de Nianga, la topographie était trop compliquée pour être représentée au 1/50 000 et la prospection au 1/10 000 a révélé des sous-sols salins qui ont amené le déclassement des terres. Dans le périmètre de Boghé, la topographie était très simple mais la limite des sols peu nette au 1/50 000.

	Nianga			Boghé		
	Pédologie		Projet	Pédologie		Projet
	1/50 000	1/20 000	1/20 000	1/50 000	1/20 000	1/20 000
Fondé	28,5	26,0	22,1	30,9	27,8	27,8
Faux hollaldé	42,1	22,4	25,8	15,2	10,1	9,2
Hollaldé	29,3	58,6	52,1	53,9	62,1	63,0

A part cas exceptionnels les études à échelle plus fine ne doivent pas perturber profondément les données de la carte au 1/50 000.

### 3.8 UTILISATION ET INTERPRETATION DES CARTES

Les deux jeux de cartes au 1/50 000 comprenant 36 feuilles chacun, ayant été édités bien avant la fin du projet, ont largement servi et ont pu être testés. La carte pédologique et géomorphologique s'est révélée un instrument d'analyse très complet et a été utilisée en son état. Du fait que les aptitudes sont conditionnées par la présence d'endiguement, la carte d'aptitude a donné lieu à une élaboration ultérieure pour obtenir le potentiel irrigable de la vallée et l'utilisation du sol.

#### 3.8.1 Potentiel irrigable

Les principales données sont regroupées ci-après:

##### A. VALLEE EN AMONT DE ROSSO

Classe	1	2	1R	2R	6	Total
Surfaces cartographiées (ha)	227 160	257 965	154 692	4 098	120 013	761 486
Surfaces endiguées (ha)	154 198	193 608	118 565	3 176	34 698	504 245
% d'utilisation	68	75	77	77	28	66

Surfaces nettes en hectares selon les plans de culture (75% de la surface brute agricole)				
	<u>Fondé</u>	<u>Faux hollaldé</u>	<u>Hollaldé</u>	<u>Total</u>
Rive droite	41 681	43 108	42 252	127 041
Rive gauche	80 380	68 838	75 889	225 107
Ensemble	122 061	111 946	118 149	352 148
% du total	34,6	31,8	32,6	100
% de la surface brute de la vallée				46

Il est intéressant de noter que les trois types de sols selon les plans de culture sont également représentés dans l'ensemble de la vallée mais il n'en est pas de même pour chaque unité qui peut parfois compter 95 pour cent d'un seul type de sol.

Les unités d'équipement ont été projetées dans l'hypothèse d'un débit régularisé de 300 m<sup>3</sup>/s avec une crue résiduelle. Si le débit régularisé était de 600 m<sup>3</sup>/s, la crue résiduelle serait presque nulle et on pourrait augmenter la surface nette irrigable dont la valeur théorique maximale est de 480 000 ha soit 63 pour cent de la surface brute de la vallée.

#### B. DELTA

Dans le delta, le problème majeur n'est pas l'endiguement mais la salinité du sol. Dans les unités cartographiées de Rosso à la mer, sur 362 000 ha 240 000 sont salés. La répartition est la suivante en hectares:

Sols du delta (feuilles Louga, St-Louis, Dagana 1a et 1c)							
<u>Classe</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>1R</u>	<u>2R</u>	<u>6R</u>	<u>6</u>	<u>Total</u>
Non salé	3 515	23 912	7 237			87 500	122 164
Salé		119 607		29 879	27 263	63 241	240 000
Total	3 515	143 519	7 237	29 879	27 263	150 741	362 164

Les terres non salées irrigables ne couvrent que 34 664 ha soit 9,5 pour cent de la surface brute. Si l'on tient compte des endiguements qui en général sont en deçà des levées dessalées, la proportion est encore plus faible. Donc toute extension des surfaces cultivées passe par l'utilisation de terre salées ou l'utilisation des dunes rouges.

Les dessalinisations s'imposent, les méthodes ont été mises au point par le projet mais les sols sont si hétérogènes que l'on n'a pas encore pu cartographier définitivement les aptitudes au dessalement qui dépendent finalement plus de critères économiques que de critères techniques.

On doit se contenter en tenant compte des endiguements des approximations suivantes 1/ :

	Terres non salées			Terres faciles à dessaler Hollaldé	Terres difficiles à dessaler Hollaldé	Total
	Fondé	Faux hollaldé	Hollaldé			
Rive droite	100	3 800	3 700	3 300	10 000	20 900
Rive gauche	1 000	14 000	2 400	9 100	6 300	32 800
Total	1 100	17 800	6 100	12 400	16 300	53 700
Surface nette	825	13 350	4 600	9 300	20 500	48 575

Le potentiel irrigable du delta est donc très faible: 13 pour cent de la surface géographique et la qualité des terres même amendées restera inférieure à celle des terres de la vallée.

### C. LA HAUTE VALLEE

La haute vallée entre Bakel et Bafoulabé a été étudiée par le Bureau d'études Beyrard. Les résultats détaillés sont consignés dans le rapport PNUD/OMVS/Norbert Beyrard: Programme intégré de développement du bassin du Sénégal, Tome II, 1974.

Les sols sont assez différents et formés d'éléments beaucoup plus grossiers qui les rendent très perméables et peu propres à la riziculture. La disposition rubannée des alluvions ne permettra que l'établissement de petits projets, l'endiguement est inutile.

Les superficies des terres irrigables dans la haute vallée sont données ci-après avec indication des classes de sols correspondantes de la vallée.

	Haute vallée (ha bruts)	Classes correspondantes de la vallée
Zone alluviale	5 130	6
Bourrelet sableux	11 183	1 + 2 texture grossière
Dépression sèche	2 913	2
Dépression humide	1 375	2, 1R, 6R
Piémont	22 807	Hollaldé
	43 408	6
		15 471 (6 exclus)

1/ Dans le rapport terminal préparé par la FAO et dans le chapitre 14 du présent rapport il n'est pas tenu compte des endiguements.

Avec les critères utilisés dans la vallée, on n'aurait guère plus de 15 000 ha irrigables mais comme il s'agit souvent d'irrigation d'appoint, on peut admettre l'élargissement des critères. On peut résumer ces données dans le tableau suivant:

**Potentiel irrigable de la vallée. Surface nette en hectares**

Débit irrégularisé	300 m <sup>3</sup> /s	%	600 m <sup>3</sup> /s	%
Haute vallée	de 11 000	25	de 11 000	25
	à 37 000	75	à 32 000	75
Vallée	352 000	46	480 000	63
Delta	48 000	23	48 000	13
Total	411 000	35	539 000	46
	à 432 000	37	à 560 000	48,5

### 3.8.2 Utilisation des terres

Les cartes d'aptitudes culturales donnent de bonnes indications sur la végétation et l'utilisation du sol mais elles ne permettent pas de mesurer les surfaces effectives des forêts ou des cultures.

L'inventaire des forêts a pu être fait par reconnaissance aérienne et vérification au sol (cf. annexe 1, F0/4 et plans 1 et 2).

L'inventaire des terres cultivées en décrue est une opération beaucoup plus délicate car l'emplacement et la superficie de ces cultures varient d'une année à l'autre.

De nombreuses études avaient décrit ces variations bien avant le début du projet mais aucune mesure directe globale n'avait été faite. Les statistiques officielles reposant sur des interviews se sont révélées inutilisables.

En se servant des études faites pour le modèle mathématique du fleuve Sénégal, on a pu établir une corrélation entre la crue et les surfaces inondées (cf. annexe 1, AM/15).

Des reconnaissances aériennes et au sol ont été effectuées en 1970/71 (AG/7), en 1971/72 (AG/8) et 1972/73 (AG/9) qui ont permis de cartographier les limites des cultures de décrue.

Les cartes pédologiques et d'aptitudes culturales permettent de connaître les surfaces inondées régulièrement (hollaldé), irrégulièrement (faux hollaldé), rarement (fondé).

Une synthèse de toutes ces données a été tentée (AM/27) qui a dégagé les conclusions suivantes.

Il n'y a corrélation entre les surfaces cultivées et surfaces inondées que par crues très faibles (1972). En année de forte crue toute la surface inondée ne peut

être cultivée pour plusieurs raisons. Le fond des cuvettes n'est pas encore ressuyé au moment favorable pour les semis et les cultures peuvent être pratiquées sur un seul anneau dans les zones moyennes et hautes des cuvettes. Dans cet anneau ne peuvent être cultivées que les terres défrichées avant la crue, imprévisible. La main-d'œuvre n'est pas disponible pour semer plus qu'en année moyenne car en économie de subsistance il existe un équilibre entre les ressources moyennes et la population résidente. De plus en année de forte crue il y a eu une bonne pluviométrie et les cultures sous pluie du dieri ne sont pas encore toutes récoltées au moment où il faudrait semer. Enfin, à cause des moyens de stockage rudimentaires le paysan n'est pas incité à produire davantage alors qu'il a déjà une bonne récolte de dieri.

La saison 1970/71 est très proche de l'année moyenne: environ 125 000 ha ont été cultivés en décrue et on peut considérer que c'est la surface normalement cultivée.

Même en année moyenne tout le hollaldé n'est pas cultivé. Certaines cuvettes sont négligées, soit à cause de leur éloignement des villages, soit du fait qu'elles sont en jachère (elle revient tous les 15 ans environ).

Si on ajoute aux surfaces cultivées les forêts on voit que le taux d'utilisation du hollaldé est de 75 pour cent.

Les surfaces nettes irrigables selon les plans de culture établis pour les unités naturelles d'équipement rive droite et rive gauche du Sénégal sont données aux tableaux 5 et 6.

Chapitre 4

## CLIMATOLOGIE ET HYDROLOGIE

## 4.1 INTRODUCTION

Le fleuve Sénégal, long de 1 800 km, prend sa source en Guinée dans le Fouta Djalon, traverse le Mali jusqu'à Bakel (à 800 km de son embouchure) où il devient frontière entre la Mauritanie et le Sénégal. Arrivé à Saint-Louis il se jette dans l'océan Atlantique. Le fleuve se partage en deux zones bien distinctes:

- i. Le bassin du Sénégal supérieur: situé en amont de Bakel, région montagneuse et dans laquelle le fleuve circule dans les gorges encaissées, c'est la zone d'alimentation. Cette zone nous intéresse principalement pour son hydrologie.
- ii. Le bassin du Sénégal inférieur: situé en aval de Bakel où le Sénégal inscrit des méandres dans une vallée alluviale très plate et facilement inondable en période de crue et s'étale sur 20 km de large; c'est la zone de consommation qui nous intéresse particulièrement car elle correspond à la basse vallée sur laquelle les aménagements agricoles seront réalisés.

Le bassin du fleuve Sénégal est soumis à un climat comportant une saison des pluies et une saison sèche. La première commence plus ou moins tôt (mai ou juillet) selon que l'on se trouve au sud ou au nord. Cette pluviométrie conditionne le régime hydrologique du fleuve qui (hivernage) accuse alors une montée importante du niveau d'eau; ces variations très importantes de niveau (variations annuelles et interannuelles) sont une des caractéristiques du fleuve Sénégal.

## 4.2 DESCRIPTION DU BASSIN DU FLEUVE SENEGAL

4.2.1 Situation

Le bassin du fleuve Sénégal est situé entre les latitudes  $10^{\circ}20'$  et  $17^{\circ}30'$ .

Il comprend deux régions principales:

### i. Le haut bassin

S'étend du Fouta-Djalon, source du fleuve, jusqu'à Bakel; c'est une région montagneuse et élevée, où le fleuve coule entre des berges très hautes, le lit du fleuve étant bien délimité. Le point le plus élevé du bassin se situe dans le Fouta-Djalon à 1 400 m. Cette région est sous l'influence de trois types de climats, du sud au nord: foutanien, soudanien et sahélien. Il s'ensuit des pluviométries, des végétations et des sols très différents, la pluviométrie variant dans ces zones de 2 000 mm dans le sud à 700 mm à Bakel.

### ii. Le bas bassin ou vallée

Il s'agit de la zone allant de Bakel à Saint-Louis; c'est une plaine alluviale entourée de zones semi-désertiques; au nord la Mauritanie, au sud le désert du Ferlo. Le fleuve coule dans une vallée plate; son lit mineur présente de nombreux méandres et en période de crue l'inondation couvre une très grande surface, la largeur du lit inondé atteignant par endroits 25 km. A l'extrémité aval du fleuve, à partir de Dagana, débute le delta du Sénégal, vaste zone très plate où le fleuve, même en étiage, est très large (400 à 500 m) et très profond (parfois jusqu'à 20 m). Cette zone est caractérisée par l'invasion d'eau de mer qui se produit à l'étiage dès le mois de janvier et qui pénètre parfois jusqu'à 200 km en amont. Le bassin inférieur est soumis au climat sahélien, la pluviométrie dans cette zone varie de 700 mm à Bakel à 300 mm à Dagana.

#### 4.2.2 Réseau hydrographique

Le fleuve Sénégal est formé de deux rivières: le Bafing et le Bakoye qui se rejoignent à 1 000 km de son embouchure à Bafoulabé au Mali.

##### i. Le Bafing

Long de 750 km, il naît dans le Fouta-Djalon à une altitude de 800 m; la moitié de son bassin versant est en Guinée. Il coule dans la direction sud-nord et reçoit de nombreux affluents: le Tené, le Kioma, le Balinnko sur la rive gauche, le Balé supérieur et le Balé inférieur sur la rive droite. Bien que ne représentant que le huitième de la superficie du bassin du fleuve Sénégal, le Bafing a des apports qui correspondent à plus de la moitié du débit total. La pente du fleuve varie de 2 m/km à 0,5 m/km entre la source et Dibia, confluence avec le Balinnko. A l'aval de Dibia et jusqu'à Bafoulé elle est de 0,25 m/km.

##### ii. Le Bakoye

Long de 560 km, il prend sa source dans la région des monts Meniens à proximité de Sigiri, en Guinée. Il coule d'abord dans la direction SNE puis infléchit son cours dans la direction ENE. Il reçoit les affluents suivants: le Baoulé qui est le plus important et lui apporte la moitié de son débit, le Darouma et le Kouaga, tous sur sa rive droite. La pente du fleuve est de 1 à 2 m/km jusqu'à la confluence avec le Baoulé, de ce point à Bafoulabé la pente moyenne diminue jusqu'à 0,40 m/km.

### iii. Le fleuve Sénégal

De Bafoulabé à la mer, le fleuve Sénégal a 1 050 km. Il coule dans la direction SE-NO avec un coude prononcé à Kaédi. Il traverse le Mali et quitte ce pays près de Bakel. De Bakel à la mer il forme la frontière entre le Sénégal et la Mauritanie. Il reçoit les affluents suivants: en rive droite, en amont de Bakel, la Kolombiné, le Karakoro; en aval de Bakel, le Ghorfa et surtout le Gorgel près de Kaédi. En rive gauche, il n'a qu'un seul affluent important: la Falémé qui a un apport moyen annuel de 200 m<sup>3</sup>/s, soit plus que le Bokoye (170 m<sup>3</sup>/s). De Bafoulabé à Kayes le Sénégal a une pente de 55 cm/km. Entre Kayes et Bakel la pente diminue jusqu'à atteindre 6 cm/km. De Bakel à Matam elle est de 3 cm/km, de Matam à Richard-Toll de 2 cm/km et dans le delta elle n'est plus que de 0,6 cm/km.

De Kaédi à Dagana le Sénégal a un deuxième bras, le Doué, qui coule parallèlement au fleuve et délimite une île appelé l'île à Morfil. Le long de la vallée il existe de nombreux défluents moins importants: N'Galanka, Koundi, etc.

## 4.3 CLIMATOLOGIE

L'étude climatique intéresse surtout la zone du bas bassin, ou vallée. C'est dans cette zone que doivent être installés les aménagements agricoles tels que stations de pompage, canaux, et que l'irrigation doit avoir lieu. La haute vallée présentant des terrasses trop hautes est plus onéreuse à cultiver, de plus sa pluviométrie est suffisante quoique irrégulière.

Les stations les plus importantes sont celles de Matam, Rosso, Saint-Louis; d'autres, celle de Podor et celle de Kaédi, donnent également des renseignements très intéressants.

### 4.3.1 Température de l'air

Les moyennes mensuelles et annuelles  $T_x$  (température maximale),  $T_n$  (température minimale) et la moyenne  $\frac{T_x + T_n}{2}$  pour quatre stations du bassin inférieur, sont données

au tableau 7 (en degrés C). On remarque une tendance à l'accroissement de la température moyenne annuelle de la côte vers l'intérieur. La région proche du littoral bénéficie du rafraîchissement de l'alizé maritime; c'est le climat subcanarien de Saint-Louis. Le mois le plus chaud est celui qui précède la saison des pluies, c'est-à-dire mai dans la région Bakel/Matam et juin du côté de Podor/Rosso. A Saint-Louis un micro-climat fait que les mois les plus chauds sont août/septembre. Les températures sont les plus basses au mois de janvier sur l'ensemble du bassin.

### 4.3.2 Humidité relative de l'air

Le tableau 8 donne l'humidité relative aux trois stations principales: Matam, Rosso et Saint-Louis.

Elle est définie comme le rapport de la tension de vapeur dans l'air et de la tension de vapeur saturante à la même température. La moyenne annuelle la plus forte s'observe à Saint-Louis; ceci est dû à l'influence maritime pendant la saison sèche. Les maximums s'observent en août sur les stations de l'intérieur et les minimums entre janvier et avril, selon que l'on se trouve près du littoral ou à l'intérieur.

La sécheresse pour la période de janvier à avril est encore accentuée, surtout vers l'intérieur, par l'harmattan, vent d'est très chaud et desséchant.

#### 4.3.3 Evaporation

Mesurée à l'appareil Piche (en mm), l'évaporation moyenne par mois est donnée ci-après:

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Matam	264	281	383	394	423	365	223	130	126	168	225	236	3 218
Rosso	300	316	417	415	418	344	244	188	164	226	251	265	3 548
St-Louis	291	344	355	295	245	200	268	145	143	183	260	317	2 946

On sait que les valeurs données par l'appareil Piche sont toujours surestimées. Le projet a retenu des valeurs calculées par la formule de Pennman qui sont admises pour l'ensemble de la vallée.

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
180	190	250	260	270	220	200	170	150	180	160	170	2 400

#### 4.3.4 Insolation

Elle est très importante et avoisine les 3 000 h/an. Elle est maximale en avril et mai et minimale en août et septembre. Les moyennes mensuelles exprimées en heures/mois sont les suivantes:

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle	Période d'observ.
St-Louis	216	220	283	289	280	242	230	221	225	237	233	213	2 889	12 ans
Matam	285	253	314	213	302	284	269	229	247	277	281	271	3 325	7 ans

4.3.5 Pluviométrie

Le bas bassin, ou vallée, appartient au climat sahélien et les pluies sont de plus en plus faibles en allant du sud au nord; à Bakel la moyenne est de 683 mm/an et à Rosso de 306 mm/an. Le tableau 9 donne les précipitations moyennes ainsi que les valeurs extrêmes atteintes pendant la période d'observation (hauteurs en mm). La durée de la saison des pluies varie de quatre mois dans la région sud-est (Bakel, Matam) à trois mois dans la région nord-ouest (Rosso, Saint-Louis).

## 4.4 HYDROLOGIE

Si la climatologie de la vallée a été la seule à être mentionnée, le haut bassin est aussi intéressant pour l'hydrologie puisque c'est là qu'en principe seront installés les barrages prévus pour la régularisation du débit du fleuve.

4.4.1 Stations de jaugeage existantesi. Haut bassin

De nombreuses stations ont été installées en 1951, mais les lectures sont souvent incomplètes, soit par abandon de la station, soit par destruction de certaines échelles lors des crues. Avant 1951, quatre stations existaient dans la haute vallée: Galongo, Kayes et Bakel sur le Sénégal et Kidira sur la Falémé. Après 1951 des nouvelles stations ont été équipées par le Service hydraulique du Mali (SHM) ou par la Mission d'aménagement du fleuve Sénégal (MAS). Nous citons les principales:

- sur le Bafing: Dakka, Saidou, Dibia
- sur le Bakoye: Siramakana, Toukoto, Oualia
- sur le Sénégal: Galougo, Félo.

Depuis 1965 d'autres stations ont été installées au Mali par Sénégal-Consult: Soukoutali, Missira, etc.

L'Office de la recherche scientifique et technique d'outre-mer (ORSTOM) dans sa remarquable "Monographie hydrologique du fleuve Sénégal" (1964) a réussi, par des recoupements et par des méthodes de corrélation, à dresser un tableau complet des lectures journalières des débits du fleuve Sénégal. Sénégal-Consult dans son dossier "Projet d'un système de contrôle des débits dans le bassin du haut Sénégal" 1/ (1970), a complété les données pour la période 1964-69.

ii. Bas bassin, ou vallée

De nombreuses stations ont été installées dans la vallée et le fait qu'elles soient plus accessibles a permis de plus nombreuses lectures. La station clé de la vallée est Bakel. À partir de Bakel, en effet, il n'y a pratiquement plus d'apport

1/ Réalisé dans le cadre du projet PNUN/UN RAF/52. Etude des possibilités d'exécution d'un projet de régularisation du régime du fleuve Sénégal.

au fleuve Sénégal, les rares affluents (Ghorfa, Gorgol) n'ayant que des apports relativement insignifiants et très irréguliers. En dehors de Bakel, les stations suivantes sont lues plus ou moins régulièrement depuis 1903 1/ : Matam, Kaédi, Podor, Dagana; d'autres stations ont été installées depuis: en 1925 Saldé, en 1935 Boghé, en 1954 Rosso. Sur le Doué, deux stations ont été installées, l'une à N'Goui (1955), l'autre à Guédé (1940). Toutes ces stations sont lues deux fois par jour.

#### 4.4.2 Evaluation des débits

##### i. Haut bassin

Pour les stations du haut bassin, une étude de reconstitution des débits est faite par corrélation entre les lectures faites aux stations les mieux connues (Bakel, Kayes) et les stations sur lesquelles les résultats fragmentaires existaient (cf. tableaux 17 et 18). Ces lois des corrélations ont été déterminées par l'ORSTOM et Sénégal-Consult dans les études citées plus haut. Puis Sénégal-Consult a déterminé les débits aux différents sites de barrage.

##### ii. La vallée

Pour les stations de la vallée la reconstitution des débits a été plus simple étant donné le plus grand nombre de mesures existantes. Seuls les débits faibles intéressant l'étiage ont été reconstitués par l'ORSTOM pour la période antérieure à 1951. Des études du projet ont démontré que la courbe de tarage de Bakel estime les débits du fleuve d'une manière systématique. Une nouvelle courbe non univoque est proposée dans l'étude du modèle mathématique 2/.

#### 4.4.3 Données et propagation des crues

Dans le fleuve Sénégal, le régime des crues est similaire à celui des pluies, avec un décalage dans le temps. Une saison des hautes eaux de juin à octobre et une saison des basses eaux, avec décroissance régulière, de novembre à juin. A la fin mai, les débits sont très faibles, atteignant parfois moins de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  à Bakel. Ces traits sont communs à tout le fleuve avec une évolution de l'amont vers l'aval où les débordements dans les cuvettes de la vallée amortissent la crue, estompent un peu ses irrégularités et l'amplitude de celle-ci. De même, la durée de la crue s'étale: le temps de propagation d'une onde de crue entre Bafoulabé et Bakel est de quatre à cinq jours, par contre entre Bakel et Dagana il est d'environ 30 jours.

1/ Les relevés de basses eaux ne sont lus que depuis 1950 ou 1951.

2/ Modèle mathématique de la vallée du Sénégal. SOGREAH. Juillet, octobre, et novembre 1970. 3 rapports.

### i. Propagation

Les premières pluies sur le Fouta-Djalon sont absorbées par le sol très sec et le nivellation est alors faible; de plus, l'écoulement sert à remplir les différents biefs et à inonder les plaines alluviales étroites du haut bassin 1/. A Bakel, la crue commence fin juin-début juillet et il se produit une série de pulsations successives jusqu'au mois d'août où l'on commence à avoir des débits importants. La pointe de crue, en année médiane, est atteinte en septembre à Bakel. Par contre elle parvient fin octobre à Dagana. En novembre, la décroissance est assez régulière malgré des paliers qui retardent l'étiage. Dès décembre, la décroissance est très régulière.

De même l'amplitude de la crue diminue de l'amont vers l'aval. Ce laminage progressif de la crue est dû à l'étalement des eaux dans l'ensemble de la vallée. L'amplitude de la crue en année médiane est de 3,31 m à Dagana et de 10,53 m à Bakel.

### ii. Dates du maximum de la crue

Les dates d'apparition de la pointe de crue sont très variables d'une année à l'autre. Ces variations sont d'une très grande gêne pour l'agriculture dans la vallée du fleuve car elles déterminent des aléas importants dans les dates des différents travaux agricoles. Les dates de la pointe de crue à différentes stations sont indiquées au tableau 10. A Bakel 50 pour cent des pointes de crue ont lieu entre le 2 et le 18 septembre.

### iii. Amplitude de la crue

Le régime des crues est excessivement variable également dans les hauteurs atteintes par les crues d'une année à l'autre. Le tableau 11 donne les hauteurs de crues maximales à l'échelle pour différentes fréquences à quelques stations de la vallée (en m.).

### iv. Forme de l'hydrogramme de crue

Il est pratiquement le même tous les ans, sauf que la variation de débits et la date d'apparition des pointes sont très variables. Nous avons tracé un hydrogramme de crue (cf. figure 2) pour une année considérée comme moyenne, celle de 1969. On remarque qu'à Bakel la montée et la descente se font par une série de pulsations, mais qu'à l'aval aux stations de Podor, Dagana et Rosso, les courbes ne présentent plus de paliers et sont continues.

---

1/ Une fois les terres saturées, toutes les pluies ruissellent rapidement.

v. Etiage du fleuve

Dans le haut bassin, l'étiage offre peu d'intérêt particulier. A la baisse des eaux, une certaine alimentation est assurée par les réserves souterraines emmagasinées pendant la crue; mais ces réserves sont faibles et décroissent rapidement avec le temps.

Dans la vallée, par contre, l'étude de l'étiage est très intéressante car elle conditionne les superficies qu'il est possible d'aménager en double culture avant la régularisation du fleuve. De même elle a des conséquences sur la navigation dans le fleuve et sur l'intrusion marine qui se produit dans le delta.

La décrue commence en octobre à Bakel et début novembre à Dagana. C'est vers la mi-décembre que, dans la vallée "on peut assimiler la baisse de niveau à une courbe de tarissement régulière ayant l'allure d'une exponentielle négative". Une étude complète et très détaillée de l'étiage a été effectuée par M. Rochette, ingénieur hydrologue de l'Electricité de France dans la "Monographie hydrologique du fleuve Sénégal" 1/. Nous ne donnons ici que les résultats principaux. Les différentes courbes de tarissement sont superposables avec un décalage dans le temps, ce qui montre bien la permanence du phénomène. Les résultats sur les nombres d'années de relevés existants sont consignés dans les tableaux 12 et 13. A l'aval de Diouldé Diabé (450 km de l'embouchure), c'est-à-dire à 100 km à l'aval de Kaédi, le phénomène de tarissement est entièrement masqué par la marée dont l'influence se fait sentir très loin jusqu'à Boghé.

vi. Débits caractéristiques - Modules - Apports annuels

Les débits caractéristiques sur le fleuve Sénégal concernent les pointes de crue qui vont déterminer les protections que l'on doit assurer aux différents ouvrages à construire et les degrés de sécurité que l'on souhaite atteindre. Le tableau 14 donne ces débits aux points caractéristiques en mètres cubes/seconde. Le module caractéristique représente le débit moyen annuel, passant à la station déterminée. Le volume des apports annuels est donné, pour le haut bassin seul, au tableau 15. Au-delà de Bakel, il n'y a pratiquement plus d'apports et la vallée est une zone de consommation.

On remarque sur ce tableau que les apports annuels médians sont plus importants sur le Bafing que sur le Bakoye, et que le Bakoye et la Falémé ont les mêmes apports annuels médians, mais que pour les années extrêmes les rapports des modules années humides/années sèches sont plus grands sur le Bakoye que sur les autres affluents: Bafing et Falémé.

Les rapports des modules des trois stations: Falémé, Bafing, Bakoye par rapport à la station clef de la vallée, Bakel, sont donnés ci-après:

	Q Bakel Q Bafing	Q Bakel Q Bakoye	Q Bakel Q Falémé
Année médiane	2,1	4,6	4,6
Année humide décennale	2,4	4,6	4,8
Année humide centennale	2,9	4,4	5,2
Année humide milléniale	3,2	4,3	5,4
Année sèche décennale	1,6	5,1	3,8
Année sèche centennale	1,3	5,6	3,9
Année sèche milléniale	1,1	5,3	2,9

Ces chiffres montrent bien la plus grande régularité du Bafing par rapport aux apports totaux à Bakel, et en année de sécheresse centennale, au barrage prévu à Manantali, il passera la moitié des apports à Bakel 1/.

Une des caractéristiques qui ressort également du tableau des modules et des apports annuels est leur grande irrégularité de module, allant de  $770 \text{ m}^3/\text{s}$  en année médiane à Bakel à  $1\ 709 \text{ m}^3/\text{s}$  en année humide décennale à la même station et à  $298 \text{ m}^3/\text{s}$  en année centennale sèche.

La figure 3 établie par Sénégal-Consult et mise à jour par la FAO, montre bien les variations très importantes du fleuve et le tableau 11 qui détaille les débits mensuels mesurés à Bakel et Kayes fait mieux apparaître encore ces variations; de plus on note une périodicité des apports et un certain phénomène cyclique; Sénégal-Consult avait d'ailleurs prévu, en 1970, une probabilité pour une série d'années sèches de 1970 à 1975, ce qui a été confirmé en 1972 et 1973.

#### vii. Débits d'étiage

Les débits d'étiage sont intéressants à étudier car pendant les mois d'avril à juin, tant que la régularisation n'est pas obtenue à l'amont, ils conditionnent l'extension de la double culture. Ils ne sont donc significatifs que pour la vallée. Le tableau ci-après donne les débits d'étiage à différentes stations et les dates de garantie de ces débits:

Dates	Année médiane			8 années sur 10			9 années sur 10		
	Bakel	Kaédi	Dioulbé Diabé	Bakel	Kaédi	Dioulbé Diabé	Bakel	Kaédi	Dioulbé Diabé
1 mai	12	11	17	7	9	13	5	6,3	12
15 mai	6	17	13	4	5,4	11	3	3,8	9
1 juin	3,2	12	10	1,9	3,1	8	1,4	2,4	7,5
15 juin		4,8	8	1,1	2	6,5	0,8	1,4	6

1/ En 1972, année de sécheresse exceptionnelle, les apports du Sénégal à Bakel ont été de 8,3 milliards de mètres cubes; on peut estimer que le Bafing a eu 6,5 milliards de mètres cubes d'apports.

On remarque que les débits vont en augmentant de l'amont vers l'aval . Il s'agit du phénomène d'épuisement qui fait suite à celui de tarissement. Il se produit, lors de la crue, un stockage des eaux dans les cuvettes et dans le sol; si la décrue est précoce et la crue tardive, il se produit un phénomène de déstockage dans la vallée qui fournit un débit appréciable à l'aval.

#### 4.5 INTRUSION MARINE

Une particularité du Sénégal est que dans la vallée les pentes du fleuve sont très faibles. La station de Bakel qui se trouve à 800 km à l'amont de l'embouchure a son seuil à la cote 11,16 m IGN; de plus cette pente est de plus en plus faible de l'amont vers l'aval. Dans le delta la pente est de 0,5 cm/km en période d'étiage. Mais il est à noter également que jusqu'à 400 km de l'embouchure le lit du fleuve est à une cote inférieure au niveau 0 m IGN. Aussi, dans cette partie, deux phénomènes se conjuguent: la marée avec l'intrusion de l'eau salée et l'écoulement fluvial avec l'eau douce repoussant l'eau salée.

L'ORSTOM a effectué une étude du phénomène 1/. Nous en donnons les principaux résultats, complétés par des études postérieures: étude FAO, étude SOGREAH sur le modèle mathématique.

##### 4.5.1 Intrusion de l'eau salée

Dès que le débit du fleuve est inférieur à  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  l'eau salée pénètre à l'embouchure. Au fur et à mesure de la diminution du débit, la pénétration se fait de plus en plus loin.

Une première approche du phénomène montre que la remontée se fait en deux étapes:

- Une première étape lorsque le débit du fleuve est compris entre  $600$  et  $50 \text{ m}^3/\text{s}$  où la remontée est fonction du débit à Bakel;
- Une deuxième étape lorsque le débit du fleuve est inférieur à  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ , la remontée est fonction du temps avec une dépendance au second degré des débits d'apport.

Les distances de remontée des eaux marines dans le fleuve en fonction de la décrue sont indiquées ci-après:

---

1/ Remontée des eaux marines dans le Sénégal (Avril 1964) par C. Rochette.

Débits $m^3/s$	Distances en km de l'embouchure	Position sur le fleuve
500	37	Confluent Gueyloubé
400	45	Village de Diamma
300	58	Partie sud de l'île de Tieng
200	75	3 km en amont de Tiguet
150	90	Village de Keur Macène
100	115	Station de pompage de Diaouar
50	140	5 km à l'aval de Rosso

Lorsque le débit est au-dessous de  $50 m^3/s$ , la pénétration est fonction du temps écoulé entre la date où le débit est descendu au-dessous de  $50 m^3/s$  et le démarrage de la nouvelle crue.

Les figures 4 et 5, établies par l'ORSTOM, mais remises à jour après l'étude exécutée par la SOGREAH, donnent des indications sur la remontée probable. La pénétration marine est d'environ 183 km en année médiane; en année de sécheresse décennale elle atteint 200 km <sup>1/</sup>.

Cette intrusion de l'eau salée est très gênante pour l'agriculture car elle a des conséquences sur les cultures dans le delta (M'Pourie, casier de la SAED, Dagana).

#### 4.5.2 Retrait de la salure

Il se produit au début de la crue du Sénégal, c'est-à-dire vers le mois de juillet, mais on peut difficilement le lier au débit du fleuve qui a des variations trop rapides (série de pulsations). L'évolution du retrait dépend du volume écoulé après la fin de l'étiage. Le retrait à différents points du delta (pour une année moyenne, la pénétration a été de 185 km) est indiqué ci-après :

Position de la salure	Retrait en km	Volume total écoulé en millions de $m^3$
Richard-Toll	30	95
Rosso	43	139
Diaouar	73	257
Debi	97	365
Corom	112	445
Saint-Louis	170	765
Gandiole	185	875

1/ En 1973, l'eau salée est remontée jusqu'à 230 km de l'embouchure.

#### 4.6 LE MODELE MATHEMATIQUE

Le modèle mathématique donne le moyen de déterminer l'influence des différentes combinaisons de barrages et périmètres endigués sur les niveaux maximaux du fleuve dans la vallée. Les barrages dans le haut bassin, en accumulant l'eau, écrètent les crues pendant leur passage et ont donc un effet rabaissant sur les niveaux. Par contre, l'endiguement des périmètres, qui réduit l'écoulement et l'accumulation dans le lit majeur, a un effet rehaussant.

Un modèle mathématique a été choisi parce que l'établissement d'un modèle physique à l'échelle réduite, bien que donnant les résultats plus précis sous réserve que le relief du lit majeur soit bien reproduit, aurait été d'un prix trop élevé pour la valeur de l'information qu'on espérait en tirer et ne pourrait pas être conservé pour d'éventuelles études ultérieures.

Le modèle mathématique consiste en l'application des lois d'écoulement simples de Strickler pour l'écoulement où les pertes d'énergie sont graduelles ( $q = F k_1 R^{2/3} i^{1/2}$ ) et des longs déversoirs où il y a des pertes localisées ( $q = BH m^{2g} (H - h_2)^{3/2}$  noyé) ou ( $q = Bm \sqrt{2g} H^{3/2}$  libre).

Comme l'écoulement dans la vallée est très complexe on a d'abord tenté une approximation des conditions d'écoulement dans le lit mineur du fleuve et du Doué par un modèle unidimensionnel en admettant que les niveaux dans les lits mineurs et majeurs sont égaux, c'est-à-dire sans échanges entre eux. Après l'établissement de ces conditions d'écoulement pour 87 tronçons d'environ 12 km du lit mineur du fleuve et du Doué sans tenir compte de l'influence secondaire de marigots comme le Diamel, Koundi, N'Galanka et Garak, on a subdivisé le lit majeur en 157 mailles ou unités naturelles d'écoulement de 4 000 ha environ, dont les limites suivent des obstacles naturels comme des digues ou des levées, avec l'échange entre une unité et les autres unités voisines où le lit mineur est supposé suivre la loi des déversoirs.

Ces mailles sont sous-divisées en 26 étages de 4 à 14 mailles. Le modèle a été réglé avec une crue de petite fréquence (1964) et une crue de grande fréquence (1968) pour des années où les données limnimétriques étaient assez complètes. Après le réglage, le modèle a été contrôlé avec les crues de 1969 et 1966. L'écart moyen entre les niveaux calculés et observés était de 14 cm. Ultérieurement, le modèle a été agrandi par extrapolation des données existantes pour faire passer les crues centennales et millénaires afin de pouvoir se rendre compte des implications techniques d'une protection des périmètres contre l'inondation par ces crues exceptionnelles. Les seules valeurs de contrôle étaient celles des niveaux aux stations limnimétriques de la vallée d'un dépassement de une fois en dix ans, déterminées antérieurement par l'ORSTOM.

Comme on pourrait s'y attendre compte tenu des extrapolations, la différence entre les niveaux maximaux calculés et ceux déduits à partir des observations était plus grande, les premiers étant d'une manière persistante plus élevés, la moyenne étant pour les quatre stations principales 33 cm (cf. tableau 12). Cette divergence était prévisible; pendant le réglage du modèle on avait déjà observé qu'il fallait réduire la résistance du lit majeur pour les grands débits mais qu'on ne pouvait pas le faire car pour les petits débits il fallait augmenter cette résistance.

La méthode suivie pour déterminer les niveaux centennaux qu'il fallait utiliser pour caler les endiguements a été d'utiliser les valeurs centennales déduites d'observations de niveau par l'ORSTOM et de leur ajouter la différence des niveaux calculés après et avant les aménagements (cf. tableau 16). Cette méthode est basée sur la règle que la précision des modèles est en général plus grande pour des valeurs relatives, ici la différence entre deux états d'aménagement, que pour des valeurs absolues.

Pour des futurs programmes à faire passer par le modèle, par exemple l'effet de l'écrêtement du barrage de Manantali avec les aménagements après une deuxième phase de développement, il y aurait intérêt à vérifier si on ne peut pas éliminer l'erreur systématique dans les conditions d'écoulement du lit majeur en ne tenant pas uniquement compte des pertes par une loi singulière (déversoir) mais aussi des pertes fluviatiles; dans le premier cas  $\Delta h = \frac{xq^2}{h^{3/2}}$ , dans la deuxième  $\Delta h = \frac{xq^2}{h^{5/3}}$ . On pourrait

introduire une puissance de  $h$  intermédiaire entre 1,50 et 1,67.

Afin de pouvoir déterminer avec le modèle les niveaux maximaux que donnaient des crues exceptionnelles, on a déterminé statistiquement à Bakel le débit maximal, la forme et la durée des crues types décennales, centennales et millénaires en les calculant à partir des débits observés et leur fréquence. Les débits maximaux pour les crues décennales, centennales et millénaires sont respectivement de 7 300, 10 100 et 13 000  $m^3/s$ . La forme de l'hydrogramme, si l'on met les débits sur une échelle logarithmique est approximativement triangulaire, avec une durée de respectivement sept, sept mois et demi et huit mois pour un débit de base de 100  $m^3/s$  commençant début juin. Les crues types ainsi obtenues ont été vérifiées par la reconstitution de l'hydrogramme à Bakel à partir des hydrogrammes du Sénégal à Kayes et la Falémé à Kidira. La concordance était bonne.

L'exploitation du modèle a permis une meilleure compréhension du phénomène de l'inondation du lit majeur pendant les crues. Ceci était particulièrement important pour trouver la corrélation entre l'hydrogramme des crues et la superficie en cultures de décrue. Deux programmes ont été passés par le modèle: l'un pour déterminer, pour la période 1950 à 1970, le volume d'eau maximal ayant stationné pendant chaque crue.

Comme on disposait aussi des données collectionnées par le Service de l'agriculture du Sénégal, sur les superficies en culture de décrue de la rive gauche du fleuve pendant chaque année de cette période, on a essayé de trouver une corrélation. On ne l'a pas trouvée pour deux raisons, d'abord parce qu'elle commence à jouer quand les crues sont très petites avec dépassement de plus de 90 pour cent. Lorsque les crues sont plus grandes, la superficie cultivée est déterminée principalement par la main-d'œuvre disponible dans la vallée qui dépend de l'extention et de la réussite des cultures pluviales dont la récolte coïncide, surtout dans la haute vallée, avec le début du retrait des eaux. Restaient les années 1968 et 1970. En 1970, le projet a recensé, par une reconnaissance aérienne, les superficies en décrue et on s'est aperçu d'une grande différence avec les chiffres du service de l'agriculture et que leurs méthodes étaient trop sommaires pour donner la précision voulue.

Le deuxième programme consistait à déterminer pour l'année (1970) les superficies dans six régions de la vallée qui ont été inondées 15, 30 et 45 jours. La partie de l'hydrogramme qui compte pour l'inondation du lit majeur concerne les débits qui à Bakel dépassent  $1\ 000\ m^3/s$ , ce qui équivaut à un débit de  $3\ 000\ m^3/s$  pendant un mois. Pour les surfaces inondées on a aussi fait passer la crue de 1968 ( $2\ 000\ m^3/s$ /un mois) et deux crues artificielles l'une de  $3\ 000\ m^3/s$  pendant un mois et demi et l'autre de  $2\ 000\ m^3/s$  pendant un mois. En considérant qu'une inondation de 30 jours est nécessaire pour une imbibition adéquate des terres (durée que la population considère comme minimale et qui a été confirmée par des observations faites dans le cadre du projet PNUD/FAO RAF 68/114), on trouve les valeurs suivantes:

Crues artificielles	1970	1970 A	1970 B	1970 C
Crue (mois = m)	$3\ 000\ m^3/s/1\ m$	$3\ 000\ m^3/s/1,5\ m$	$3\ 000\ m^3/s/1\ m$	$2\ 000\ m^3/s/1\ m$
Superficie inondée 30 j	421 000 ha	420 000 ha	337 000 ha	106 000 ha
Superficie cultivée	100 000 ha	-	-	-
Volume ayant stationné $10^6\ m^3/s$	5 900	5 800	4 500	1 600
Crues naturelles	1968	1972	1973	
Crue (mois = m)	$2\ 000\ m^3/s/1\ m$	$1\ 100\ m^3/s/1\ m$	$2\ 000\ m^3/s/1\ m$	
Superficie inondée 30 j	208 000 ha	-	-	
Superficie cultivée (90 000) ha	10 000 ha	-	80 000 ha	
Volume ayant stationné $10^6\ m^3/s$	2 400	-	-	

Le problème a pu être éclairci surtout grâce à deux années particulièrement sèches, 1972 et 1973, pendant lesquelles le projet a aussi procédé à la détermination des superficies cultivées par une reconnaissance aérienne. La conclusion provisoire est qu'à partir d'une crue de  $2\ 500\ m^3/s/mois$  il n'y a plus de contrainte et la population, s'il n'y a pas chevauchement avec les cultures pluviales, pourrait préparer et entretenir au maximum 120 000 ha. Un débit de  $2\ 000\ m^3/s/mois$  (1973) ne permet qu'une superficie de 80 000 ha qui descend à 10 000 ha pour un débit de  $1\ 100\ m^3/s/mois$ .

#### 4.7 DEBITS SOLIDES

Les seules mesures sur les transports de débits solides, charriage et matières en suspension ont été effectuées par la MAS à Dagana et Bakel, par Sénegal-Consult en 1968/69 sur le haut bassin à certains sites de futurs barrages et à Kayes. De ces mesures on ne peut tirer que des renseignements qualitatifs.

##### 4.7.1 Débits solides en suspension

Les particules en suspension sont en général très fines et les mesures faites montrent que 50 pour cent des éléments ont des dimensions inférieures à  $2\ \mu$ . Ces matériaux apparaissent dans le fleuve au début de la crue où l'on a mesuré

jusqu'à 400 mg/l, puis les quantités diminuent et descendent au-dessous de 50 mg/l; enfin au moment de la pointe de crue en septembre, la concentration augmente de nouveau jusqu'à 200 à 300 mg par litre, pour descendre au-dessous de 50 mg/l à la décrue en octobre-novembre jusqu'à pratiquement nulle pendant l'étiage. En année moyenne, les transports solides ont été estimés par Sénégal-Consult comme suit:

Volume transporté par suspension en millions tonnes/année

<u>Stations</u>	<u>Matières minérales</u>	<u>Matières organiques</u>	<u>Total</u>
Manantali	0,2	1,2	1,4
Boureya	0,2	0,9	1,1
Gouibassi	0,1	0,5	0,6
Kayes	0,3	2	2,3
Bakel	0,4	2,5	2,9

Les quantités transportées sont assez faibles et ne posent aucun problème pour les barrages à construire. Par contre, il y aura une conséquence en cas de régularisation du fleuve, car les matières en suspension qui se déposaient dans la vallée vont être notablement diminuées.

#### 4.7.2 Charriage

Un autre transport est celui des gros éléments qui sont charriés par le fleuve dès que sa vitesse augmente. Une estimation faite par Sénégal-Consult à Kayes, donne un total de 100 000 t par an de charriage par le fond, ce qui est négligeable par rapport au transport par suspension. Ces matériaux seront "piégés" dans les futurs réservoirs d'accumulation et risquent de créer un déficit à l'aval ce qui engendrera des modifications dans le lit du fleuve (création de bancs, ou de fosses, érosions latérales). Ces modifications ne peuvent être prévues étant donné le peu d'observations dont on dispose.

#### 4.7.3 Qualité de l'eau

Des analyses peu nombreuses ont été faites sur la qualité des eaux du fleuve Sénégal. Les résultats montrent que l'eau est acide (pH faible) et qu'elle ne contient pas de grandes quantités de matières minérales dissoutes, ce qui est assez défavorable pour une eau servant à l'irrigation.

## Chapitre 5

### HYDROGEOLOGIE

#### 5.1 INTRODUCTION

Les différentes activités menées dans le cadre du projet dans le domaine de l'hydrogéologie ont été les suivantes:

- Exploitation d'une documentation importante concernant essentiellement les zones limitrophes de la vallée proprement dite.
- Enquête sur les points d'eau dans la vallée et sur une frange de dieri de 20 à 25 km de part et d'autre de celle-ci.
- Exécution et observation périodique de lignes de piézomètres.
- Les premiers piézomètres ont été implantés en juin 1970 et les derniers en juillet 1972, principalement pour étudier l'infiltration des eaux d'inondation et les relations nappe-fleuve. La plupart ont été forés à la tarière à main. Les piézomètres profonds ont été exécutés en partie par le projet au moyen d'une petite sondeuse à main "Bonne espérance", en partie par une société de sondage spécialisée dans le cadre d'un contrat de sondages. Les piézomètres posés par les techniciens du projet sont au nombre de 138, et représentent une longueur forée de 900 m.
- Campagne de prospection géophysique, qui a fait l'objet d'un contrat avec Polytechma. Il a été réalisé 12 profils transversaux de prospection électrique, au moyen de 302 sondages en longueur de ligne AB comprise entre 250 et 1 100 m, ainsi que de 20 petits sondages sismiques.
- Campagne de sondages de reconnaissance, qui a fait l'objet d'un contrat avec la SASIF. Au moyen de deux appareils travaillant en carottage continu, l'un au battage, l'autre en rotation à l'eau claire, il a été exécuté 14 sondages d'une profondeur variant entre 28 m et 56 m, totalisant 570 m. Il a été exécuté 12 essais de pompage et 12 sondages ont été équipés en piézomètres.
- Dosages d'isotopes: 14 prélèvements d'eaux souterraines et un échantillon de pluie ont été confiés pour analyse à l'Agence internationale pour l'énergie atomique (IAEA) à Vienne.

Ce chapitre reprend les conclusions et recommandations majeures du rapport préparé par l'hydrogéologue du projet (cf. annexe 1, HG 12). D'autres sources d'informations sur l'hydrogéologie de la région y sont incorporées. Pour la situation, les limites des formations géologiques et les nappes principales, il convient de se référer au plan 3.

Les nappes des alluvions de la vallée et des formations encaissantes pourraient être exploitées plus intensivement qu'actuellement pour satisfaire les besoins en eau potable de la population et du bétail.

En général, la qualité de l'eau est bonne, avec des teneurs en sel entre 100 et 1 000 mg/l, à l'exception de la nappe de la basse vallée en aval de Boghé où une transgression marine a créé des dépôts salin > 5 000 mg/l et a contaminé les nappes voisines des formations encaissantes. L'utilisation de la nappe pour l'irrigation est limitée physiquement à la vallée et à ses abords entre Boghé et Matam, avec une capacité annuelle de  $110 \times 10^6 \text{ m}^3$ , que l'on doit répartir sur environ 35 petits périmètres de 150 ha à raison de  $20 000 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Economiquement, bien que les investissements pour les forages avec pompage restent dans des limites raisonnables (400 000 FCFA/ha toutes taxes comprises), le coût de l'énergie grève tellement les frais d'exploitation (100 000 FCFA/ha TTC 1/ sans amortissement et intérêts de l'investissement) que ce type d'aménagement ne se justifie que pour les cultures à hauts rendements, telles les légumes et agrumes. De plus, le rabattement de la nappe nuiera aux forages et puits existants, surtout à ceux d'une profondeur réduite.

Des quatre nappes exploitables: (a) nappe maestrichtienne, (b) Guebla, (c) Ferlo et (d) nappe alluviale, la première est la plus riche, mais toutes ont une capacité suffisante pour satisfaire les besoins en eau potable de la population, du bétail et d'une industrie alimentaire.

L'alimentation de la nappe maestrichtienne par le fleuve a été établie entre Kaédi et Matam, le débit annuel étant d'environ 30 millions  $\text{m}^3/\text{an}$ . Néanmoins son influence positive sur l'équilibre de cette nappe est localisée et limitée.

L'irrigation intensive en double culture dans la vallée, à partir du fleuve, provoquerait une augmentation de l'infiltration dans les nappes alluviales qui passeraient en moyenne de 40 mm à 100 mm. En même temps, l'évaporation et l'évapotranspiration seraient diminuées; par contre, du fait de la montée du niveau des nappes, le drainage naturel vers le fleuve et les formations encaissantes augmenterait.

Selon le mouvement et la position de la nappe, le drainage artificiel sera nécessaire après un certain nombre d'années, les modalités devant être déterminées cas par cas. Les aménagements dans la basse vallée, où existe une nappe salée, sont particulièrement vulnérables. La régularisation des débits et des niveaux du fleuve par les deux barrages aura une incidence dont les effets seront négligeables sur l'alimentation ou le drainage des nappes.

## 5.2 GEOLOGIE

La région étudiée appartient au bassin sédimentaire sénégalo-mauritanien; elle se présente comme une gouttière très aplatie s'ouvrant vers la partie plus subsidente du bassin au sud, se relevant à l'ouest vers l'anticlinal de Guiers avant la zone très

1/ Toutes taxes comprises.

subsidente et effondrée par failles du delta. La vallée du fleuve entre dans le bassin à 25 km à l'aval de Bakel, suit la bordure du bassin dans une direction NO, en s'écartant toutefois de celle-ci graduellement jusqu'à Boghé où elle se tourne vers l'ouest tandis que la bordure s'oriente vers le nord.

La série stratigraphique du bassin commence au crétacé supérieur avec les dépôts transgressifs détritiques - sables et grès avec de rares couches lenticulaires d'argile - du maestrichtien, qui n'affleurent pas et dont l'épaisseur est généralement comprise entre 100 m et 200 m. Cette formation datant du sénonien supérieur, recèle la nappe la plus importante du bassin.

L'éocène sus-jacent est principalement marin, argilo-calcaire sauf en bordure ouest du bassin sédimentaire (rive droite du Sénégal, à 25 km en aval de Kaédi) où il passe à des faciès sublittoraux détritiques sablo-gréseux ayant une bonne perméabilité. Les dépôts éocènes qui ont environ 100 m d'épaisseur ont un toit concave; ils affleurent à l'est à partir de la rive gauche du Sénégal entre Boghé et un point situé à 15 km en aval de Bakel et à l'ouest dans l'anticlinal situé à l'est du lac de Guiers.

Après l'exondation de la région, les sédiments sablo-argileux du continental terminal s'accumulent de l'oligocène au pliocène. Ils sont contenus dans le creux formé par l'éocène et ont une épaisseur maximale de 40 m sur le dieri, à la hauteur de Podor. Ils sont coiffés par une cuirasse ferrugineuse recouverte, surtout à l'ouest, par des dunes quaternaires. Le quaternaire est caractérisé, en dehors de la vallée, par la formation de glacis se raccordant aux terrasses anciennes et l'accumulation de sables dunaires de l'ogolien, surtout sur la rive droite à l'ouest de Boghé (Trarza).

La vallée a été façonnée et remblayée sur plus de 40 m de hauteur depuis le début du quaternaire récent, à la faveur de modifications de climat et de variations du niveau de la mer. En particulier après la grande phase d'aridité de l'ogolien, la transgression marine du nouakchottien est responsable du dépôt de vases et de sables marins ou lagunaires salés dans la basse vallée, jusqu'à Boghé. Dans le lit majeur, le fleuve a édifié tout un système de levées et de cuvettes de décantation. Le fond des alluvions se trouve à la cote approximative - 25 m IGN à Bakel et - 40 m IGN à Nianga. Les alluvions de base sont formées par des sables moyens, localement graveleux, ayant une épaisseur de 10 m à 20 m à l'amont de Nianga et diminuant à quelques mètres près de Richard-Toll; elles constituent l'aquifère alluvial principal. Datant de la période de régression marine et d'aridité de l'ogolien, cette base a été recouverte par des sables fins et moyens, d'origine éolienne à l'aval, et par des sables mélangés avec de l'argile à l'amont de Kaédi; une grande partie en a été enlevée par la suite. Cette période fut suivie du nouakchottien, pendant lequel la transgression marine a atteint son maximum, et la mer avec son niveau à la cote + 2,50 m IGN a remonté la basse vallée jusqu'en amont de Boghé. Le fleuve a remblayé la vallée amont avec des sédiments divers: argiles, limons ou sables fins. Dans la partie aval, on trouve tous les intermédiaires entre les dépôts continentaux et les dépôts marins: argiles, sables fins fluviaux et marins, vases, etc. L'invasion marine a formé des dépôts avec des nappes plus ou moins salées, et a en plus contaminé par infiltration les couches limitrophes du continental terminal, l'éocène et le maestrichtien.

Les formations les plus récentes, datant du post-nouakchottien, ont été décrites dans l'étude géomorphologique de la vallée par SEDAGRI (cf. annexe 1, PE/7). Les principales sont les hautes levées limono-sableuses, les petites levées limono-argileuses et les dépôts fluvio-deltaïques constitués de couches diverses sablo-limono-argileuses. Les parties hautes de cette formation s'appellent le fondé qui n'est qu'exceptionnellement submergé. Les parties basses constituent le faux hollaldé, recouvert par une crue moyenne. À des cotes plus basses se sont formées les cuvettes argileuses de décantation qui occupent à peu près un tiers de la superficie de la vallée. L'argile lourde, gonflante, à fentes de retrait profondes, est constituée d'un mélange de montmorillonite, kaolinite et illite.

### 5.3 LES EAUX SOUTERRAINES

Il existe quatre unités aquifères principales: (a) du maestrichtien, (b) de l'éocène et du continental terminal rive droite: unité aquifère du Guebla, (c) de l'éocène et du continental terminal rive gauche: unité aquifère du Ferlo, (d) des alluvions quaternaires. Les trois premières sont situées dans les formations encaissantes, la quatrième dans les alluvions de la vallée.

#### 5.3.1 La nappe du mestrichtien

L'importante nappe des sables du maestrichtien (qui sont en contact direct avec les alluvions de la vallée sur 120 km de la bordure du bassin subsident, à l'aval de Bakel et de Kaédi) communique avec la nappe alluviale et le fleuve. La nappe est déjà exploitée par de nombreux forages dans tout le bassin sénégalo-mauritanien. Commençant à 50 km en aval de Bakel, la formation a déjà, à 60 km à l'aval, une épaisseur moyenne d'environ 100 m. Son toit descendant à partir de cette limite, on le trouve de - 20 m IGN jusqu'à - 100 m IGN dans la basse vallée entre Kaédi et Boghé, où elle recommence à monter jusqu'à - 50 m IGN dans l'anticlinal de Guiers, au-delà duquel les failles l'abaissent brutalement.

La transmissivité du maestrichtien a une valeur moyenne de  $1 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ .  
 Son niveau piézométrique descend de + 9 m IGN à 60 km en aval de Bakel jusqu'à + 1 m IGN à Nianga.

On ne dispose que de peu de données sur son alimentation par les nappes alluviales, dans un profil dans le centre de la zone de contact entre le maestrichtien et les alluvions à l'amont de Matam, où l'on observe un gradient perpendiculaire à la vallée de 0,10 à 0,15 pour cent des deux côtés. Cette alimentation a également été mise en évidence par d'autres mesures des eaux alluviales: dosages de C 14 (IAEA - BRGM), des teneurs identiques en deutérium (IAEA - Projet) et en sels (< 100 mg/l).

La qualité des eaux du maestrichtien est très bonne, avec une teneur en sels généralement inférieure à 300 mg/l en amont de Nianga et à 40 mg/l à la hauteur de Matam.

Dans la vallée, la minéralisation augmente assez brusquement: dans la basse vallée, en aval de Boghé, probablement du fait d'une contamination par les eaux salées

de la transgression nouakchottienne qui se sont infiltrées par l'intermédiaire des calcaires kaolinitisés de l'éocène marin, elle atteint une valeur de 3 000 mg/l à la hauteur de Nianga.

Les débits spécifiques des forages varient entre 0,5 et 5 l/s/m de rabattement.

### 5.3.2 La nappe du Guebla mauritanien

La nappe phréatique du Guebla mauritanien est recélée d'est en ouest par (a) les sables à bonne perméabilité de l'éocène à faciès littoral, où elle est appelée nappe du Brakna, (b) l'éocène argilo-calcaire marin peu perméable, où elle est appelée nappe de l'Amechtih, (c) les sables à bonne perméabilité du quaternaire et du continental terminal, où elle est appelée nappe du Trarza.

La nappe du Brakna se trouve dans les sables et grès tendres de l'éocène à faciès littoral qui s'étendent surtout en rive droite de la vallée à partir des affleurements du substratum, en aval de Bakel jusqu'à 25 km à l'aval de Kaédi. Elle forme un système hydraulique unique, avec la nappe maestrichtienne et est à surface libre; elle possède une transmissivité d'environ  $4 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  avec une puissance qui est encore mal connue, sauf dans un forage situé à 30 km au nord-ouest de Kaédi, où elle mesure 40 m. Les débits spécifiques des forages mesurés sont de l'ordre de 2 à 6 l/s/m de rabattement. Les niveaux piézométriques et leurs gradients sont égaux à ceux du maestrichtien sous-jacent et s'élèvent de 0 à 5 m IGN au bord de la vallée, et descendent avec une pente de + 1 pour cent vers le nord.

La nappe de l'Amechtih est contenue dans des formations argilo-calcaires qui semblent être compactes, sauf localement où une dolomitisation a développé de petits chenaux. La nappe étant captive, sa transmissivité est estimée être d'environ  $3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ . Les débits spécifiques dans les forages sont d'environ 1,5 l/s/m de rabattement.

La nappe du Trarza se trouve dans les sables quaternaires et du continental terminal qui possèdent, dans l'ensemble, une bonne perméabilité; les nombreux puits et quelques forages qui exploitent cette nappe plus au nord, ont des rendements très satisfaisants. La transmissivité de la formation dans un forage situé au nord du lac R'Kiz donne environ  $3 \text{ à } 1,5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ; sur la rive droite de la vallée, à Podor, elle n'est que de  $5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ . Le niveau piézométrique se trouve à 0 m IGN au bord de la vallée et descend vers le nord avec une pente de 0,1 pour cent.

La carte piézométrique montre la double alimentation de la nappe: par des ruissellements sur le substratum primaire à l'est depuis son affleurement et par la vallée au sud.

La recharge par les pluies est sans doute importante dans les dunes ogoliennes du Trarza et dans le sud du Brakna. Les eaux sont, dans l'ensemble, d'excellente qualité, avec un résidu sec compris entre 100 et 400 mg/l. Dans l'Amechtih il y a des lentilles, probablement isolées, dans des argiles phosphatées salées où la teneur dépasse 2 000 mg/l.

5.3.3 La nappe du Ferlo

Elle est le pendant de celle du Guebla; les caractéristiques des sables du continental terminal qui ne sont pas recouverts par des sables quaternaires, sont très mal connues mais paraissent moins bonnes que celles de la nappe du Trarza. L'éocène sablo-gréseux s'étend beaucoup moins que dans la région de Kaédi et s'arrête à 60 km en aval de Bakel, formant une bande de 20 km de large. Jusqu'à Kaédi, l'éocène présente des faciès intermédiaires moins francs, avec à la base des niveaux de sables et de grès couverts par des argiles et des marnes sableuses. A l'exception de cette zone, où les sables de la base de l'éocène forment d'ailleurs un aquifère unique avec le maestrichtien, et dont la transmissivité est égale à celle de l'autre rive ( $4 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ ), les caractéristiques hydrauliques du restant de l'aquifère du Ferlo sont moins bonnes.

L'éocène calcaire prend la suite de ces faciès et s'étend jusqu'à une distance de 10 à 25 km vers le sud-ouest et le long de la vallée jusqu'à la hauteur de Boghé. Au-delà de ces limites, la surface piézométrique remonte dans le continental terminal. A l'ouest de la bordure de la vallée, à la hauteur de Boghé, l'aquifère superficiel est le continental terminal, mais en raison de la pente vers le sud de la surface piézométrique, celle-ci se trouve dans l'éocène à une distance variable du lit majeur, avec un maximum de 30 km.

Les niveaux calcaires, en principe aquifères, ont une répartition très irrégulière. La puissance cumulée est en moyenne de l'ordre de 20 m au maximum et l'on admet une transmissivité moyenne semblable à celle de l'autre rive, soit  $3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$  (nappe de l'Amechtîl).

Plus à l'aval se trouvent les aquifères du continental terminal; ils sont formés de sables et de grès fins, plus ou moins argileux, d'environ 20 m de puissance en bordure de la vallée. Un bel ensemble calcaire, datant du paléocène va de l'aval de Nianga jusqu'au lac de Guiers; sa transmissivité moyenne est de  $1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ ; celle du continental terminal a été estimée à  $2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  au maximum.

Les eaux sont en général de bonne qualité, avec un résidu sec compris entre 100 et 400 mg/l; mais celles des calcaires éocènes sont plus chargées et atteignent des valeurs de 1 000 mg/l. Dans la partie ouest de l'aquifère, du lac de Guiers jusqu'à Dagana, s'étend une zone à eau saumâtre ou salée qui débute à environ 1 km du bord de la vallée. La concentration en sels y est supérieure à 5 000 mg/l. Plus en amont, les teneurs baissent à 1 000-2 000 mg/l, ceci jusqu'en amont de Nianga. La minéralisation est attribuée à la transgression nouakchottienne.

5.3.4 La nappe alluviale

L'aquifère des alluvions quaternaires de la vallée est constitué par des sables moyens à grossiers, graveleux, qui reposent sur le substratum en général maestrichtien ou éocène, et subsistent sur une hauteur variable; leur transmissivité est de  $7 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ . En général, l'eau est contenue au-dessus, dans des horizons de natures diverses: sables ou limons plus ou moins argileux. En raison de la variabilité de composition des alluvions et de leur disposition lenticulaire, la distinction entre plusieurs nappes ne peut être que locale.

Les relations entre les nappes et le fleuve, ou d'autres plans d'eau libre, sont approximativement les suivantes:

diffusité T/s	$300 \text{ m}^3/\text{jour}$
transmissivité	$3,5 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
coefficient d'emmagasinement	0,1

L'étude piézométrique montre que les nappes alluviales sont alternativement alimentées et drainées par le fleuve à proximité de celui-ci (500 m); elles sont drainées par les terrains encaissants, en bordure de la vallée, et se perdent par évaporation et évapotranspiration en dehors de ces zones privilégiées.

La puissance moyenne est d'environ 25 m; l'horizon phréatique ne représente souvent que quelques mètres, sauf dans la partie supérieure des alluvions, où les terrains perméables l'emportent nettement sur les terrains imperméables. La profondeur piézométrique diminue progressivement d'amont en aval, avec des valeurs de 5 à 8 m dans la partie amont et de 4 à 5 m dans la basse vallée.

L'alimentation verticale des nappes des alluvions par l'infiltration des eaux de crue est prouvée par les dosages d'isotopes. Elle a été étudiée au moyen du dispositif de piézomètres. L'alimentation par les eaux de pluie paraît être très inférieure à celle des eaux d'inondation.

L'infiltration dans les cuvettes de décantation est très faible; elle dépend de l'épaisseur de la couche d'argile gonflante superficielle, et est pratiquement nulle quand celle-ci dépasse 2,50 m. On estime qu'en moyenne elle est de 0,5 mm/j (pendant la durée de la submersion) pour une épaisseur d'argile de 1,30 m. Elle varie de 0 à plus de 10 mm/j dans les faux hollaldé, où l'on admet qu'elle est en moyenne de l'ordre de 2 mm/j.

Compte tenu des superficies inondées et de la durée de l'inondation, l'infiltration des eaux de crue est évaluée à  $250 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ . On suppose que celle des eaux de pluie, dans les terres non submergées, représente au plus  $30 \times 10^6 \text{ m}^3$ . L'alimentation verticale totale ( $280 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) correspond à une lame d'eau moyenne de 40 mm, valeur qui paraît confirmée par l'interprétation de la baisse de niveau des nappes, observée après la crue exceptionnellement faible de 1972.

La balance d'échange entre le fleuve et ses défluents (1 000 km) et la nappe alluviale est positive pour le fleuve, la période de restitution pendant la décrue durant plus longtemps que la période de charge pendant la crue. Cet échange ne joue que sur une bande étroite de 1 000 à 1 500 m de largeur. On estime que cette bande est chargée avec  $270 \times 10^6 \text{ m}^3$  pendant la crue et que la restitution s'élève à  $300 \times 10^6 \text{ m}^3$ , dont  $30 \times 10^6 \text{ m}^3$  viennent de la nappe alluviale générale. Celle-ci perd également  $30 \times 10^6 \text{ m}^3$  par drainage latéral vers des terrains encaissants de la vallée, qui recouvrent au total, en tenant compte du même phénomène dans la vallée du Gorgol,  $40 \times 10^6 \text{ m}^3$ . L'évaporation et l'évapotranspiration prélevent  $220 \times 10^6 \text{ m}^3$  aux nappes alluviales, soit une lame d'eau de 31,5 mm.

En résumé, l'équilibre de la totalité de la nappe est le suivant:

## 5.5 LES EFFETS DE LA MISE EN VALEUR

L'irrigation en double culture provoquerait une augmentation de l'infiltration dans les nappes alluviales. On estime qu'en moyenne, annuellement, celle-ci passerait de 40 mm (soit 0,1 mm/j) à 100 mm (soit 0,25 mm/j) dans les périmetres.

Le drainage naturel des nappes alluviales par le fleuve est sensible sur moins de 1 km. Celui par les terrains encaissants ne serait efficace que sur une largeur du lit majeur (en bordure du dieri) comprise généralement entre 1 et 1,5 km. L'évaporation et l'évapotranspiration seraient fortement diminuées. Par contre, du fait de la montée de niveau des nappes qui pourrait être importante dans la haute et la moyenne vallée, la charge, donc le drainage naturel, augmenteraient.

Dans les cuvettes uniquement rizicoles où il n'y a pas de risques de contamination par une nappe salée, le drainage artificiel paraît inutile, mais il serait nécessaire malgré tout sur une partie des terres irriguées de la vallée. Des études de détail devront être réalisées pour définir les zones concernées, ainsi que les modalités particulières de drainage dans le cas, très fréquent dans la partie amont de la vallée, où l'horizon perméable est trop profond pour la pose de drains enterrés. Les casiers pilotes serviront de test pour ces problèmes de drainage.

La régularisation des débits par le barrage amont n'aura pas de conséquences fâcheuses sensibles sur le drainage naturel des nappes alluviales. Il en serait de même pour le barrage aval si la cote maximale de la retenue ne dépassait pas trop 1,50 m.

Les répercussions de la mise en valeur de la vallée seront bénéfiques au point de vue quantitatif et qualitatif pour les nappes de la vallée. Il semble qu'elles ne devraient pas être néfastes pour celles des terrains encaissants.

Chapitre 6

## AGRONOMIE

## 6.1 CONDITION ACTUELLE DE L'AGRICULTURE

Lorsque le projet a débuté en 1968, l'activité agricole dans le bassin du Sénégal était presque uniquement de subsistance et de troc, à l'exception de quelques milliers d'hectares de riziculture commerciale dans le delta. Cette activité dépend d'une manière étroite des conditions naturelles, principalement du climat et du régime du fleuve.

Le climat, dont une analyse détaillée sera faite ultérieurement, est du type tropical sec caractérisé par une opposition marquée entre une saison des pluies appelée hivernage (juin-octobre) et une saison sèche.

Le fleuve a une crue annuelle alimentée par les pluies dans le Fouta-Djalon. Elle commence en juin et se termine habituellement en octobre; elle inonde la vallée majeure qui est étroite dans le haut bassin et large de 10 à 20 km dans la vallée à partir de Bakel ainsi que le delta.

Climat et crue sont extrêmement irréguliers, ce qui rend très aléatoire la production agricole.

6.1.1 Le haut bassin

La surface cultivée représente à peine 3,1 pour cent de la surface totale, localisée le long des cours d'eau. La pluviométrie est relativement abondante (600 à 800 mm). En hivernage on y cultive le mil et le sorgho associés au niébé et diverses autres cultures comme l'arachide, le coton, le tabac, le maraîchage et quelquefois le riz. Le maïs et parfois le sorgho sont cultivés près des villages, à la décrue. L'élevage transhumant est considérable: 400 000 bovins, 350 000 ovins.

6.1.2 La vallée

L'agriculture traditionnelle y est caractérisée par la combinaison de cultures pluviales en hivernage et de cultures de décrue en saison sèche. Les cultures pluviales sont pratiquées surtout dans le dieri; ce sont les terres du plateau encaissant la vallée, sableuses, perméables et pauvres. Les champs sont rarement cultivés plus de deux ans consécutifs, aussi c'est une agriculture itinérante où le défrichage et le gardiennage sont les principales activités. On pratique parfois les cultures pluviales sur les bourrelets de berges non inondés (fondé).

Les cultures de décrue se pratiquent dans le oualo (lit majeur du fleuve inondable) et sur les berges du lit mineur (falo). Si l'hivernage est favorable les cultures de oualo sont négligées. En année moyenne les superficies se répartissent ainsi:

	Aval	Amont
	..... ha .....	
Superficie totale		
Dieri	35 000	45 000
Oualo	60 000	65 000
Superficie moyenne par exploitation		
Dieri	1,824	1,361
Oualo	2,907	1,995
Superficie moyenne par habitant (5,7 ha par exploitation)		
Dieri	0,32	0,23
Oualo	0,52	0,35

Les espèces cultivées sont, sur les sols de dieri, le mil hâtif ou souma (Pennisetum typhoides) souvent associé au niébé (Vigna unguiculata) et au beref (Colocynthis citrullus) et parfois l'arachide (Arachis hypogea). Sur les sols de oualo, on trouve des variétés locales de sorgho (Sorghum cernuum) mêlées de niébé, sur les sols de fondé en culture pluviale des sorghos précoces et sur les sols de falo le maïs, le tabac et des légumes irrigués à la callebasse.

Les pratiques culturales sont rudimentaires, la traction animale est ignorée; les seuls outils sont la hache, une houe et une sarclette de fabrication artisanale et le bâton à fouir. Les semis se font en poquet sans grand souci des espacements; le sarclage est fait selon les disponibilités de main-d'œuvre plus que selon les besoins de la culture. Le gardiennage occupe toute la famille pendant trois semaines à un mois. La récolte est manuelle. Les rendements sont à la mesure de la rigueur des conditions naturelles.

	Moyenne annuelle	Sols très fertiles
	..... kg/ha.....	
Haut bassin		
Mil, sorgho, maïs	607	1 000
Riz	715	1 000
Arachide	704	
Coton	502	
Vallée		
Mil, sorgho, amont	460	
Mil, sorgho, aval	240	
Niébé grain	300	
Arachide (gousse)	200	
Beref (grain)	300	

La production de mil et sorgho par habitant est de 176 kg dans la basse vallée et de 246 kg en amont; la consommation est estimée à 170 kg par habitant et par an; il reste peu de chose pour le troc et la commercialisation.

L'élevage et la pêche dont il sera question dans d'autres chapitres fournissent un complément important aux ressources alimentaires de la vallée si bien que la ration alimentaire est équilibrée et suffisante.

#### 6.1.3 Riziculture de la basse vallée et du delta

Dans la basse vallée on a créé quelques petits périmètres pour la culture du riz en submersion contrôlée. Les résultats ont été médiocres à cause de l'irrégularité des crues et de l'insuffisance des aménagements.

Dans le delta, de vastes projets de rizières en submersion contrôlée ont été entrepris sans beaucoup de succès non plus; il a fallu peu à peu améliorer les aménagements et installer des pompes pour rendre moins aléatoire la culture. Une variété de riz assez rustique, le D 52/37, est cultivée en submersion contrôlée; les rendements n'excèdent par 1,3 t/ha.

Il existait à cette époque, à Richard-Toll, au début du delta, un périmètre de riziculture industrielle de 5 000 ha aménagé pour la maîtrise totale de l'eau qui, depuis, a été consacré à la culture de la canne à sucre. Malgré de nombreuses difficultés de gestion les résultats technique étaient intéressants; les rendements de 2,5 t/ha avec le D 52/37 étaient normaux. Des variétés à hauts rendements avaient été introduites et des rendements de 5 t/ha obtenus, montrant la voie qu'il fallait suivre pour développer la riziculture dans la vallée.

#### 6.2 LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

Pour améliorer les conditions de l'agriculture dans le bassin du Sénégal les problèmes étaient innombrables et seule une recherche organisée pouvait les résoudre. Le projet n'a pas été chargé de prendre en main la recherche mais un autre a été entrepris à cet effet: PNUD/FAO RAF/68/114 et RAF/73/060. (2<sup>e</sup> phase): Développement de la recherche agronomique dans le bassin du Sénégal. La collaboration entre les deux projets a été très étroite. Toutes les découvertes étaient immédiatement utilisées pour les modèles de développement de l'agriculture dans la vallée et les objectifs de développement orientaient la recherche.

Jusqu'en 1971, celle-ci a porté sur l'amélioration de la culture traditionnelle ou de la submersion contrôlée. Des résultats intéressants avaient été obtenus pour la première mais la plupart des suggestions proposées étaient économiquement inapplicables à cause des aléas climatiques. Après la "table ronde" de mars 1971, la recherche s'est orientée vers la culture irriguée intensive avec maîtrise totale de l'eau.

Les résultats obtenus par le projet de recherche agronomique ont été consignés dans de nombreux rapports remis à l'OMVS et aux Etats Membres et leur liste est donnée dans le Rapport intérimaire soumis en 1976 1/. On se contentera donc d'exposer ici les données qui ont servi à élaborer les plans de développement agricole de la vallée.

## 6.3 CONNAISSANCE DU MILIEU

### 6.3.1 Agrométéorologie

Des études assez poussées ont été faites en ce domaine qui ont permis de mieux connaître les rapports plante-climat et de mettre au point des méthodes de prévisions basées sur des données statistiques sûres. On peut diviser l'année en trois saisons: la saison des pluies, la saison sèche froide et la saison sèche chaude.

#### i. La saison des pluies

Elle couvre la période juin-octobre, mais avec des caractéristiques très différentes selon les régions de la vallée.

	Pluviométrie annuelle moyenne (mm)	Durée de l'hivernage (jours)
Haut bassin	500 à 1 000	130-150
Moyenne vallée	400 à 600	105-110
Basse vallée et delta	300 à 400	55-60

Les pluies sont irrégulières, violentes, brèves et localisées, avec pour chaque région une faible probabilité de pluviométrie optimale à la période désirée, ce qui rend la culture pluviale aléatoire et pose des problèmes en culture irriguée. L'humidité de l'air élevée, proche de la saturation, diminue l'évapotranspiration mais augmente les risques de maladies cryptogamiques. La température est chaude avec de faibles variations (22° à 32°C). Les vents chauds desséchants sont quasi inexistants.

Tous ces facteurs conjugués ont pour effet de favoriser la croissance de nombreuses plantes en diminuant la durée de leur cycle végétatif, de minimiser les besoins en eau d'irrigation d'une manière qui n'est pas négligeable mais ils rendent impossible la culture de certaines variétés (blé, certains légumes).

La pluie peut gêner les opérations mécanisées de semis et de récolte; elle oblige à prendre des précautions coûteuses pour le stockage des produits; mais surtout, par son intensité, elle peut provoquer des inondations dans les parties basses des périmètres. On pourrait éviter ce risque par le surdimensionnement des canaux d'assainissement mais à un coût prohibitif.

Le projet de recherche agronomique a mis au point une méthode permettant de connaître la pluie moyenne calculée pour une période particulière de n jours, les totaux de pluie pour chaque période des n jours considérés et les quantités de pluie qui peuvent être espérées en fonction de différentes probabilités.

C'est cette méthode qui a été utilisée pour le calcul du dimensionnement des réseaux d'assainissement dans les périmètres étudiés par le projet d'étude hydro-agricole.

### ii. La saison sèche froide

Elle peut durer de novembre à mars. Novembre est caractérisé par une insolation dégressive et, dès le 15, par un refroidissement de la température ambiante. De décembre à février, le refroidissement de la température est très sensible avec des coups de froid nocturnes prononcés (6° à 7°C), des variations de température journalière de l'ordre de 20°C. En mars, l'insolation augmente rapidement, mais il peut y avoir encore des minimums assez bas. Pendant cette saison l'air est sec, l'évapotranspiration est cependant réduite et les risques de maladies cryptogamiques sont faibles.

Ce climat est favorable aux plantes qui ont besoin de vernalisation comme le blé, l'orge, l'avoine et les légumes. Par contre, il produit un allongement de la durée du cycle végétatif de la plupart des autres espèces, surtout les riz actuellement cultivés et certains fourrages. Les froids d'arrière-saison, février/mars, sont particulièrement gênants car ils peuvent empêcher la germination des semis et rendent aléatoires les calendriers cultureaux.

### iii. La saison sèche chaude

Elle commence en mars et dure jusqu'aux premières pluies, en juin pour la haute vallée, en juillet pour la basse vallée. L'insolation augmente et on assiste à un réchauffement progressif de la température qui peut s'élever jusqu'à 44° à 47°C. L'évapotranspiration atteint des valeurs doubles de celles des autres saisons; les cycles végétatifs sont plus longs qu'en hivernage; les plantes, qui ont besoin de vernalisation ne poussent pas. En outre, c'est au cours de cette saison que se manifestent des coups de vent violents venant du NE. Chauds et desséchants (harmattan), ils sont dangereux et peuvent provoquer l'échaudage et la stérilité.

Ce cycle saisonnier impose des calendriers cultureaux assez stricts, malgré les aléas.

## 6.3.2 Agropédologie

### i. Effets de l'irrigation

Les sols de la vallée sont peu structurés. Dans les fonds où il y a des éléments de granulométrie différente, on observe en surface et après irrigation un glaçage qui peut être gênant au moment de la germination, et une sédimentation des différents éléments après quelques saisons d'irrigation. Une restructuration de ces sols par des rotations appropriées est indispensable.

Sous submersion continue, ces sols sont perméables et les percolations vont alimenter les nappes phréatiques qui sont peu profondes et qu'il faut drainer.

Dans les hollaldé où les éléments fins prédominent, c'est le tassement qui est à craindre et il faut les aérer par des façons appropriées. On observe aussi des phénomènes de toxicité après quelques campagnes de riziculture continues. Le riz n'utilise qu'une tranche assez superficielle du sol et l'intercalation de cultures utilisant des tranches de sol plus profondes est à recommander. Les sorghos fourragers, certaines variétés de sorgho grain et de maïs donnent des très bons résultats sur hollaldé; par contre le blé vient mal.

Lorsque l'épaisseur de la couche d'argile dépasse 1 m, il n'y a pas percolation et le drainage est inutile; par contre sur les bords des cuvettes où l'on a des faux hollaldé avec des couches d'argile de 50 cm, il y a percolation et le drainage devient nécessaire; c'est pourquoi sur ces sols il est recommandé de ne faire du riz qu'en rotation avec d'autres cultures.

### ii. Travail du sol

Tous les sols de la vallée ont une caractéristique commune: ils deviennent fluides sous eau et durs comme du béton après quelques semaines de dessiccation. La culture en boue est dangereuse avec les boeufs qui s'enlisent; elle peut se pratiquer avec des motoculteurs munis de roues-cages mais elle ne s'impose que pour le repiquage qui ne sera pratiqué que sur des surfaces restreintes.

L'accès des terrains irrigués n'est possible pour les bêtes et les engins qu'après ressuyage. Celui-ci est beaucoup plus rapide sur fondé que sur hollaldé. Pour ces derniers sols les boeufs peuvent pénétrer quatre à cinq jours après la vidange d'un bassin. Les engins à chenille peuvent travailler au bout de dix jours et les engins à roue ne sont efficaces qu'au bout de 20 jours. La période utile de travail n'est que de dix jours pour les boeufs et la surface labourée et préparée ne peut excéder un tiers d'hectare par attelage. Les engins à roue peuvent sans problème travailler le sol pendant 50 jours. Les engins à chenille n'ont pas de limite à leur efficacité, mais les mottes de labour deviennent énormes en sol sec et il faut prévoir une préirrigation pour l'affinage du lit de semences.

Dans l'établissement des plans de culture, il faut prendre le plus grand soin de ménager des périodes de travail du sol "économiques" qui puissent être effectuées avec les unités de traction les moins coûteuses.

### iii. Fertilisation

On connaît encore très mal les sols de la vallée à ce point de vue et il faudra sans doute mettre en pratique des formules très diverses.

Après quelques années d'expérience, il apparaît que l'azote est l'élément fondamental de la fertilisation. Il peut être appliqué à des doses très élevées: 200 U/ha et par culture. Son application en doses fractionnées augmente son efficacité. Une dose moyenne de 100 unités est à recommander pour le moins; les essais actuellement en cours se font avec des doses de 140 U à 180 U. Le sulfate d'ammoniaque et la perlurée sont les engrains les plus employés.

Malgré la déficience des sols en phosphore révélée par les analyses pédologiques, aucune réponse immédiate n'a été enregistrée après apport d'un superphosphate. Le phosphore est immédiatement bloqué et son effet ne se fait sentir qu'à la longue. Administré sous forme de phosphate d'ammoniaque, on constate un effet bénéfique direct sur la productivité. L'application de phosphore est recommandée pour maintenir la fertilité du sol.

Il n'y a pas de déficience en potassium dans les sols et on n'a pu observer aucun effet direct de son application. L'application de potasse n'est à recommander que pour maintenir le potentiel naturel en potassium.

Une formule appliquée avec succès à la station de recherche de Guédé pour les céréales est 140-80-60 (blé).

#### 6.4 LE POTENTIEL VEGETAL

Plusieurs milliers de variétés ont été testées depuis huit ans dans les stations de recherche de Richard-Toll, puis de Guédé, au Sénégal, de Kaédi en Mauritanie et de Samé au Mali. On dispose déjà d'un matériel végétal remarquable dont la qualité ne peut que s'améliorer si l'effort de recherche continue.

Parmi les critères de sélection, viennent d'abord ceux de la précocité et de la productivité. La longueur du cycle végétatif conditionne la possibilité de la double culture et les rendements élevés permettent seuls de rentabiliser les coûteux aménagements hydrauliques. D'autres facteurs sont aussi à prendre en considération: l'indifférence au photopériodisme permet de cultiver en toute saison, l'indifférence aux variations de température de modérer l'allongement du cycle en saison froide et la bonne résistance aux maladies cryptogamiques, la présence de barbes ou de spathes enveloppantes rendent plus aisée la défense des cultures.

##### 6.4.1 Les céréales

###### i. Le riz

La recherche a bénéficié du fait que de très bonnes variétés venaient d'être introduites dans la vallée du Sénégal lorsque les essais ont commencé. On disposait donc de variétés de travail qui facilitaient les comparaisons.

Le Taichung native N° 1 et N° 2 (I KUM PAO) sont des variétés issues de la révolution verte, sélectionnées à Formose et introduites au Sénégal par la mission d'aide technique du Gouvernement de la République de Chine. La variété Tchun Chun Way a été introduite en Mauritanie par la mission d'aide technique du Gouvernement central du peuple de la République populaire de Chine.

Ce sont des variétés assez précoces (100 à 110 jours en hivernage), à haut rendement (5 t/ha par culture en milieu paysan, 10 t/ha en parcelles expérimentales) mais exigeantes au point de vue irrigation; il leur faut des bassins rigoureusement plats et une lame d'eau ne dépassant pas 10 cm. Les rendements sont légèrement supérieurs en contre-saison mais les allongements du cycle végétatif sont trop importants (160-175 jours en contre-saison froide et 130 jours en contre-saison chaude) et compliquent la pratique de la double culture.

On a introduit des variétés plus précoces, plus résistantes au froid, plus productives, et la production de variétés ayant à la fois toutes ces qualités n'est qu'une question de temps.

#### ii. Le blé

L'introduction du blé dans la vallée du Sénégal était une innovation. Sa culture s'est révélée particulièrement adaptée à la saison sèche froide. Des centaines de variétés ont été testées. En expérimentation, on a pu cultiver le Mexipak en grande parcelle avec des rendements de 5 à 6 t/ha pour un cycle de 100 à 105 jours. Les épis sont fortement barbus et offrent une bonne résistance aux attaques des oiseaux.

Parmi les nouvelles variétés introduites provenant du Mexique, du Pakistan, d'Afrique du Nord, du Moyen-Orient, beaucoup se sont montrées supérieures au Mexipak en microculture, des rendements doubles ont même été obtenus. Si ces variétés s'adaptent bien au climat, les plus grands espoirs sont permis. On a aussi introduit des blés durs à haut rendement comme le "Cocorit" et le "Giorgio" et enfin des essais ont été faits sur le Triticale qui est un croisement de seigle et de blé particulièrement rustique.

#### iii. Le maïs

Pendant assez longtemps la variété locale Maka s'est montrée la mieux adaptée au climat et la plus productive (4 t/ha). Il était dangereux de s'orienter vers des hybrides qu'il faut renouveler à grands frais chaque année et on s'est tourné vers les maïs composites dont les grains peuvent être utilisés comme semence plusieurs années de suite. De très bons résultats ont été atteints. Non seulement on est arrivé à des productions de l'ordre de 7 à 8 t/ha <sup>1/</sup> mais on a trouvé des variétés adaptées à chacune des trois saisons et à tous les types de sol.

#### iv. Le sorgho

Le sorgho est la plante la plus cultivée dans la vallée dans des conditions écologiques particulièrement difficiles: culture de décrue dans les sols hollaldé. Aussi on trouve des populations locales qui, en culture irriguée, ont atteint des rendements de 9 t/ha <sup>1/</sup> en saison sèche chaude; quelques variétés conviennent aux cultures d'hivernage mais elles sont moins productives. Plusieurs hybrides américains ont été introduits, ils sont moins productifs que les populations locales mais sont indifférents au photopériodisme et peuvent être cultivés en toute saison. Les perspectives sont donc aussi très encourageantes pour le sorgho, mais le gros défaut de cette plante est le peu de défense naturelle qu'elle offre contre les attaques des oiseaux.

<sup>1/</sup> Rendements obtenus en expérimentation.

6.4.2 Les légumes

Tous les légumes courants peuvent être produits dans la vallée en culture irriguée, et ce en toute saison, en prenant les précautions indispensables contre les maladies. Cependant, la tomate industrielle ne pousse bien qu'en saison sèche, froide ou chaude. Une usine de conserve de tomate existe d'ailleurs dans le delta, alimentée par la production de 300 ha de culture.

Tant que les marchés extérieurs à la région ne seront pas ouverts, ce sont surtout les légumes locaux qui retiendront l'attention.

Parmi eux il faut faire une place toute particulière au niébé (Vigna unguiculata). Cette légumineuse dont il existe de très nombreuses variétés est traditionnellement cultivée avec les cultures de dieri et de oualo. Sous irrigation, elle est extrêmement plastique, peu sensible au photopériodisme, peut fleurir plusieurs fois de suite, peut donc être saisonnière ou pérenne.

C'est une plante à fins multiples, ses grains sont comestibles (1,5 t/ha), ainsi que ses feuilles; ses fanes fournissent un excellent fourrage; fauché il peut donner plusieurs coupes. C'est un très bon précédent cultural pour les céréales et il peut s'employer comme culture dérobée donnant un très bon engrais vert.

Seul le soja pourrait rivaliser avec le niébé, mais jusqu'à présent aucune variété vraiment adaptée aux conditions naturelles n'a pu être trouvée.

6.4.3 Les fourrages

Indispensables tant pour l'équilibrage des assolements que pour le développement de l'élevage, des centaines de variétés ont été testées dont beaucoup avec succès.

i. Les céréales fourragères

Les sorghos fourragers, Sudan grass et autres, donnent des rendements élevés, 70 t/ha en trois mois en saison des pluies; la production fléchit en saison froide. Les essais d'ensilage sont très satisfaisants. Ils sont adaptés à toutes les terres et peuvent rentrer en rotation avec le riz.

Les autres graminées géantes, Pennisetum purpureum surtout, donnent des résultats analogues avec des rendements annuels de 170 t/ha, mais il faut prendre soin d'aérer les sols. Les panicum sont des valeurs sûres ainsi que le maïs. Parmi les fourrages "fins" l'Eleusine a donné de très bons résultats, même pendant la saison froide (42 t/ha).

ii. Les légumineuses

En dehors du niébé, les résultats sont moins probants; les luzernes et les trèfles essayés jusqu'à présent n'ont pu s'adapter au climat. Les pois et les Stylosanthes sont plus prometteurs. Il faut signaler les bons résultats obtenus avec des

mélanges fourragers: Stylosanthes et Cloris gayana, Stylosanthes et Eleusine corocana, Stylosanthes et Melinis minutiflora, Bracharia mutica et Centrosema pubescens, Vigna unguiculata et Sudan grass.

Les fourrages peuvent se cultiver à plat ou sur billon; ils facilitent le contrôle des adventices. Ils sont très sensibles aux apports azotés.

#### 6.4.4 Autres cultures

La canne à sucre est actuellement cultivée sur 5 000 ha à Richard-Toll avec de bons rendements (100 t/ha); les essais menés à Kaédi sont satisfaisants. Le coton a été cultivé pendant plusieurs saisons sans atteindre des résultats de beaucoup supérieurs à ceux obtenus en culture pluviale sous 1 000 mm de précipitation.

L'arachide de bouche et le tabac se trouvent dans des conditions favorables mais ne représentent que des cultures d'appoint pour l'instant. Le tournesol n'est pas adapté aux conditions naturelles. Les cultures fruitières ont été développées avec succès à Kaédi dans un verger expérimental par l'Institut français des agrumes (IFAC).

Enfin, la création de brise-vent est une opération qui ne demande que deux ou trois ans avec des Limiers ou des Prosopis, mais l'avantage que ces arbres apportent dans la protection contre l'harmattan est balancé par le désavantage que présentent leurs racines envahissantes et celui d'offrir des perchoirs pour les oiseaux.

### 6.5 LA DEFENSE DES CULTURES

Si la plupart des espèces productives trouvent des conditions favorables à leur développement, elles rencontrent aussi des ennemis nombreux et variés qui font passer la défense des cultures au premier plan.

#### i. Les adventices

Les sols de la vallée sont infestés de graines dormantes de plantes sauvages qui germent en hivernage avec les premières pluies ou mieux avec les irrigations. En saison sèche il y a beaucoup moins de mauvaises herbes car peu d'espèces sauvages y sont adaptées.

Le contrôle des adventices est particulièrement difficile à obtenir dans les rizières; les herbicides courants sont impuissants contre les cypéracées et les riz sauvages et il faut terminer le désherbage à la main; les rotations sont souvent le seul remède au mal ou la préirrigation qui fait lever les adventices que l'on peut alors détruire facilement. Le contrôle est beaucoup plus facile à obtenir avec les autres céréales et plusieurs dizaines d'herbicides ont été testés.

### ii. Les insectes

Les plus dangereux sont les borers qui s'attaquent au riz, au sorgho et au maïs pendant l'hivernage, mais quelques espèces de chenilles sont aussi dangereuses. Les sauterelles et les cantharides ne produisent pas de dégâts importants mais les invasions de criquet restent toujours possibles. Par l'usage combiné d'herbicides, de rotations et de façons culturales, on arrive à un contrôle suffisant de ces pestes.

### iii. Maladies diverses

L'hivernage est particulièrement propice au développement des maladies cryptogamiques mais elles se manifestent aussi en saison chaude. Les meilleurs remèdes sont le traitement des semences, l'application de fongicides et les rotations culturales.

### iv. Les prédateurs

Il faut rappeler qu'en agriculture traditionnelle le gardiennage est la tâche la plus lourde qui mobilise toute la famille pendant plusieurs semaines. Dans les grands pérимètres irrigués les phacochères et les singes ne seront plus dangereux; les troupeaux errants non plus. Mais il reste les rongeurs et les oiseaux.

Les rats peuvent causer de gros dégâts dans tous les ouvrages en terre, canaux et digues et, en outre, s'attaquer aux cultures surtout à l'époque des semis et aux stocks de grains. La population de rongeurs doit être contrôlée par des appâts empoisonnés, des anticoagulants. Il peut également y avoir des invasions saisonnières de rats contre lesquelles une lutte totale avec les moyens précités doit être engagée.

Les oiseaux sont beaucoup plus difficiles à contrôler. Ils s'attaquent peu aux semis et aux jeunes plants (oiseaux migrateurs, sarcelles attirées par les plans d'eau des rizières) mais dès l'apparition des graines, les attaques s'intensifient. La population locale de gralivores, perroquets, tourterelles, francolins est maîtrisable, mais les passereaux migrateurs, surtout les Quelea quelea, sont des ravageurs contre lesquels la seule arme est le gardiennage constant.

Le problème de la lutte antiaviaire intéresse toute l'Afrique sahélienne et l'Organisation commune de lutte antiacridienne et de lutte antiaviaire (OCLALAV) est un organisme inter-Etats chargé d'organiser la lutte. Des résultats intéressants peuvent être obtenus localement mais une nouvelle invasion est toujours à craindre; les moyens de lutte généralisée sont insuffisants.

Les stations d'essai ont eu particulièrement à souffrir des oiseaux car pendant la saison sèche chaude, après la récolte des sorghos de décrue dans le oualo, tous les oiseaux se rassemblent au-dessus des petits oasis de culture que sont les champs d'essai. Les dégâts peuvent atteindre 100 pour cent. Outre le gardiennage, la meilleure mesure préventive est le choix de variétés à graines protégées ainsi qu'il a été dit antérieurement.

Un plan de culture pour l'ensemble de la vallée pouvait être proposé avec les fourchettes suivantes:

	1/3 hollaldé	1/3 faux hollaldé	1/3 fondé	Total vallée
	.....	.....	%	.....
Céréales	75 à 90	75 à 90	57	69 à 79
Fourrages	25 à 10	25 à 10	17	22 à 12
Autres cultures			26	9 9

On trouvera ci-après la répartition des Unités naturelles d'équipement en fonction du pourcentage de chaque type de sol qu'elles contiennent:

% par	type de	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	Total UNE
	sol										
F		1	15	13	15	11	8	4	4	1	72
FH		4	11	20	15	17	3		2		72
H		6	10	13	19	13	9	2			72

Au stade exploratoire où en étaient les études en 1971, il n'était pas question de faire des plans pour chaque Unité naturelle d'équipement.

## 7.2 CALENDRIERS CULTURAUX

On a établi des calendriers culturaux basés sur les périodes favorables de semis ou de récolte et la durée des cycles végétatifs, par culture et par séquence annuelle de deux cultures. On n'a pas tenu compte de la possibilité de triple culture.

Les périodes optimales de semis s'étaient en général de 15 à 45 jours au début de chacune des trois saisons. Pour certaines plantes comme le niébé, les périodes sont encore plus longues. On doit éviter de récolter lorsque les risques de pluie sont trop grands. La durée du cycle est bien établie pendant l'hivernage; elle peut varier de 25 pour cent pendant les autres saisons. Les recherches ultérieures ont montré que les calendriers étaient assez rigoureux.

Les calendriers pour la double culture posent le problème de l'intercycle pendant lequel on doit effectuer la récolte et la préparation des terres pour la culture suivante. Le choix d'un calendrier cultural en double culture s'est révélé une chose très complexe car il dépend de paramètres souvent antagonistes; aussi il a fallu analyser de très près ce qui se passait pendant les cycles et pendant les intercycles. Une analyse, valable pour la basse vallée, ne l'est plus pour la haute vallée où l'hivernage dure un mois de plus au moins. Une séquence peut se révéler excellente, étudiée isolément, mais dans le contexte d'un périmètre, elle peut ne pas convenir.

On peut résumer ainsi les données concernant la longueur des cycles:

Espèces	Hivernage	Saison sèche	Saison sèche
		froide	chaude
.....jours.....			
Riz	95-105	160-175	125-140
Maïs	75-85	115-120	90-105
Sorgho local	130-140	115-125	95-105
Sorgho étranger	90-100	130	110
Blé		95-105	
Niébé	60	80	60
Fourrages (première coupe)	60	90-120	60-90

Pour les plantes non photosensibles, les rendements sont à peu près les mêmes en toutes saisons. Pour les céréales secondaires, on trouve des variétés adaptées à chaque saison donnant des rendements équivalents.

Les risques culturaux sont plus grands en saison sèche chaude et en hivernage qu'en saison sèche froide.

Le travail aux champs est proportionnel à la durée du cycle.

Les besoins en eau dépendent de l'ETP et de la longueur du cycle. Ils sont en général maximaux pendant la saison sèche chaude mais il vaut mieux répartir les irrigations sur les trois saisons pour diminuer les débits de pompage et donc le coût des stations de pompage et des ouvrages primaires.

Comme on a deux cultures pour trois saisons il y aura toujours un intercycle plus court que l'autre; il faudra réserver les travaux de préparation légers pour l'intercycle court et les travaux de préparation lourds, les préirrigations permettant de détruire les mauvaises herbes, pour les intercycles longs. Les premiers devraient être au moins de 35 jours avec des moyens mécanisés; sans ceux-ci ils doivent être plus longs.

Quand on est arrivé à "caler" les deux cycles d'une séquence annuelle on s'aperçoit qu'il y a d'autres contraintes provenant de la limitation des moyens dont on dispose dans un grand périmètre. Pour des raisons économiques, on doit éviter les pointes d'irrigation, de travaux mécaniques, de transport et de main-d'œuvre.

La seule solution est l'étalement des semis qui ne doit cependant pas nuire à la productivité de la culture car alors tous les débuts ou toutes les fins de cycle étalés seraient désavantageux et cela se traduirait par des diminutions de production et des pertes pour l'exploitant. En jouant sur les dates de début de campagne et sur les variétés non photosensibles, on peut arriver à des étalements de l'ordre de 30 jours.

Pour assurer des débits modulés dans les réseaux secondaires et tertiaires, il faut que l'étalement des semis se concrétise au niveau du quartier d'irrigation qui sera par exemple divisé en trois sous-quartiers dans lesquels les semis seront faits à dix jours d'intervalle. Plusieurs quartiers dépendant d'un même canal entreront de même en rotation. Par exemple avec trois quartiers comprenant chacun trois sous-quartiers on aura le plan de semis suivant:

Quartier	Sous- quartier	Etalement par décade			
		1	11	21	30
Q 1	A, B, C	sq1A	sq1B	sq1C	
Q 2	A, B, C		sq2B	sq2C	
Q 3	A, B, C	sq3A	sq3B	sq3C	

A partir de ce calendrier on pourra facilement établir des tours d'eau qui réduisent les débits transportés.

On aura aussi une bien meilleure utilisation du parc de tracteurs. Si on se place dans la plus mauvaise hypothèse d'un intercycle court de 35 jours, les opérations tractées qui peuvent commencer cinq jours après le début de la récolte représentent en moyenne une journée d'intervention par hectare. Sans étalement, une unité de traction pourrait traiter 25 ha; avec un mois d'étalement elle pourra en traiter 50.

Pour éviter les pointes dans le travail manuel, il faudra que l'exploitant ait trois lots, chacun disposé dans un sous-quartier.

Cette étude sur les calendriers culturaux étalements montre à quel point la pratique de la double culture suppose une discipline collective stricte. Tout le système d'organisation du périmètre doit permettre l'application de cette discipline.

### 7.3 LES ASSOLEMENTS

L'établissement par la SOGREAH des assolements pour le casier pilote et les périmètres a été la première application pratique des études théoriques entreprises par le projet (Exécution du contrat pour les études d'aménagement de trois casiers pilotes de 1 000 ha chacun et de quatre périmètres totalisant 33 000 ha, cf. annexe 1, AM/23, 24, 25, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 37, 38, 39, 40 et 41).

Les données de base recueillies par le sous-traitant étaient beaucoup plus précises que celles dont on disposait en 1971. Le point de départ était l'étude semi-détaillée au 1/20 000 des aptitudes culturales dont on trouve un résumé au tableau 19. Les seules cultures retenues étaient les mieux connues: riz, blé, maïs, grain, sorgho grain, niébé grain, niébé fourrager, sorgho fourrager, tomate, oignon, pomme de terre. Les calendriers culturaux établis pour chaque culture sont résumés au tableau 20. Bien que l'on n'ait pas d'expérience directe de l'effet des assolements, la SOGREAH a proposé des assolements de cinq et quatre ans.

Assolements	Année	Hivernage	Saison sèche
	1	Riz	Riz
Riz-fourrage sur hollaldé	RF	2	Riz
Riz-fourrage sur faux hollaldé	R <sub>C</sub> F	3	Riz
	4	Sorgho F. ou riz	Riz
	5	Riz	Sorgho F.
	1	Riz	Blé
Riz-céréales-fourrages sur	RC	2	Riz
faux hollaldé		3	Maïs ou sorgho
	4	Sorgho F.	Blé
	5	Riz	Sorgho F.
	1	Sorgho	Blé
Polyculture sauf riz sur fondé	P	2	Maïs
		3	Sorgho
		4	Niébé F.
		5	Maïs
	1		Tomate
Polyculture et maraîchage par		2	Mais
aspersion sur limite fondé-dieri	Pm1	3	
		4	Pomme de terre, niébé
			Oignon
	1		Tomate
Polyculture et maraîchage par		2	Mais
aspersion sur limite fondé-dieri	Pm2	3	Mais
		4	Pomme de terre, oignon, niébé

La proportion des différents types d'assolements varie considérablement d'un périmètre à l'autre comme le montrent les chiffres suivants:

Assolements	Périmètres							
	NIANGA		MATAM		BOGHE		SALDE WALA	
	ha nets	%	ha nets	%	ha nets	%	ha nets	%
RF	5 306	52,1	2 720	34,0	2 541	60,0	1 350	38,5
RcF					146	3,0		
RC	2 220	25,8	1 461	18,2	389	9,2	1 330	38,1
P	2 422	20,0	3 815	47,8	900	21,1	820	23,4
Pm	225	2,1			285	6,1		
	10 173	100,0	7 986	100,00	4 261	100,0	3 500	100,0

## 7.4 PLANS DE DEVELOPPEMENT

L'utilisation des plans de culture pour élaborer les plans de développement de la vallée a été faite dans deux perspectives différentes.

i. Etude de préfactibilité du barrage du delta (cf. annexe 1, EC/23)

Dans cette étude, on a évalué le taux de rentabilité de l'agriculture pour un plan de développement de la vallée du Sénégal d'une durée de 50 ans. Comme les calculs étaient faits sans ordinateur, il n'était pas question de tenir compte de chaque Unité naturelle d'équipement (UNE) avec ses plans de culture et ses assolements particuliers. Les étapes intermédiaires du développement importaient peu, puisque en fin de compte on aboutissait au développement global de la vallée dont le plan de culture était connu. On pouvait donc supposer un développement uniforme à partir d'une unité de production type dont le plan de culture serait semblable à celui de la totalité de la vallée (delta compris) qui était le suivant:

Sols	%	Riz-Riz	Blé-Maïs-Sorgho	Fourrages	Autres
			.....%	.....	.....
H	38	83,0		17,0	
FH	31	41,5	41,5	17,0	
F	31		60,0	17,0	23,0

Ce qui donnait pour une unité type de 1 000 ha:

Riz, double culture	450 ha
Blé, simple culture	338 ha
Maïs, simple culture	169 ha
Sorgho, simple culture	169 ha
Fourrage annuel	170 ha
Autres	77 ha

ii. Programme intégré de développement du bassin du Sénégal

Ce travail de synthèse a été réalisé pour le PNUD par le Bureau d'études Norbert Beyrard et sous contrôle de l'OMVS, en étroite collaboration avec le projet. Il a permis, grâce à l'usage d'un ordinateur, d'utiliser la méthode des plans de culture dans l'optique de sa conception, c'est-à-dire évaluer la production agricole de la vallée à n'importe quel stade de son développement.

On a choisi des plans de culture de types différents pour chaque pays afin de satisfaire leurs besoins spécifiques, on a déterminé l'ordre d'aménagement des Unités naturelles d'équipement et leur rythme de développement. Les plans de culture ont été appliqués à chaque UNE selon la proportion des sols qu'elle contenait; le modèle de développement ainsi constitué a alors été étudié pour diverses hypothèses de développement.

Les assolements retenus dans l'étude de synthèse sont les suivants:

Sénégal

		Hivernage		Contre-saison	
			%		
Hollaldé	Riz	87		Riz	87
	Sorgho fourrager	13		Sorgho fourrager	13
Faux hollaldé	Riz	19		Riz	19
	Maïs	18		Blé	55
	Sorgho	42		Niébé	17
	Niébé fourrager	5		Sorgho fourrager	4
	Maïs fourrager	5		Maïs fourrager	5
	Sorgho fourrager	11			
Fondé	Maïs	40		Blé	55
	Sorgho	50		Légumes	8
	Agrumes	5		Agumes	5
	Maïs fourrager	3		Niébé fourrager	20
	Légumes	2		Maïs fourrager	12

La production de canne à sucre est prévue à Richard-Toll (10 000 ha) dans la région 7 S (5 000 ha) et dans la région 8 S (5 000 ha) et sur fondé.

Mauritanie

		Hivernage		Contre-saison	
			%		
Hollaldé	Riz	85		Riz	85
	Sorgho fourrager	15		Sorgho fourrager	15
Faux hollaldé	Maïs	20		Blé	60
	Sorgho	70		Niébé	15
	Niébé fourrager	5		Niébé fourrager	10
	Sorgho fourrager	5		Sorgho fourrager	15
	Maïs	40		Blé	50
	Sorgho	40		Agrumes	5
(dans les zones sans coton)	Agrumes	5		Légumes	15
	Légumes	5		Niébé fourrager	5
	Maïs fourrager	10		Maïs fourrager	25

Période avant l'introduction du coton

Fondé (dans les zones avec coton)	Maïs	45	Blé	60
	Sorgho	45	Niébé fourrager	15
	Maïs fourrager	10	Maïs fourrager	35

Période après l'introduction du coton	Hivernage		Contre-saison	
	.....	% .....	.....	% .....
1 année sur 2				
Fondé	Coton	40	Blé	60
(dans les zones avec coton)	Niébé fourrager (chaque année)	40	Niébé fourrager	40
	Mais en fait le niébé fourrager n'occupera le sol que 5 mois sur 6		Mais en fait le niébé fourrager n'occupera le sol que 5 mois sur 6	
	Mais	20		

Le coton nécessite un assolement biennal avec le niébé fourrager et le blé. Le coton occupera le sol en hivernage sept mois, le niébé fourrager 9 à 10 mois à cheval sur la contre-saison et l'hivernage suivant, et enfin le blé occupera le sol en contre-saison la seconde année.

Le coton est prévu dans les régions 3M et 6M à raison de 4 000 à 5 000 ha dans chaque zone.

En Mauritanie, la canne à sucre est prévue sur faux hollaldé dans la région du Gorgol (3 500 ha).

#### Mali

Les sols ont été répartis en deux catégories que nous assimilerons à du faux hollaldé et du fondé

	Hivernage		Contre-saison	
	.....	% .....	.....	% .....
Faux hollaldé	Riz	70	Riz	30
	Sorgho	10	Blé	50
	Sorgho fourrager	20	Sorgho fourrager	20
Fondé	Mais	25	Blé	50
	Sorgho	45	Niébé	10
	Agrumes	5	Agrumes	5
	Légumes	5	Légumes	5
	Niébé fourrager	10	Niébé fourrager	10
	Mais fourrager	10	Sorgho fourrager	10
			Mais fourrager	10

La canne à sucre est prévue dans la région de Kayes sur 3 750 ha de fondé.

## 7.5 LES BESOINS EN EAU

### i. Données de base

Les études des besoins en eau entreprises dans le cadre du projet PNUD/FAO/RAF/68/114 étant à leur tout début, on s'est servi de la formule de Pennman établie à partir d'observations très réduites. Les coefficients K pour calculer l'évapotranspiration ont été déduits des premières observations de ce projet.

Les chiffres donnés au tableau 21 ont été utilisés dans l'étude des plans de culture culture (cf. annexe 1, AG/8) et par la SOGREAH. Pour l'ensemble de la vallée on a adopté la formule moyenne suivante:

ETP	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
mm/mois	150	160	230	250	260	240	220	170	160	190	160	140	2 330

### ii. Besoins bruts des cultures

A partir de cette formule moyenne on a calculé l'évapotranspiration des plantes avec différents cycles végétatifs.

#### Besoins en eau bruts exprimés en millimètres

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	T
Riz	150	160	230	250	260	240	220	170	160	190	160	140	
Fourrage maraîchage	120	130	185	200	210	190	175	135	130	150	130	110	
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

Pour passer de ces besoins correspondant à un semis à date fixe aux besoins avec semis étalé, on a fait l'hypothèse que l'ETP journalière était constante et que les besoins étaient proportionnels à la surface semée (cf. tableaux 22 et 23).

Notons que pour le riz, en plus de l'ETP, on doit tenir compte de toutes les quantités d'eau nécessaires pour obtenir le remplissage des bassins et leur maintien en eau, sans oublier les possibilités d'assèc. Un exemple de ce calcul est donné dans le tableau 24.

Les besoins bruts des cultures avec semis étalés sont résumés au tableau 25.

### iii. Besoins nets des cultures

Ils sont obtenus en soustrayant de l'évapotranspiration mensuelle les "pluies utiles". On a pris comme point de départ les pluies de l'année sèche décadaire. Pour le riz, la totalité de ces précipitations est considérée comme "utile"; pour les cultures irriguées, seule la moitié des précipitations est considérée comme "utile".

### iv. Besoins en eau d'irrigation

Pour les calculer, on tient compte de l'efficience à la parcelle. La SOGREAH a proposé une efficience de 65 pour cent, ce qui semble raisonnable. De récentes études ont en effet montré que si on ne dépassait pas des doses de  $800 \text{ m}^3/\text{ha}$  tous les huit jours, il n'y avait pas percolation sur les sols de fondé, mais il risque d'y en avoir sur les faux hollaldé s'il y a apparition de fentes de retrait entre deux irrigations.

La SOGREAH a calculé les besoins nets en eau d'irrigation pour les assolements proposés ainsi que les caractéristiques d'irrigation et les besoins de pompage en tenant compte des pertes dans le réseau (15 pour cent) (cf. tableau 26). Il faut signaler qu'après quelques années d'irrigation, les percolations des rizières et du réseau retourneront au fleuve soit par transmission naturelle horizontale, soit par l'intermédiaire des réseaux de drainage et des stations d'exhaure qu'on aura dû créer pour abaisser la nappe phréatique, si bien que le bilan hydrique sera plus favorable qu'il n'apparaît dans le tableau.

v. Derniers résultats de la recherche sur les besoins en eau

Ils ont été connus trop tard pour être utilisés par le projet. Ils ont été calculés au moyen de lysimètres pour le riz, par la méthode de mesure par sonde à neutron des quantité d'eau stockées dans le sol avant irrigation et deux jours après. Ces mesures ont été comparées à celles de l'évaporation mensuelle d'un bac de classe A sur sol nu. Les résultats sont donnés dans les tableaux 27, 28, 29 et 30.

On peut remarquer des variations considérables d'évaporation d'une année à l'autre, mais le rapport entre l'évaporation du bac et l'évapotranspiration des plantes, lui, ne varie pas; donc une méthode de calcul à partir de l'évaporation du bac de classe A est possible.

Les chiffres moyens sont un peu plus élevés que ceux obtenus à partir de la formule de Pennman mais ils ne sont valables que pour des calendriers à date fixe.

Chapitre 8**ELEVAGE**

Les études du projet en matière d'élevage se sont insérées dans un vaste programme organisé par l'OMVS et exécuté par diverses instances.

Les débouchés et la commercialisation ont été étudiées par la Société d'études pour le développement économique et social (SEDES) 1/, la démographie du troupeau et la culture extensive par les experts de l'OMVS et par le Bureau d'études Norbert Beynard. La question des politiques de l'élevage et des modèles de développement a été traitée par ce Bureau d'études en collaboration avec les experts du projet dans son étude de synthèse 2/. Le domaine étudié par le projet a été celui de l'association de l'élevage avec la culture irriguée intensive dans la vallée (cf. annexe 1, EL/1 et EL/2).

#### 8.1 L'ELEVAGE TRADITIONNEL DANS LE BASSIN DU SENEGAL

L'élevage dans le bassin du fleuve Sénegal est essentiellement un élevage transhumant. Les effectifs ont varié considérablement au cours des six dernières années par suite des successions d'années sèches qui ont décimé le bétail. Les statistiques officielles sont peu sûres.

..... Milliers de têtes .....						
	Bovins		Ovins et caprins		Camelins	
	Pays	Bassin	Pays	Bassin	Pays	Bassin
1970 Mali	5 350	500	11 000	80	-	-
1970 Mauritanie	1 970	960	7 000	310	700	300
1970 Sénegal	2 500	800	2 700	1 000	35	30
	<b>2 260</b>		<b>1 390</b>			<b>330</b>

Actuellement les effectifs bovins pour la vallée doivent être estimés à 1 200 000 têtes après l'hécatombe due à la sécheresse.

1/ SEDES. Approvisionnement en viandes de l'Afrique de l'Ouest, 3 parties - Paris 1973.  
 2/ Norbert Beynard France. Synthèse du Programme intégré de développement du bassin du Sénegal - Paris 1974.

8.1.1 Races bovines

On trouve le zébu maure surtout en Mauritanie et au Mali, le zébu gobra au Sénégal, des métis des deux races et parfois des métis de zébu avec une race taurine appelée N'dama, le nom des métis est "N'dama-match".

Les zébus sont remarquablement adaptés au climat sahélien mais sont sensibles à la trypanosomiase ce qui limite leur transhumance vers le sud. Les métis N'dama-match sont trypanotolérants.

Le zébu a une conformation d'animal de marche avec une poitrine étroite et profonde, des sabots petits. Ce n'est pas un animal sélectionné pour le trait et si l'on veut utiliser pour la culture attelée il faut à peu près deux ans pour développer la musculature adéquate. De taille moyenne (1,40 m), son poids varie considérablement selon l'âge et le mode d'élevage.

	Troupeaux transhumants				Station de recherche	
	Tout venant		Amélioré		M	F
	M	F	M	F		
	..... kg .....					
Naissance	20	20	20	20	26	22
6 mois					123	130
1 an	105	100	145	115	258	156
2 ans	180	100	270	205	391	254
3 ans	250	220	400	300	450	300
4 ans	310	260	400	325	500	350
5 ans	330	280	400	325	500	350

Les zébus locaux ont une bonne croissance dès qu'ils sont placés dans de bonnes conditions.

La production laitière est très faible: 300 l par lactation pour le zébu gobra, 500 l pour le zébu maure. En station expérimentale on arrive à 1 000 et 1 500 l. Par croisement avec le zébu pakistanaise on arrive à 2 000 à 3 000 l.

8.1.2 Races bovines et caprines

Il existe trois races de moutons:

Le mouton peul peul, petit, trapu, robe brune sans laine; le mouton maure de grande taille, robe blanche et noire sans laine, et le toubabbir de grande taille, blanc avec des cornes recourbées.

Les chèvres sont petites, agiles, très bien adaptées aux conditions du sahel, médiocres laitières.

8.1.3 Mode d'élevage

Le troupeau pastoral bovin appartenant aux peuls et aux Maures se compose d'unités de production de 30 à 100 têtes qui accaparent les soins de la famille. La famille vit du troupeau, le lait est consommé ou vendu sous forme de lait caillé et ce, au détriment de l'alimentation des veaux. Pour subsister, les mâles sont vendus assez jeunes et la composition du troupeau est la suivante:

		%
<u>Femelles</u>	vaches	38
70,5 %	génisses 2-3 ans	23
	velles	9,5
<u>Mâles</u>	mâles adultes	6
29,5 %	taurillons	14
	veaux	9

Le taux d'exploitation du troupeau est de 8 à 12 pour cent. Avec ce dernier chiffre la répartition est la suivante:

	Effectif abattu % du total	Poids de la carcasse	
		kg	% du poids vif
Vaches de réforme	4,2	100	33
Vaches stériles	0,8	140	45
Mâles adultes	4,1	170	45
Taurillons	2,9	70	50

Le troupeau du village est tout différent; il est composé de bêtes appartenant aux cultivateurs d'un village qui confient la garde du troupeau à un berger peul rétribué. Ce n'est pas une unité de production mais un groupement disparate dont la gestion est assez négligée du fait que pour le paysan l'achat d'une bête représente un placement d'épargne et que s'il y a vente c'est pour des raisons tout autres que zootechniques.

Certains commerçants ou fonctionnaires peuvent aussi avoir des bêtes confiées à des bergers ou à des fermiers. C'est dans ce type de troupeau que les considérations d'ostentation sont manifestes; il peut comporter un grand nombre de mâles âgés.

Il faut enfin signaler l'existence de "bêtes de case", peu nombreuses qui restent au village et sont nourries avec les sous-produits de l'agriculture.

L'élevage des ovins et des caprins est pratiqué par les ethnies pastorales, peuls et maures. Les deux élevages font l'objet d'une conduite spéciale, difficile, plus astreignante que l'élevage bovin.

Il existe également des ovins et des caprins "de case". En dehors de ces animaux de case tous les troupeaux trouvent leur nourriture sur les pâturages naturels.

Pendant la saison des pluies, le ouale ou vallée est inondé, les pâturages se développent sur le dieri (plateau non inondé) au gré des pluies. La savane herbacée ou la forêt parc des zones où la pluviométrie se situe entre 500 et 1 000 mm fournit une nourriture à peu près régulière. Mais au-dessous de 500 mm dans le sahel à épineux, la pousse de l'herbe est liée aux aléas de la pluie.

La prairie naturelle est composée de très nombreuses espèces à graine dormante. Selon la date de la pluie c'est telle ou telle graine qui peut germer; un duvet herbacé éphémère apparaît qui ne peut subsister que si d'autres pluies adviennent en temps voulu. En année sèche on aura des pâturages dispersés et rares, en année humide on aura un tapis continu de pâturages dont la majeure partie ne sera pas consommée et sûrement sera ravagée par les feux de brousse. Les troupeaux évoluent dans une bande de 150 km de part et d'autre du fleuve.

Lorsque les ressources fourragères ou les ressources en eau du dieri sont épuisées, le troupeau transhume vers le oualo à la recherche de points d'eau permanents. Les prairies de décrue, les fanes des cultures et les feuilles d'arbres lui permettent de subsister mais très mal. La période de soudure, à partir d'avril, en attendant les premières pluies, peut avoir des effets déplorables. La sous-alimentation entraîne des pertes de poids qui peuvent atteindre 30 pour cent; il y a même perte d'eau de constitution. De ce fait, les bêtes sont sans résistance devant les maladies; la mortalité est surtout élevée chez les jeunes de moins d'un an. Mais dès la poussée des premières herbes, le zébu est capable de récupérer son poids et en trois mois un adulte peut reprendre 90 kg.

Les variations climatiques de longue durée, aggravent ce déséquilibre annuel et les hécatombes de 1968 et de 1973 rappellent, s'il en était besoin, qu'avec une telle dépendance écologique il ne peut y avoir de troupeau à effectif constant et encore moins à croissance régulière sur une longue période. Les pertes dans la région du fleuve sont évaluées à 40 pour cent après la sécheresse de 1973.

#### 8.1.4 La commercialisation et la consommation

Au niveau du village on consomme les bêtes de case, surtout caprins, et il n'y a pas de commerce proprement dit. L'approvisionnement des centres urbains se fait par des intermédiaires appelés "dioulas" qui, en plus de leur activité commerciale, jouent un peu le rôle de banquiers auprès des éleveurs et qui par ailleurs convoient les troupeaux de bêtes achetées. Cet acheminement se fait sans pertes pendant la saison des pluies, mais en période de soudure elles peuvent être importantes.

Dans les grands centres il y a des chevillards qui font occasionnellement de l'embouche.

Il n'y a que deux abattoirs modernes dans la région: à Kaédi en Mauritanie (capacité 3 000 t/an) et Dakar (capacité 60 000 t/an). Les marges commerciales varient selon les saisons, elles peuvent ne pas être trop défavorables pour l'éleveur.

Les structures de la consommation varient selon les pays et les régimes.

#### Consommation par capita (kg/an)

	Mali (Kayes)		Mauritanie		Sénégal	
	Ville	Campagne	Ville	Campagne	Ville	Campagne
Bovins	37	8,0	21,9	9,8	20,3	11,2
Petits ruminants	1,7	9,9	3,9	17,2	6,3	5,4
Autres viandes	—	0,8	—	9,4	0,2	2,2
	38,7	18,7	35,8	36,4	26,8	18,8

Le Mali et la Mauritanie sont exportateurs de viande, le Sénégal importateur. La presque totalité des importations du Sénégal vient de Mauritanie mais celle-ci exporte aussi dans d'autres pays de l'Afrique de l'Ouest. Exprimée en millions de tonnes, la balance dans les trois pays est la suivante:

	Mali			Mauritanie			Sénégal		
	Prod.	Cons..	Exp.	Prod.	Cons.	Exp.	Prod.	Cons.	Imp.
Bovins	84	49	35	30	12	18	32	51	19
Petits ruminants	48	48		31	18	13	11	19	8
Autres	3			13	12	1	1	1	

On peut estimer que le bassin du Sénégal fournit plus de la moitié de la consommation de la Mauritanie et du Sénégal.

## 8.2 PERSPECTIVES D'AVENIR POUR L'ELEVAGE

Certaines améliorations peuvent être apportées à l'élevage pastoral mais c'est l'utilisation des ressources fourragères des périphéries irriguées qui permettra le développement de l'élevage.

### 8.2.1 Amélioration de l'élevage traditionnel

L'action sanitaire commencée depuis de longues années doit être poursuivie et amplifiée. On est pratiquement arrivé à stopper les grandes endémies mais il reste beaucoup à faire pour la lutte contre le parasitisme.

La création de points d'eau dans le dieri est une arme à double tranchant. Elle permet de maintenir le troupeau dans les pâturages de dieri bien au-delà de la saison des pluies, supprimant en partie la transhumance dans le oualo, mais elle entraîne le surpâturage dans un rayon de 15 km autour des puits. Ce surpâturage nuit non seulement à la strate herbacée mais aussi à la strate forestière; les feuillages sont mangés et la régénération est compromise. Enfin la concentration d'un nombre important d'animaux souvent en mauvaise condition physique est un danger au plan sanitaire.

Un remède peut être trouvé à ces inconvénients en multipliant les forages profonds dans la nappe du maestrichtien. Mais ce type de forage est onéreux et la maintenance des pompes en plein sahel pose de très sérieux problèmes.

Les feux de brousse sont une calamité due en partie aux berger. La création et l'entretien de pare-feu est la seule technique à proposer contre ce fléau.

On pourrait aussi améliorer la gestion des troupeaux et des pâturages. La ségrégation des bêtes par classe d'âge, une action systématique de réforme et de vente de jeunes mâles, permettraient certainement de décharger les pâtures de bouches inutiles.

Dans la mesure où les points d'eau seront multipliés on peut envisager d'appliquer des techniques de ranching avec une rotation des pâtures. La constitution de réserves de foin à partir des pâtures non utilisées en saison des pluies est une idée séduisante mais qui se heurte à une foule d'obstacles qui rendent son application difficile.

- i. Pour que le foin soit de meilleure qualité que celui qui est sur pied il faut que la coupe et la fenaison soient faites en temps opportun. Cette époque se situe pendant la saison des pluies. Si la pluviosité est faible, la fenaison est facile mais les ressources en fourrage sont dispersées et de faible qualité. Si la pluviosité est forte les ressources en fourrage sont denses mais la fenaison et la conservation du foin sont difficiles.
- ii. A supposer que les unités de fauche existent on peut se demander qui pourra les utiliser, la totalité de la population nomade est employée à cette époque aux soins du troupeau ou aux cultures de mil sous pluie. Qui aura en charge le matériel qui ne servira qu'une dizaine de jours par an ?
- iii. Enfin, comment serait stocké ce foin ? S'il ne l'est pas près des points d'eau il sera inaccessible pendant la période de soudure. Mais le stockage pose des problèmes de transport, de gardiennage.

Il est peu vraisemblable que tous ces problèmes trouvent leur solution au niveau du petit groupe familial qui s'occupe d'un troupeau. C'est au niveau de coopératives d'éleveurs ou du Service de l'élevage qu'une organisation efficace pourrait être créée en liaison avec la multiplication des points d'eau et la rotation des pâturages. La rentabilité d'une telle opération reste douteuse car elle ne supprime pas l'aléa climatique.

Car tel est le fond du problème de l'élevage pastoral: il suffirait de deux années sèches consécutives pour que l'effet combiné de toutes les actions décrites soit réduit à néant.

#### 8.2.2 Utilisation des ressources fourragères des périmetres irrigués

L'aménagement hydro-agricole de la vallée du Sénégal supprimera les aléas climatiques pour ce qui concerne la production fourragère. Les rendements obtenus depuis six ans dans les principales cultures fourragères sont très élevés et l'on peut pratiquer la double ou triple culture chaque année. Les autres productions: céréales, canne à sucre, légumes, fournissent des pailles, des fanes et des issues. Les chiffres retenus sont les suivants:

	Rendement par semestre (t/ha)	UF/kg	UF/ha
Sorgho fourrager	90 - 100	0,13	11 700 - 13 000
Maïs fourrager	65 - 75	0,22	14 300 16 500
Niébé fourrager	60 - 66	0,20	12 000 13 200
Paille de blé	5 - 5	0,4	2 000
Paille de riz	5 - 5	0,35	1 750
Tiges de sorgho	4 - 4	0,25	1 000
Tiges de maïs	3 - 3	0,25	750
Fane niébé grain	4 - 4	0,7	2 800

1974

• Dépenses d'exploitation	16
• Unités fourragères:	
50 % d'ensilage (6 FCFA/UF)	
50 % de concentrés (12 FCFA/UF)	99
• Achat des animaux (14 700 têtes à 25 000 FCFA l'une)	<u>368</u> 483
• Vente des animaux (14 700 têtes à 41 000 FCFA l'une)	<u>(603)</u> 120

Le changement du prix de la viande et une meilleure utilisation des sous-produits de la culture irriguée augmentent substantiellement les bénéfices.

La multiplication de tels centres d'embouche est limitée. D'après les projections de consommation, dix centres d'une capacité permanente de 42 000 têtes suffiraient pour couvrir les besoins en 1990 et 30 centres en 2010. Les établissements seraient loin d'épuiser les ressources fourragères de la vallée. A supposer que la proportion de fourrage dans le plan de culture soit de 35 pour cent en moyenne, la répartition de la production fourragère serait la suivante:

	1990	2010
Surfaces cultivées en fourrage (ha)	13 800	36 900
Production de fourrage (millions d'UF)	358	959
Consommation des centres d'embouche (millions d'UF)	55	165
Disponible fourrager	303	784

A cet énorme disponible fourrager s'ajoutent les pailles, les fanes et les issues des autres productions que l'on peut estimer à 3 000 UF/ha/an d'aliments grossiers et 6 000 UF de concentrés ha/an dont l'ensemble représente 80 pour cent des ressources fourragères. Le total disponible atteindrait donc 545 millions d'UF en 1990 et 1 428 millions d'UF en 2010. Les besoins annuels sont en moyenne de 1 800 UF/an/bovins. Ce disponible servira à assurer les soudures et à nourrir la partie sédentaire du troupeau.

Pour les vivres de soudure on ne peut guère envisager autre chose que les pailles, la fane et un peu de complément concentré. Les enlisages seraient réservés aux troupeaux sédentaires dont la composition variera avec le temps: bêtes de trait, vaches laitières, bêtes d'embouche lente (six mois pour 100 kg) et bêtes en réélevage. En effet, si l'on veut améliorer la qualité du bétail d'embouche il est nécessaire de donner une nourriture équilibrée aux veaux après sevrage. Cela n'est pas possible en transhumance, aussi faudra-t-il pratiquer le réélevage dans la vallée.

Dans cette perspective, le troupeau transhumant serait un troupeau de naisseurs et d'élevage de génisses. Le troupeau serait maintenu à un effectif constant de 1,5 million de têtes pour la Mauritanie et 900 000 têtes pour le Sénégal: le troupeau sédentaire pourrait compter 400 000 têtes en 1990 et 1 100 000 en 2010.

Ces hypothèses optimistes supposent que le prix de la viande soit supérieur à 140 FCFA/kg, que tout le surplus soit exportable car la production sera très rapidement excédentaire, les besoins locaux étant couverts par les abattages de vaches de réforme et de boeufs à embouche lente.

La production de viande couvrira dès le début les besoins régionaux et très rapidement les besoins nationaux..

Tonnes de viande (en carcasse)

<u>Années</u>	<u>Mali</u>		<u>Mauritanie</u>		<u>Sénégal</u>	
	Production	Balance	Production	Balance	Production	Balance
1980	10 880	+ 7 474	29 900	+ 22 880	37 700	+ 4 475
1990	30 600	+ 21 413	71 100	+ 65 155	91 900	+ 45 818
2000	36 700	+ 16 646	97 800	+ 83 661	119 800	+ 53 679
2005	33 300	+ 2 474	112 600	+ 96 439	139 200	+ 61 377

La production de lait couvrira au-delà des besoins régionaux mais pas les besoins nationaux.

Les investissements propres à l'élevage d'embouche sont très faibles: 14 milliards de FCFA pour les trois pays en 40 ans. Le cash-flow dégagé est très important, la valeur ajoutée créée par l'élevage est de l'ordre de :

- 12 milliards de FCFA en 1985
- 25 milliards de FCFA en 2005
- 45 milliards de FCFA en 2008

Le taux de rentabilité interne est très élevé: 32,5 pour cent pour l'ensemble des spéculations. Mais ce mode de calcul laisse de côté une grosse part des frais de la production fourragère; aussi il serait plus exact de parler de rentabilité de l'ensemble agriculture-élevage qui s'élève à 26,8 pour cent pour les trois pays au lieu de 21,3 pour cent pour l'agriculture seule.

Chapitre 9

## PECHE

L'étude des problèmes piscicoles a été confiée en sous-traitance au Centre technique forestier tropical (cf. annexe 1, PEC/2).

## 9.1 SITUATION ACTUELLE DE LA PECHE

Les activités halieutiques sont actuellement fortement tributaires de deux facteurs:

- i. le régime du fleuve, lui-même commandé par les crues annuelles (juillet à novembre) et qui se signale par une extrême irrégularité dans le temps et une diminution d'intensité d'amont en aval; aux crues succède une période prolongée d'étiage. Dans l'année les débits peuvent varier de 10 000 m<sup>3</sup>/s (à Bakel) au zéro absolu (en mai).
- ii. la topographie, au relief plus accusé dans le haut bassin. La pente du fleuve qui est de 1 m au kilomètre à sa sortie du Fouta Djalon, se réduit ensuite fortement (0,5 m/km à Bakel, 0,005 m/km dans le bas delta).

Les plaines inondables, rares dans le haut bassin, sont surtout situées entre Bakel et Saint-Louis; elles servent de frayères aux poissons d'eau douce.

Au moment de la décrue, une certaine quantité de poissons sont piégés dans les mares et les marigots coupés du Sénégal par l'exondation de seuils sablo-limoneux, mais l'essentiel de la population se retrouve dans le lit mineur limité à l'aval par la pointe extrême de la remontée de l'eau salée pendant l'étiage.

Au point de vue piscicole cette remontée de l'eau salée est très importante car elle entraîne l'apparition d'une faune piscicole d'eau saumâtre différente de celle d'eau douce, tandis que les poissons d'eau douce migrent d'aval en amont.

Au moment de la crue, la langue salée est chassée, les poissons d'eau saumâtre sont refoulés en mer et la faune d'eau douce envahit le delta.

## 9.2 CARACTERISTIQUES DES EAUX DU FLEUVE

- i. la température est minimale en janvier (20°C) et maximale en août (30°C).
- ii. la composition chimique pendant la crue, uniforme, est caractérisée par une carence en souffre et en chlore. Pendant l'étiage, elle varie fortement entre la vallée et le delta par suite de la présence du sel. D'une manière générale, les eaux du Sénégal contiennent peu d'éléments nutritifs.
- iii. en ce qui concerne la faune et flore, aucune donnée précise n'existe sur la population planctonique du fleuve; par contre, les associations de végétaux qui jouent un rôle dans la biologie des poissons sont assez bien connues: herbiers à nénuphar, bougrou à Echinocloa, Typhaei, Acacia nilotica.

Au point de vue faunistique, on a deux grandes catégories de poissons:

- i. les poissons d'eau douce, espèces dulcaquicoles. On compte 70 espèces appartenant à 22 familles; leur saison de reproduction ne dure que de un à trois mois par an (en été) et ils ne se reproduisent pas partout. La croissance semble favorisée par l'étendue des inondations qui mettent à la disposition des poissons de nombreux éléments nutritifs. Au moment de la crue, cette population est abondante jusque dans l'embouchure; à la décrue une lente migration les mènera jusqu'aux premiers seuils, à Diouldé-Diabé.
- ii. les poissons d'eau saumâtre, espèces euryhalines. On dénombre 26 espèces appartenant à 14 familles. Leur cycle biologique et migratoire n'est pas entièrement connu. Certaines espèces se reproduisent en eau saumâtre pendant l'étiage, d'autres se reproduisent en mer. Au moment de la crue, elles peuvent se trouver au large de l'embouchure ou sur le plateau continental, puis elles remontent le bas fleuve à mesure que la salure augmente. Elles semblent affectionner les eaux d'une salinité moyenne et en général ne remontent pas au-delà de Débi (50 km de l'embouchure).

## 9.3 ORGANISATION DE LA PECHE

La pêche dans la vallée et le delta du fleuve Sénégal a atteint un haut degré d'organisation et de technicité, sauf dans le haut bassin où les populations riveraines, clairsemées ne pêchent que pour leurs besoins.

Les pêcheurs professionnels sont presque exclusivement des patrons-pêcheurs qui pêchent à la senne de rivage. Il y a entre Rosso et Matam 300 patrons-pêcheurs travaillant avec 10 à 30 équipiers chacun. L'ensemble compte 6 500 membres. Les prises sont importantes et presque tout est commercialisé. Ces pêcheurs migrent avec le poisson. Ils sont groupés en coopératives et obéissent à des règles assez strictes.

Les professionnels individuels pêchent à l'aide d'araignées, de dalinkés et d'éperviers, et ils approvisionnent une localité. Ils ne migrent pas.

Les pêcheurs semi-professionnels exercent une autre activité et pêchent avec les mêmes instruments que les professionnels individuels. La production est autoconsommée.

On compte environ 10 500 pêcheurs dont 90 pour cent sont des professionnels; ils se répartissent ainsi:

Mauritanie	2 200
Sénégal	8 300
dont bas delta	3 400 (St-Louis)
lac de Guiers	300
haut delta et vallée	4 600

Les pêcheurs utilisent deux sortes de pirogues:

- la pirogue saint-louisienne à fond et bordage de planches de caïlcédrat de 35 mm, propulsée par un moteur hors-bord de 20 à 25 ch. Elle n'est en usage que dans le bas fleuve.
- la pirogue casamançaise, d'une seule pièce, en fromager ou caïlcédrat; on la trouve partout ailleurs.

Le défaut de ces embarcations est leur faible capacité de stockage pour le poisson et la glace.

Les campagnes de pêche se déroulent de manière fort différente selon qu'il s'agit du bas fleuve, de la vallée, des marigots et des mares: le lit mineur n'est exploité que durant l'étiage, les hauts débits entravent l'usage de la senne. La campagne de crue se fait dans la plaine inondée surtout dans les marigots. Dans le bas delta, la campagne ne dure que six mois.

On constate un savoir-faire et une connaissance des moeurs des poissons étonnantes. Cependant bien des abus se produisent surtout en période de sécheresse où il y a surexploitation.

#### 9.4 ASPECTS ECONOMIQUES

Il est extrêmement difficile de donner des chiffres exacts sur la production en l'absence de toute donnée statistique. On estime la production moyenne annuelle à 30 000 t avec des extrêmes de 22 000 à 38 000 t. La répartition de la production moyenne par pays est la suivante:

Zones	Sénégal	Mauritanie	Totaux
..... t.....			
Bas delta	4 000	-	4 000
Haut delta	5 000	2 500	7 500
Tawey-Guiers	2 500	-	2 500
Vallée	10 600	5 400	16 000
Totaux	22 100	7 900	30 000
Arrondi à	22 000	8 000	30 000

La presque totalité est vendue à l'état frais.

Des estimations de la valeur monétaire de la production ont été avancées sur la base du prix moyen de 1966/68. Avec la flambée actuelle des prix on peut estimer le prix du poisson d'eau saumâtre à 60 FCFA/kg, ce qui donne une valeur de la production piscicole de:

<u>Zone</u>	<u>Prix</u> (FCFA/t)	<u>Tonnage</u>	<u>Total</u> (FCFA)
Bas delta	60 000	4 000	240 000 000
Haut delta	50 000	7 500	375 000 000
Lac de Guiers	40 000	2 500	100 000 000
Vallée	50 000	16 000	800 000 000
<b>Total</b>			<b>1 515 000 000</b>

Cette somme laisserait un revenu monétaire annuel brut de 143 000 FCFA par pêcheur.

L'amortissement annuel des pirogues, des filets et des moteurs, estimé à 30 000 FCFA il y a deux ans, doit être de 50 000 FCFA à l'heure actuelle. Le revenu net serait de 93 000 FCFA par personne.

## 9.5 INFLUENCE DES AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLLES SUR LA PECHE

Les aménagements prévus auront pour résultat un bouleversement profond des conditions naturelles décrites ci-dessus.

### i. Haut bassin

L'aménagement de grands réservoirs crée un potentiel élevé de production halieutique. On estime que la surface utile d'une retenue est celle dont la profondeur ne dépasse pas 10 m. Pour Manantali, la surface moyenne répondant à ce critère, selon les différentes cotes de remplissage, est de 100 km<sup>2</sup>. La production estimée est de 50 t/km<sup>2</sup> de surface utile, soit un total de 5 000 t.

L'exploitation de cette potentialité exige une organisation complexe et coûteuse:

- déboisement des pentes du réservoir pour permettre un usage ultérieur des filets.
- formation des riverains à l'art de la pêche ou immigration de groupes de pêcheurs.
- constitution et entretien d'une flottille de pirogues.
- importation et entretien d'instruments de pêche.
- conditionnement et expédition des captures; des installations de pêcherie seront nécessaires.

L'ensemble des investissements, infrastructures socio-économiques et outils de pêche, sera élevé. Il aura lieu dans une dizaine d'années; en tablant sur les coûts actuels, il faudrait compter 50 000 FCFA par tonne soit un total de 250 000 000 FCFA.

Le revenu individuel (3 t de prise annuelle) serait de 150 000 FCFA, l'amortissement étant de l'ordre de 30 000 à 40 000 FCFA.

ii. Vallée

Dans la haute vallée, le débit régularisé avec des eaux débarrassées d'une partie de leur turbidité ne pourrait qu'améliorer la petite production annuelle. Dans les moyenne et basse vallées il y aura diminution des surfaces inondées (réduction de la crue, et augmentation des surfaces endiguées).

En se basant sur le degré d'hydromorphie des sols (effet de la fréquence et de la durée de l'inondation) on peut, selon les crues, estimer comme suit les superficies inondées:

	<u>ha</u>
crue très faible	60 000
crue faible à moyenne	275 000
crue moyenne à forte	500 000
crue très forte	745 000

A la fin de l'aménagement (an 2015) les surfaces endiguées représenteront 505 000 ha. La surface d'épandage des crues serait ramenée à 240 000 ha. En même temps qu'une diminution de la surface d'épandage, les endiguements provoqueront en amont un exhaussement du plan d'eau qui pourra dépasser 1 m si les deux rives sont endiguées. Le résultat de ces deux phénomènes n'est pas connu avec précision; sans exhaussement la répartition des sols non endigués est de:

	<u>ha</u>
crue très faible	30 000
crue moyenne	130 000
crue forte	180 000

Avec l'exhaussement on peut estimer que les superficies inondées varieront entre 50 000 et 150 000 ha, soit une diminution de 50 pour cent par rapport à l'état présent.

Si l'on admet que la production de poissons est proportionnelle à la surface inondée, la production de la vallée passerait de 16 000 à 8 000 t.

En cas de régularisation totale, il n'y aura pratiquement plus d'inondation. Il sera cependant possible de favoriser l'introduction d'espèces moins dépendantes de l'inondation; on se trouverait alors dans les conditions d'exploitation d'un réservoir.

Deux autres effets importants sont à signaler: l'écrêttement des seuils de crue dans la moyenne vallée et le maintien d'un débit non négligeable; cela augmentera la vitesse du courant, circonstance peu favorable à l'emploi de la senne.

Mais la grande inconnue est l'effet de la pollution due à une agriculture intensive et à l'industrialisation.

On peut estimer les restitutions d'eau par drainage ou par écoulement latéral de la nappe phréatique à 25 pour cent du volume d'eau d'irrigation. Si l'eau de restitution contient des engrais en dissolution l'effet ne peut être que bénéfique, vu la pauvreté minérale des eaux du fleuve. Par contre, si l'eau contient des pesticides, l'effet peut être catastrophique. Un strict contrôle devra donc être établi.

### iii. Delta

L'écologie du delta sera modifiée par la construction du barrage de Diama. Comme ce barrage fonctionnera en même temps que celui de Manantali, il y aura toujours des débits résiduels à évacuer avant saturation des possibilités du barrage de Manantali.

En aval, le débit résiduel d'eau douce créera une zone d'eau saumâtre; l'étendue de cette zone est inconnue, un autre phénomène, l'effet du chenal d'accès au port de Saint-Louis devant se produire en aval. Pendant la période d'étiage, l'apport d'eau douce à Diama sera faible en comparaison de l'apport d'eau salée par les marées et vraisemblablement l'embouchure actuelle du Sénégal ne fonctionnera plus hors des périodes de crue. On aura donc la création d'une grande lagune communiquant avec le fleuve et avec la mer.

Les poissons d'eau saumâtre qui affectionnent les gradients peu élevés de salure verront leur aire d'expansion réduite et pour certaines espèces les lieux de reproduction n'existeront plus. Il y aura très certainement diminution des apports d'ethmaloses, mais peut-être compensée par les apports de poissons de lagune. Dans ce cas les pertes seraient minimes.

Les dommages seraient plus importants si le barrage fonctionnait fermé, ce qui est peu recommandable, car la zone d'eau saumâtre n'existerait que pendant deux à trois mois de crue.

En amont du barrage un plan d'eau douce permanent occupera le lit mineur dans la zone naturelle du bas delta. Les zones d'inondation rive droite seront sauvegardées. Les effets favorables l'emporteront sur les effets défavorables et on peut compter sur une augmentation de la production.

L'exploitation des plans d'eau adjacents peut être améliorée par la présence du barrage du delta.

Le lac de Guiers bien aménagé pourrait produire 2 000 t, l'Aftout-es-Sahel 1 000 à 5 000 t et le lac R'Kiz 1 700 t. Mais comme ces retenues ont d'autres rôles à jouer, il n'est pas dit que la pêche y sera favorisée, d'autant que le lancement de la pêche dans l'Aftout-es-Sahel devrait s'accompagner d'un investissement analogue à celui décrit pour Manantali.

En ce qui concerne la production, le bilan de tous ces changements serait le suivant (première étape de la régularisation) :

	Avant aménagement	Après aménagement	Balance
		t	
Haut bassin	0	5 000	+ 5 000
Vallée	16 000	8 000	- 8 000
Haut delta	7 500	10 000	+ 2 500
Bas delta	4 000	3 000	- 1 000
Lac de Guiers	2 250	2 700	+ 450
Aftout-es-Sahel	0	5 000	+ 5 000
Lac R'Kiz	250	1 700	+ 1 450
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	30 000	35 400	+ 5 400

Certaines productions étant très aléatoires (lac R'Kiz ou Aftout-es-Sahel) il est à prévoir que le volume global de production sera peu modifié mais que les lieux de production changeront, d'où des problèmes d'ordre socio-économiques (étant donné notamment le goût des populations locales pour le poisson frais).

Par ailleurs, la densité de population triplera. A moins de changement des régimes alimentaires, la consommation sera de 55 à 75 kg/an/hab, soit 66 000 à 90 000 t/an pour 1 200 000 individus.

Le déficit ne peut être comblé que par la pisciculture artificielle qui pourra exploiter environ 15 000 ha de bas-fonds impropre à l'aménagement agricole dans les unités naturelles d'équipement. Les rendements à atteindre pour combler ce déficit devront être de l'ordre de 2 t/ha/an soit 20 fois plus que le rendement du lac de Guiers; ce sont là des performances très difficiles à atteindre. D'autre part, l'aménagement des marigots et des mers hors endiguement serait une opération peu rentable: rendements très faibles de l'ordre de 100 à 200 kg/ha/an.

Par conséquent, il faudra sans doute faire appel à des importations ou changer les régimes alimentaires.

## Chapitre 10

### LES FORETS

L'étude des problèmes forestiers, faite par un consultant, M. Benda et par l'expert forestier du projet, M. R.L. Perraudin, a été complétée en collaboration avec le Bureau Beyrard pendant l'élaboration du rapport de synthèse.

#### 10.1 SITUATION ACTUELLE DES FORETS DANS LE BASSIN DU SENEGAL

Le bassin du fleuve Sénégal à isohyètes très variables est caractérisé par différentes zones climatiques. On distingue trois régions:

##### i. La région foutadienne

Primitivement couverte par une forêt dense guinéenne de type montagnard, sa limite inférieure se situe à 900 m. Il ne subsiste que des lambeaux de cette forêt où dominent de grands arbres: Parinarium excelsa (Sougué) associés à Cerapa procera (Kobi) avec un étage moyen de Parkia bicolor, Bosquiea angolensis, Aprosensalisia chevalieri et une strate inférieure d'arbustes. Cette forêt presque complètement disparue du fait de défrichements anciens et récents a été remplacée par une savane herbacée parsemée de petits arbres et arbustes. En cas de culture prolongée la savane ne peut plus s'installer, d'où une érosion intense dans les zones défrichées et importante dans les zones à savane, un sol sans aucun pouvoir absorbant, un régime torrentiel dans les rivières et des crues violentes en aval.

##### ii. La région soudanienne

Elle se situe au nord de la région précédente (1 250 mm à 700 mm de pluie) depuis la cote 900 jusqu'à la cote 30 vers Bakel, Sélibaby. Elle occupe la majeure partie du haut bassin et tous les affluents du Sénégal la traversent.

C'est le domaine de la savane boisée, de la forêt-parc avec des formations végétales de densité et de composition assez variables selon les sols, les expositions et les pentes.

L'espèce arbusive dominante est le Combretum glutinosum résistant bien au feu accompagnée parfois d'arbres plus élevés: Porkia biglobosa (Néré) Tamarindus indica (tamarinier), Pterocarpus erinaceus (vène), Sterculia setigera (M'Bep), Bombax costatum (kapokier), Daniella oliverii (Pantam) et plus rarement Khaya senegalensis (caïlcédrat).

Une strate herbacée de graminées à haute tige (Pennisetum purpureum et Andropogon goyanus) et de petites graminées se dessèche à partir de novembre et est presque partout la proie des feux de brousse.

Entre 1 200 mm et 900 mm de pluie, la couverture végétale est en général suffisante contre l'érosion intense, mais celle-ci devient très active entre 900 et 700 mm.

### iii. La région sahélienne

Elle est caractérisée par un climat semi-aride avec une saison sèche de neuf à dix mois et des pluies irrégulières de 200 à 700 mm par an; c'est le domaine de la steppe où les arbres et arbustes sont généralement rabougris et épineux. Les principales espèces sont Acacia raddiana, Acacia flava, Balanites aegiptiaca, Sterculia setigera, Poupartia birrea. La strate herbacée d'accompagnement est formée principalement de Schoenfeldia gracilis, Borreria radiata et Latipes senegalensis. Dans cette région également, les feux de brousse sévissent chaque année.

## 10.2 SITUATION ACTUELLE DANS LA PLAINE ALLUVIALE DU SENEGAL

De 10 à 20 km de large, elle se trouve entièrement en région sahélienne mais la végétation est étroitement dépendante de la topographie, du régime des crues et de l'action de l'homme. Avant l'intervention de l'homme, elle a du être entièrement boisée entre Waoundé et Rosso. Actuellement, la surface occupée par des forêts dignes de ce nom ne représente plus que 7 pour cent de la superficie totale, soit 60 000 ha, qui se répartissent comme suit:

### i. Zones inondées chaque année

Boisements d'Acacia nilotica (gonakié) accompagnés de Mitragyna inermis, Mimosa asperata, Acacia sieberiana, et plus rarement Bauhinia rufescens, Zizyphus jujuba, Ipsonia suphurea ainsi que de quelques graminées. Sur les berges on trouve des espèces éphémères mais aussi des arbres tels que Salix cestuloides, Acacia nilotica, Acacia sieberiana, Zizyphus mucronata. Après défrichement la savane à vétiver s'installe.

### ii. Terrains non régulièrement inondés

Pseudo-steppe de Bergia suffruticosa et Indigofera oblongifolia; Barreria verticillata est presque toujours présent. On y trouve aussi Acacia stenocarpa et quelques Balanites aegiptiaca, Bauhinia, Zizyphus.

### iii. Terrains jamais atteints par la crue

Savane armée à Acacia raddiana et Tamarindus indica. Pendant la saison des pluies le sol se couvre de plants éphémères et au moment de la décrue, il s'établit des auréoles de plantes herbacées dans les cuvettes.

#### iv. Terres salées du delta

Groupements à Arthrocnemum glaucum avec le Tamarix, des groupements à Paspalum vaginatum et des groupements à Sporobolus robustus.

### 10.3 UTILISATION ACTUELLE DE LA FORET

L'exploitation traditionnelle des zones forestières aboutit à la destruction des forêts.

L'agriculture est principalement basée sur le brûlis itinérant suivi d'un ou deux ans de culture. Si la jachère arbustive qui suit ne dure que cinq ou dix ans, la forêt ne peut se rétablir, les terres ne sont plus protégées contre l'érosion et il ne peut s'y installer qu'une prairie éphémère ou une savane très pauvre en arbustes. Avec une faible densité de population ce système peut se maintenir, mais dès que la pression démographique se fait sentir, l'équilibre est rompu et la dégradation forestière s'ensuit.

Dans la vallée, la pratique des cultures de décrue aboutit au même résultat. Dans les zones habitées, il y a eu destruction complète de la forêt: la mise en valeur des cuvettes passe par le défrichement des peuplements de gonakié. Il en est fait mention dans les ouvrages anciens, et on trouve quelques traces d'une rotation culture-gonakié; la culture se faisait pendant une quinzaine d'années. En fait, les forêts de gonakié qui subsistent se trouvent essentiellement dans les cuvettes impropre à la culture.

Les zones de la vallée irrégulièrement inondées sont parfois cultivées par grande crue mais l'emplacement de la culture étant imprévisible, le défrichement n'a pas lieu. Les cultures sous pluie après brûlis ne se pratiquent guère dans la plaine alluviale.

L'élevage itinérant (le terme élevage étant impropre; il s'agit en fait d'une activité prédatrice itinérante des troupeaux) est théoriquement une excellente méthode pour utiliser les ressources fourragères peu denses de la région sahélienne ou soudanaise nord. Malheureusement, il s'accompagne de pratiques très dangereuses pour la forêt :

- Les feux de pâturage qui permettent une repousse abondante, dès les premières pluies, de la strate herbacée; mais les plantes annuelles sont désavantagées par rapport aux plantes pérennes, plus ligneuses et plus dures, plus résistantes au feu, mieux adaptées pour aller chercher l'eau en profondeur. Ces pâtures grossières vite desséchées sont délaissées par le bétail qui s'attaque à la strate arbustive qu'il appauvrit; seules les espèces résistantes au feu subsistent; la régénération se fait mal sur un sol desséché et stérilisé.

- L'émondage des arbres en année sèche, pour augmenter le pâturage foliacé, mais qui inflige aux arbres des dommages qui compromettent leur survie.
- Le surpâturage d'animaux autour des points d'eau qui entraîne le piétinement et la destruction de la végétation, phénomène particulièrement visible auprès des grands forages du ferlo sénégalais où, dans un rayon de 15 km, il ne subsiste plus aucune végétation sylvopastorale. Dans la plaine alluviale (oualo), les effets sur les différentes strates forestières sont moins graves que dans le dieri car la crue permet une régénération moins aléatoire.

L'exploitation des forêts, à quelques exceptions près, n'est pas rationnelle. Le bois d'œuvre et le bois de feu sont recherchés aux alentours des villages. Les espèces rencontrées actuellement ne permettent pas une exploitation industrielle du bois d'œuvre. La seule activité ayant ses aboutissants hors du bassin est la production de charbon de bois, la meilleure essence étant le gonakié.

Or, il est assez surprenant que la production des forêts qui subsistent et qui pourraient être rationnellement exploitées après les mesures de classement ne soit que de 3 000 t de charbon de bois et de 9 000 st de bois de feu, soit l'équivalent de 28 500 st par an. La capacité du gonakié est de 369 000 st par an pour les 45 000 ha en âge de production. Paradoxalement, ce sont les peuplements du dieri, très pauvres par nature, qui sont exploités et fournissent plus de 700 000 st/an.

#### 10.4 AVENIR DES FORETS DANS LE BASSIN DU SENEGAL

Leur développement est envisagé dans et hors la zone touchée par les aménagements hydro-agricoles.

##### i. Zone touchée par les aménagements

C'est la plaine alluviale à partir de Bakel. L'effet le plus patent du barrage de régularisation de Manantali, du barrage antisel de Diama, et des endiguements des Unités naturelles d'équipement sera la diminution des cuvettes inondées, donc des zones propices aux forêts de gonakiés. Le tableau 31 résume la situation qui prévaudra après l'aménagement complet (voir également plans 1 et 2).

Ainsi la surface des peuplements de gonakié comprise dans les Unités naturelles d'équipement serait de 40 pour cent, taux qui ne sera pas atteint avant l'an 2015 et c'est donc à une diminution progressive que l'on aura à faire.

Il sera paradoxalement de laisser subsister les forêts de gonakié d'une très faible rentabilité économique sur des terres irrigables. Par contre, il existe des bas-fonds impropre à la culture où l'on pourrait maintenir des gonakiés et leur assurer les deux mois d'inondation nécessaires à leur subsistance.

De plus 80 pour cent des forêts des UNE sont concentrés dans sept unités. L'endiguement de ces unités d'équipement à la fin du processus d'endiguement suffirait pour que pratiquement 92 pour cent des forêts restent hors endiguement pendant encore plus de 35 ans.

Bien que la crue résiduelle sera beaucoup moins importante que la crue naturelle, les cuvettes des bas-fonds propices aux gonakiés seront encore inondées. A mesure que les surfaces endiguées augmenteront, les surfaces inondables diminueront; ainsi avec une crue inférieure en volume, on aura une cote d'inondation égale ou supérieure à la crue naturelle.

Le problème des 35 années à venir sera donc d'améliorer la production des forêts existantes. Les moyens sont connus: amélioration des pratiques sylvicoles, encouragement des coupes et exploitation régulière qui permettront de passer de 8,2 st/ha/an à 10 st/ha/an. On pourrait atteindre une production de l'ordre de 400.000 st/an.

Même après aménagement complet, il resterait hors digue 36 000 ha de cuvettes sans compter les levées actuelles et subactuelles où le gonakié prospère dans les parties basses des rides dont elles sont composées. Le potentiel forestier ne serait guère modifié.

Seule une régularisation à  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  entraînerait, faute de crue résiduelle, la disparition des forêts de gonakiés. On s'est demandé si un débit d'étiage de  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  ne maintiendrait pas en eau les cuvettes non endiguées; c'est une crainte non fondée, l'examen hysométrique des cuvettes le prouve.

La strate forestière qui souffrira réellement de la régularisation est celle correspondant aux zones irrégulièrement inondées qui risquent de ne plus l'être que rarement. Mais la valeur forestière de cette strate est faible.

Malgré le potentiel des forêts de gonakiés (400 000 st/an), le bois produit ne couvrira pas les besoins de la population. A moins que ne se développe l'emploi du gaz butane, les besoins annuels sont estimés à 1,5 st de bois par personne. La population étant appelée à tripler en 30 ans, les besoins seraient de 1 800 000 st pour 1 200 000 personnes soit un déficit de 1 400 000 st.

A l'heure actuelle, les forêts de dieri fournissent environ 700 000 st. Mais elles sont déjà dégradées et une exploitation supplémentaire serait dangereuse: la production ne devrait pas dépasser 700 000 st.

Il reste donc à produire  $1\ 400\ 000 - 700\ 000 = 700\ 000$  st (soit la production annuelle de 100 000 à 70 000 ha) que seuls des peuplements artificiels à l'intérieur ou à l'extérieur des unités endiguées pourraient assurer.

A l'intérieur des périmètres les surfaces nettes ne représentent que 70 à 75 pour cent des surfaces endiguées, les infrastructures 15 pour cent; 10 à 15 pour cent seraient donc encore disponibles pour des peuplements artificiels, ce qui sera insuffisant pour couvrir tous les besoins.

Le choix des essences devrait porter sur des espèces ne nécessitant l'irrigation que les toutes premières années. Comme le niveau de la nappe phréatique des périmètres aura tendance à s'élèver, le système radiculaire des arbres pourra facilement l'atteindre et le peuplement n'aura besoin que de soins sylvicoles. On peut aussi envisager les plantations en lignes de brise-vent en bordure des champs et des routes, et qui représenteraient 1 pour cent de la surface endiguée.

Les plantations à l'extérieur des endiguements devront être très proches de ceux-ci, et composées d'espèces xérophiles ne nécessitant des irrigations qu'au moment de la plantation.

Ainsi les perspectives à très long terme de la politique forestière sont résumées au tableau 32.

Les objectifs à court terme sont le lancement de peuplements artificiels à l'intérieur des périmètres en cours d'aménagement (Dagana, Nianga, Boghé et Matam) et l'exploitation rationnelle des forêts de gonakiés existantes. Les résultats obtenus d'ici une quinzaine d'années confirmeront ou infirmeront les hypothèses présentées.

### ii. Zones du bassin non touchées par les aménagements

Il s'agit essentiellement de mesures conservatoires et rénovatrices.

- création et maintien d'un domaine forestier permanent et intangible, d'une superficie suffisante (20 à 30 pour cent)
- réglementation de l'exploitation forestière
- orientation de l'agriculture et de l'élevage vers des méthodes moins destructives et plus intensives
- suppression des feux de pâturage
- dans les zones adjacentes à la vallée aménageable, une attention toute particulière devrait être apportée au problème des forages et de l'intégration agriculture-élevage. Une multiplication des forages supprimerait le surpâturage autour des points d'eau mais favoriserait une extension du troupeau transhumant peut-être au-delà des possibilités fourragères des zones concernées en période climatique sèche. Les troupeaux auront de quoi boire mais pas de quoi manger, la strate forestière serait alors dévastée car il n'y aurait d'autre ressource que les feuillages. La sauvegarde et la rénovation de la forêt passent par une limitation du troupeau dont l'équilibre alimentaire serait assuré par les fourrages artificiels produits dans la vallée.

Chapitre 11

## STRUCTURE ET ECONOMIE DE LA PRODUCTION

## 11.1 STRUCTURES DE PRODUCTION EXISTANTES

On trouve dans la vallée plusieurs types de structure de production.

11.1.1 La structure traditionnelle

Elle est basée sur le village et la famille en vue d'assurer la survie de tous les membres de la communauté.

L'habitat est itinérant comme l'agriculture et l'élevage. Il y a le village de oualo sur le bourrelet de berge, voisin du ou des collengals (partie de cuvette de décantation régulièrement cultivée par les villageois); le collengal est propriété collective mais il y a une attribution de lots par famille ou plus exactement par "gallé", sorte de famille élargie. A l'intérieur du gallé, on peut trouver plusieurs carrés (à la fois cases entourées d'une clôture et unité administrative de base); le chef de carré peut encore faire une attribution de parcelles à l'intérieur de son lot; on arrive donc à un grand émiettement parcellaire, d'autant plus complexe que chaque famille cherche à avoir des terres dans le haut et le bas des cuvettes afin de pouvoir cultiver quel que soit le type de crue. Cet enchevêtrement n'a pas trop d'importance car tous les travaux se font à la main; le gardiennage et parfois la récolte sont collectifs. Traditionnellement les terres étaient redistribuées chaque année par le "Maître des terres", mais cette coutume tend à disparaître et il y a même apparition de propriété privée. Un collengal est cultivé durant une quinzaine d'années puis, lorsqu'il est trop envahi par les mauvaises herbes, il est abandonné et la forêt de gonakiés peut se réinstaller.

Le ou les villages de "dieri" habités pendant la saison des pluies et la période de crue (qui peut d'ailleurs détruire le village de oualo) sont beaucoup plus temporaires et l'habitat peut être très dispersé, car ici il n'y a pas de champs permanents mais une zone de parcours pour les villageois dans laquelle chaque famille défriche et cultive son champ pendant un an ou deux.

De même que la production est largement collective, le partage des fruits de la récolte a un caractère assez collectif en ce sens que celui qui a cultivé est tenu de donner une partie de sa récolte au maître des terres, au marabout et aux membres de la famille qui sont venus l'aider à la récolte, la solidarité familiale étant très stricte dans la vallée.

Cette structure de production, qu'il est difficile de séparer de la structure sociale, est parfaitement adaptée à l'agriculture de subsistance et il faut s'efforcer d'en garder les éléments positifs dans un autre type d'agriculture.

#### 11.1.2 Les structures agro-industrielles

Mises en place à Richard-Toll pour la production de riz puis de sucre, elles sont à l'opposé des structures traditionnelles puisque fondées sur le salariat et l'organisation industrielle du travail.

En ce qui concerne la production agricole, ce type de structure a ses limites d'efficacité, puisqu'il tend à la mécanisation la plus poussée, excluant pratiquement les interventions manuelles pendant la culture; c'est une des raisons pour lesquelles les problèmes posés par la défense des cultures n'ont jamais pu être résolus dans les rizières de Richard-Toll. Les emplois temporaires n'existent que pour la récolte; par contre, les usines et la gestion du périmètre procurent des emplois permanents. Les salaires versés ont permis de créer un pôle de développement à base d'économie monétaire dans une région très déshéritée.

Il n'y a pas eu d'affrontement entre les structures traditionnelles et les nouvelles parce que les aménagements se sont faits dans des terres pratiquement désertes.

Dans l'idée des promoteurs de Richard-Toll, la structure salariale n'était qu'une étape, elle devait faire place à une structure paysanne. Un colonat pilote a donc été créé sur quelques centaines d'hectares. Mais tout de suite sont apparues les limites du système. Les colons n'avaient pas la maîtrise de l'eau, ils n'avaient pas les moyens mécaniques de préparation du sol, de semis et de récolte. Devant la difficulté d'exécuter manuellement ces travaux, ils préféraient payer une redevance pour que lesdits travaux soient effectués par les engins dépendant du centre de Richard-Toll. Comme il n'y avait aucun travail manuel à faire pendant 11 mois de l'année, le village des colons n'était habité qu'un mois par an, cependant les résultats financiers étaient acceptables pour les intéressés.

Cette structure mixte n'avait rien "d'exemplaire" car elle vivait dans un contexte trop particulier.

#### 11.1.3 La structure semi-industrielle à colonat

Mise en place sur 30 000 ha dans le delta et gérée par la SAED (Société d'aménagement et d'études du delta) elle a connu des débuts très difficiles. Le système de production choisi, submersion contrôlée, sans planage, culture de riz rustique, ne laissait que très peu de possibilité d'intervention pour le paysan nouvellement installé. Il n'était maître ni de la préparation du sol qui devait être effectuée avec des engins d'autant plus puissants qu'il y avait six mois de jachère. Il pouvait tout juste semer à la main et attendre le bon plaisir de la crue pour submerger son champ dans lequel il ne pouvait travailler car il y avait trop d'eau ou pas assez.

Le paysan devait faire la récolte et battre son paddy, activités réalisées de telle manière que les champs n'étaient pas encore débarassés au moment des labours et que la récupération des prestations était très difficile.

La direction de la SAED gérait le parc de matériel, les réseaux, le silo et la rizerie.

Dans une telle structure, le paysan sans possibilité d'intervention technique pratiquait l'absentéisme, obligeant la SAED à prendre en charge une partie de la récolte et du battage. Les choses ont beaucoup évolué dès que cette société a pu, à partir de 1972, créer des aménagements permettant une culture plus intensive où le paysan pouvait et devait intervenir dans le courant du cycle végétatif.

Une autre innovation importante était introduite, par la mise en place dans ces secteurs améliorés de groupements de producteurs beaucoup plus efficaces que les grandes coopératives à l'échelle d'un village. Ces groupements de producteurs étaient constitués sur la base d'une sélection et d'un volontariat; ils étaient techniquement solidaires parce que dépendant d'un même canal; une partie des travaux pouvait être effectuée collectivement et ils pouvaient gérer un petit parc de boeufs de travail.

Cette expérience a été étendue dans les zones où on pouvait cultiver avec succès la tomate industrielle en saison sèche.

La voie était ainsi tracée pour une coexistence plus harmonieuse entre une gestion possédant les moyens lourds et un paysannat pouvant intervenir dans la production.

#### 11.1.4 Structure des petits périmètres

Deux types de petits périmètres ont été introduits dans la vallée.

Les petits périmètres en submersion contrôlée étaient destinés à augmenter les ressources alimentaires des villageois et non pas du pays comme les périmètres déjà étudiés. Ils consistaient en une petite cuvette endiguée munie de vannes. Souvent les paysans participaient à l'érection des digues entreprise par les pouvoirs publics. La gestion des périmètres était pratiquement entre les mains des bénéficiaires. Il est vite apparu que la technique employée était trop aléatoire et que le paysan était occupé aux cultures de dieri au moment où il aurait dû s'occuper de la rizière.

Pour remédier à ces aléas, on a construit des petits périmètres irrigués par pompage sur les bourrelets de berge non inondables. Les investissements sont modestes mais leur gestion par les paysans se heurte à des problèmes techniques, entretien des pompes et du périmètre et administratifs, répartition des charges de gestion au sein d'une coopérative qui dépasse les compétences du groupe villageois. Par ailleurs, un soutien technique et administratif d'unités de production dispersées et difficiles d'accès pose des problèmes de logistique très coûteux pour l'organisme ou l'administration de tutelle.

## 11.2 LES STRUCTURES DE PRODUCTION PROPOSEES

### 11.2.1 Principes

Le choix proposé, double culture irriguée intensive avec maîtrise totale de l'eau dans de grands périmètres endigués, permettait de surmonter bien des obstacles contre lesquels avaient buté les structures que l'on vient de décrire. L'intensification de la culture suppose des interventions fréquentes pendant le cycle cultural; la double culture, la variété des assolements proposés et l'étalement des semis font que ces interventions se déroulent tout au long de l'année. Elles sont manuelles puisque les engins ne peuvent pénétrer dans les champs submergés ou irrigués. La solution "tout mécanisé" se trouve exclue; un travail manuel permanent est assuré.

On peut donc rejoindre l'option des Gouvernements concernant le plein emploi des travailleurs agricoles et l'adoption d'une structure à base de paysannat. Nous avons vu en effet (cf. annexe 1, EC/6) que l'étalement des semis permettait d'éviter l'appel à une main-d'œuvre extérieure salariée.

La maîtrise totale de l'eau est assurée au départ par le choix du système hydraulique (cf. annexe 1, EC/12 et EC/13); la fiabilité du système doit être assurée par un organisme de gestion doté des moyens de dépannage rapide, ce qui est assez facile à réaliser pour des périmètres de l'ordre de 7 000 ha en moyenne. Avec la suppression des aléas climatiques à l'intérieur du périmètre, le paysan ne sera pas tenté d'aller chercher cette sécurité par des cultures hors périmètre.

Si la double culture rend possible l'implantation d'un paysannat elle exige aussi l'emploi d'engins mécanisés lourds. En effet, les travaux pendant la période d'assèc sont des travaux de force à réaliser dans des délais brefs et précis. Les tonnages à récolter sont de l'ordre de 10 t/ha pour les céréales, grains et paille et de 80 t/ha pour les grandes graminées fourragères. Toutes ces opérations doivent être effectuées en moins de dix jours si l'on veut faire les travaux de préparation du sol dans de bonnes conditions afin que les terres puissent s'aérer convenablement. Le matériel lourd d'usage collectif doit être géré par l'organisme de gestion ou des coopératives.

L'introduction des cultures fourragères dans l'assoulement permet de résoudre le problème de la nourriture des animaux de trait et de l'intégration des éleveurs dans le périmètre et sa mouvance. Entre les travaux manuels et les travaux lourds, la traction bovine et la mécanisation légère auront leur rôle à jouer, petits transports, travaux superficiels, au mieux de leur productivité.

Ainsi, la simple analyse de l'organisation possible du travail conduit à envisager une structure de production mixte à base de paysannat encadré par un organe de gestion, où la main-d'œuvre paysanne, la mécanisation lourde et légère, la traction bovine seraient employées au mieux de leur productivité.

### 11.2.2 Organisation des périmètres

A tous les stades de l'analyse nous avons noté l'importance des infrastructures et des équipements collectifs et la nécessité d'une stricte organisation de la production. Il faut des opérateurs pour faire fonctionner tout ce qui est collectif.

La production doit être organisée depuis le niveau paysan dans la maille hydraulique dépendant d'une même prise jusqu'au niveau de l'ensemble du périmètre, avec ses stations de pompage et ses canaux primaires, en passant par des échelons intermédiaires correspondant à plusieurs prises fonctionnant selon le système du tour d'eau au sein d'un même assolement.

Une telle gestion suppose une direction dont le rôle coordonnateur est évident.

La complexité des problèmes de gestion où finalement tout repose sur la discipline collective pour la mise en œuvre de techniques très simples, montre la nécessité d'une période de rodage et de formation assez longue d'où l'idée de commencer l'installation des périmètres par des casiers-pilotes comprenant un centre de formation ainsi qu'une station expérimentale et une ferme semencière.

La formation d'un paysan devrait durer un an soit deux saisons de cultures irriguées. Certains paysans recevraient une formation particulière pour devenir des paysans-pilotes responsables d'une maille hydraulique. Ils pourraient être des chefs de gallé pour respecter la structure sociale existante.

Ce système supprime l'encadrement de base et donne la responsabilité directement aux paysans pour l'organisation et l'exécution du plan de culture au sein d'un petit regroupement de production.

Plusieurs regroupements de producteurs forment une structure intermédiaire qui reçoit l'appui d'un moniteur faisant partie du Service de mise en valeur. Ce moniteur exerce le rôle de vulgarisateur mais surtout aide les regroupements de producteurs à élaborer les plans de culture et d'irrigation. C'est à ce stade que doivent être résolus les délicats problèmes des assolements et des étalements de semis.

Un moniteur est prévu pour 100 ha pendant les dix premières années puis un pour 200 ha par la suite. Leur action est coordonnée par un chef de bloc pour 1 000 ha. Le chef du Service de la mise en valeur coordonne l'action de ces structures intermédiaires, il est responsable de la formation donnée par le centre de formation et les moniteurs.

Dans ce système les coopératives (une pour 1 000 à 2 000 ha) jouent un rôle classique pour l'approvisionnement, le crédit et la commercialisation. La structure de ces coopératives n'a pas été décrite par la SOGREAH. L'ensemble du système permet de donner aux paysans le maximum de responsabilité sans risquer de compromettre la coordination qui doit être centralisée. En mettant l'accent sur une longue formation au départ on a un système d'encadrement très léger et peu coûteux.

Emplois temporaires

Gestion	10
Paysannat système D	1 000

Seuls les salaires de la direction et de l'encadrement donnent lieu à une redevance spéciale qui varie dans le temps puisque le nombre des moniteurs diminue.

Moyenne pondérée des coûts de gestion à l'hectare

	Prix 1973	HT	Maximum	Vitesse de croisière
			FCFA	FCFA
			4 755	2 757
		TTC	5 706	3 308
	Prix 1974	HT	5 468	3 162
	+ 15 %	TTC	6 562	5 804

On rappellera que l'organisation des casiers pilotes est quelque peu différente. Ses grandes lignes sont données ci-après:

i. Mode d'exploitation

	Nianga	Matam	Boghé
	.....	ha .....	
<u>Ferme d'Etat</u>			
Expérimentation	11	9	15
Semence	45	42	46
Formation	37	36	31
Total	93	87	92
Paysannat	848	646	884 + (105)

Organisation paysannatExploitation-type

(pour l'étude économique)

Famille de huit personnes à 3 UTA (Unité de travailleurs adultes)

2 à 3 ha selon assotlement et système de production  
300 exploitations types, 220 exploitations types,  
305 - 360 exploitations types.Exploitations réelles

de 0,5 à 12 ha selon la taille des familles attributaires.

Quartiers

Solidarité et discipline pour le tour d'eau, l'entretien du réseau quaternaire et l'usage du matériel collectif sous responsabilité d'un paysan chef de quartier

76 quartiers 64 quartiers 75 quartiers  
12 ha en moyenne 10 ha en moyenne 12 ha en moyenne

Groupement de producteurs	Plusieurs quartiers 50 à 60 ha dépendant d'un canal tertiaire ou secondaire. Organisation des plans de culture, des programmes d'irrigation et de travaux. Distribution des fournitures et collecte des récoltes. Entretien réseau tertiaire.		
Nombre approximatif	15	10	15
Coopérative	Approvisionnement crédits et remboursements, commercialisation, répartition des terres, éventuellement gestion du matériel collectif.		
	Conseil d'administration, Chef coopérative, Comptable peseur		

Nombre	1 à 3	1 à 2	1 à 2
--------	-------	-------	-------

### ii. Organisation de la gestion

#### A. Production encadrement Chef du Service de la mise en valeur

Rôle

Organe technique destiné à aider les groupements de producteurs à réaliser un programme de production conforme aux objectifs nationaux.

Elaboration, coordination des plans de culture et des calendriers. Coordination et contrôle de l'utilisation des moyens collectifs de production, contrôle des approvisionnements et des récoltes. Formation et encadrement des paysans.

#### Formation encadrement

Années 1 - 3

1 spécialiste formation et 2 moniteurs formant 50-100 paysans par an sur 30 à 40 ha

Années 2 - 10

1 moniteur pour 2 ou 3 groupements de producteurs

Après années 10

1 moniteur pour 4 groupements de producteurs

Nombre de moniteurs

10 → 5      8 → 5      10 → 5

Années 2 et suivantes 1 spécialiste en formation et contrôle des coopératives.

#### Expérimentation, multiplication semences

1 chef de centre

4 moniteurs

5 ouvriers permanents + temporaires

#### Parc tracteurs et véhicules

Chauffeurs

21

17

21

+ Aides

#### Exploitation réseau

Chef

1

1

1

Surveillants stations

3

4

3

Aiguadiers

2

2

2

**B. Entretien**

Entretien génie civil et  
terrassement

Ingénieur chef d'entretien

1 chef de chantier  
5 chauffeurs + aides  
1 maçon  
manoeuvres temporaires  
1 chef d'atelier  
5 O.P.  
1 chauffeur  
3 O.S. et manoeuvres

Entretien mécanique et  
électrique

**C. Direction administration**

1 directeur (1 adjoint)  
2 comptables  
5 employés de bureau  
1 chauffeur planton

Total personnel salarié

	<u>Nianga</u>	<u>Matam</u>	<u>Boghé</u>
Ingénieurs	3	3	3
ITB et ITA	5	5	5
Moniteurs	14 - 9	12 - 9	14 - 9
Chauffeurs	28	24	28
O.P	6	6	6
Ouvriers permanents	13	14	13
Aides	6	6	6
Comptables	2	2	2
Employés bureau	5	5	5
+ temporaires			
	<u>82 - 77</u>	<u>77 - 74</u>	<u>82 - 77</u>

**D. Expatriés années 1 à 5**

6 à 7 experts

**11.3 L'EQUIPEMENT**

L'équipement des périmètres comprend la structure hydraulique et les équipements divers permettant leur mise en valeur. L'infrastructure hydraulique est décrite en détail au chapitre 12 du présent rapport. Nous en rappelons quelques aspects.

Le choix du système d'aménagement à la parcelle a été fait dans l'optique d'une exploitation par un paysannat encadré et la taille des parcelles permet le travail manuel, le travail en traction bovine et l'utilisation de la mécanisation lourde.

### 11.3.1 L'infrastructure hydraulique

C'est l'instrument indispensable de la culture irriguée, alors que les équipements inclus dans un projet peuvent être très variés suivant le degré d'autonomie qu'on veut assurer au projet.

En dernière analyse c'est donc l'infrastructure hydraulique qui est l'élément stable du coût des aménagements.

La SOGREAH (cf. annexe 1, op. cit) a établi des coûts de construction que nous avons utilisés. Elle a ensuite calculé un coût d'investissement comprenant 15 pour cent d'augmentation pour les imprévus et 12 pour cent pour les études et surveillances, soit 27 pour cent. Ce chiffre est très important et sans doute exagéré dans le cas particulier de projets déjà très élaborés; à notre avis 15 pour cent suffiraient. Une estimation pour 1974 a été faite en tenant compte d'une hausse générale des prix de 15 pour cent.

Les coûts du projet-pilote ne sont pas significatifs car ils comprennent des éléments du périmètre tout entier. La seule comparaison valable doit se faire sur les coûts totaux, projet-pilote + périmètre.

Coûts de construction et d'investissement de l'infrastructure hydraulique par hectare net, en  $10^3$  FCFA

	10 170 ha		8 000 ha		4 260 ha		3 500 ha		25 930 ha	
	Nianga		Matam		Boghé		Saldé Wala		Moyenne pondérée	
	TTC <sub>1</sub>	HT <sub>2</sub>	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT
Digues	63	42	137	87	49	31	216	137	101	64
Station pompage	98	72	113	83	100	74	90	67	101	75
Réseaux	308	208	240	162	218	147	212	142	234	157
Pistes	12	7	12	8	20	14	22	14	15	10
Parcelles	190	120	195	124	154	100	174	111	183	117
Coûts constr.	671	449	697	464	541	366	714	471	634	423
Coûts invest. + 27%	852	570	885	589	687	465	907	598	805	537
Coût 74 : + 15%	772	516	801	534	622	421	821	542	729	486
Invest. 74 : + 15%	888	593	921	614	715	484	944	623	838	559

Les variations de coûts par rapport à la moyenne pondérée s'expliquent facilement.

Le périmètre de Boghé a tous les avantages: relief, absence de forêts, station mixte; aussi le coût à l'hectare est inférieur de 14 pour cent par rapport à la moyenne pondérée.

1/ Toutes taxes comprises.

2/ Hors taxes.

Le périmètre de Saldé Wala est le plus coûteux à cause de son endiguement complet, le coût à l'hectare est supérieur de 11 pour cent à la moyenne pondérée.

Le périmètre de Nianga (+ 65 pour cent) est handicapé par le coût excessif du réseau, rançon d'un relief très tourmenté et d'un taux de boisement élevé.

Le périmètre de Matam (+ 10 pour cent) est handicapé par ses endiguements, le nombre de ses stations de pompage et son taux de boisement.

- Evaluation du coût de l'infrastructure pour l'ensemble de la vallée

En partant des coûts 1974, on pourrait diminuer le coût de l'endiguement pour tenir compte des périmètres jointifs et prendre comme coût d'aménagement à la parcelle celui de la moyenne pondérée des périmètres sans projet-pilote.

	<u><math>10^3</math> FCFA/ha net</u>			
	<u>Coût de construction</u>		<u>Coût d'investissement (+ 15%)</u>	
	TTC	HT	TTC	HT
Digues	69	43	79	49
Stations pompage	116	86	133	99
Réseaux	269	180	309	207
Pistes	17	11	20	13
Parcelles	198	126	228	145
Total	669	446	769	513

- Charges annuelles de l'infrastructure hydraulique

	<u>FCFA/ha net</u>				<u>FCFA/ha net</u>			
	1973		1974		Sénégal		Mauritanie	
	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT
Digues 2%	2 000	1 280	2 000	1 280	2 300	1 500	2 300	1 500
Stations pompage	11 375	8 492	13 691	9 826	19 740	14 886	20 204	15 349
Réseaux	6 158	4 206	6 158	4 206	7 082	4 837	7 082	4 837
Total	19 533	13 978	21 849	15 312	29 122	21 223	29 586	21 686
<u>Coût "économique" HT sans amortissements ni intérêt</u>								
Digues		1 280		1 280		1 500		1 500
Stations pompage		4 377		5 711		10 154		10 617
Réseaux		3 530		3 530		4 060		4 060
Total		9 187		10 521		15 714		16 177

La moyenne pondérée pour l'ensemble de la vallée, en "coûts économiques" est la suivante:

	<u>1973</u>	<u>1974</u>
Charges	1 280	1 500
Station pompage	4 596	10 230
Réseaux	3 530	4 060
<u>Total</u>	<u>9 406</u>	<u>15 790</u>

### 11.3.2 Les équipements collectifs

Ils doivent permettre d'assurer les services généraux de gestion, d'entretien, de stockage et d'usinage et d'exécuter les travaux agricoles à caractère collectif. Ils comprennent des bâtiments et du matériel. On a supposé que les périmètres seraient autonomes.

#### i. Les bâtiments

Ils sont prévus pour le logement des cadres, les bureaux, les ateliers, le stockage et la rizerie (étudiés à part); ils sont groupés dans un centre situé dans le casier pilote. Seuls des magasins satellites sont situés dans les autres parties du périmètre; l'emplacement d'une ferme d'embouche est aussi prévu mais à une bonne distance du centre. Les caractéristiques des constructions sont données ci-après:

#### A. Equipement des projets pilotes

<u>Bâtiments</u>	Nianga		Matam		Boghé	
	Nombre	Surface (m <sup>2</sup> )	Nombre	Surface (m <sup>2</sup> )	Nombre	Surface (m <sup>2</sup> )
Bureaux	11	335	11	335	11	335
Atelier réparations	1	720	1	720	1	720
Hangars	4	1 260	4	1 260	4	1 260
Logements	26	2 605	26	2 605	26	2 605
Eau 257 m <sup>3</sup> /jour	pompage - épuration		canalisation Matam		Pompage - épuration	
Electricité	groupe 275 kW		ligne 275 kW		ligne 275 kW	
Silos	3 000 t		2 500 t		3 000 t	
Rizeries	2 t/h		2 t/h		2 t/h	

#### B. Equipement des périmètres

S'ajoutant aux équipements du projet-pilote par tranche type de 1 000 ha

#### Magasin satellite

Semence	120 m <sup>2</sup>
Produits et fournitures	360 m <sup>2</sup>
Abri	240 m <sup>2</sup>

Equipement total des périmètres, projet pilote inclus

	<u>Nianga</u>		<u>Matam</u>		<u>Boghé</u>		<u>Saldé Wala</u>		
	Nombre	m <sup>2</sup>	Nombre	m <sup>2</sup>	Nombre	m <sup>2</sup>	Nombre	m <sup>2</sup>	
Administration	1	335	1	335	1	335	1	170	
Atelier	1	720	1	720	1	720	1	720	
Hangar semence	1	360	1	360	1	360	1	360	
Hangar divers	3	840	3	840	3	840	2	660	
Logements	<u>26</u>	<u>2 605</u>	<u>26</u>	<u>2 605</u>	<u>26</u>	<u>2 605</u>	<u>13</u>	<u>1 160</u>	
Total partiel	32	4 860	32	4 860	32	4 860	18	3 070	
Magasin satell.	<u>9</u>	<u>6 480</u>	<u>7</u>	<u>5 040</u>	<u>3</u>	<u>2 160</u>	<u>2</u>	<u>1 440</u>	
Total	41	11 340	39	9 900	35	7 020	20	4 510	
Surf. bâtie/ha		1,13		1,24		1,54		1,29	
<u>Silo</u>	t	kW	t	kW	t	kW	t	kW	
an 2	3 000	75	2 500	65	3 000	75	9 000	200	
an 6	18 000	300	10 000	200	12 000	250			
an 9	27 000	450	20 000	350					
<u>Rizerie</u>	t/h	t/an	kW	t/h	t/an	kW	t/h	t/an	kW
an 2	2	3- 9 000	55	2	3- 9 000	55	2	3- 9 000	55
an 7	6	9-27 000	155				4	6-18 000	100
an 8				4	6-18 000	100			
an 9	8	12-36 000	200						
<u>V.R.D. 1/du Centre</u>									
Eau	260	m <sup>3</sup> /j		280	m <sup>3</sup> /j		260	m <sup>3</sup> /j	125 m <sup>3</sup> /j
Electricité	150	kW		145	kW		155	kW	100 kW
Routes	2 000	m		2 000	m		1 700	m	1 170 m
Clôtures	795	m		770	m		925	m	630 m

1/ Equipements collectifs divers: voierie, routes, etc.

Les coûts de construction et les coûts à l'hectare ont été estimés comme suit:

	Nianga		Matam		Boghé		Saldé-Wala		Moyenne pondérée
	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT	
Bâtiments du centre	154	110	154	110	154	110	154	110	
V.R.D. du centre	39	29	23	18	27	21	37	30	
Magasins satellites	103	72	82	55	34	24	23	16	
Total	296	211	259	183	215	155	148	109	
					Millions de FCFA				
Coût/ha 1973	29	21	33	23	50	36	42	31	34 25
1974	33	24	38	26	57	41	48	36	39 29
					Milliers de FCFA				

On a calculé également les charges annuelles totales de ces bâtiments de service généraux (VRD comprise) toutes taxes comprises et au coût "économique" hors taxe (sans amortissement ni intérêt).

Charges totales imputables aux frais généraux du périmètre  
(VRD compris)

	FCFA/ha			
	1973		1974	
	TTC avec a.i.	HTE 1/ sans a.i.	TTC avec a.i.	HTE sans a.i.
Nianga	829	126	1 024	182
Matam	898	142	1 093	209
Boghé	1 192	237	1 443	342
Saldé-Wala	948	193	1 198	325
Moyenne pondérée	918	158	1 119	235

Les charges sont minimes et les charges non imputables sont aussi très faibles.

ii. Le matériel des services généraux

Il vient s'ajouter aux bâtiments pour permettre d'accomplir les tâches suivantes: entretien et réparation mécanique et électrique; entretien et réparation des infrastructures, manipulation et traitement des semences, déplacement du personnel d'encadrement et d'entretien.

1/ HTE : Hors taxe économique.

La liste de ce matériel dans les casiers pilotes et le restant des périmètres est donnée ci-dessous:

Projets pilotes		
Nianga	Matam	Boghé
Camions	3	3
Matériel entret. génér.	5 engins	5 engins
Véhicules	6	9
VéloMOTEURS	12	6
Matériel d'atelier	12 catégor.	12 + 1 catégor.
Matériel d'intérieur	11 catégor.	11 catégor.

A ce matériel s'ajoute par tranche de: 1 000 ha ou 2 000 ha

Tracteurs et camionnette	4
Camion	1
Matériel d'entretien général	4 engins
Caisse d'outils sur remorque	1
Matériels divers	5 catégories

On a au total dans les périmètres

	Durée d'amortissement	Nianga	Matam	Boghé	Saldé-Wala
- <u>Matériel d'entretien en général</u>					
Equipement bull riper	10	5	3	3	2
Tracteurs travaux publics	10	5	3	3	2
Motograders	10	5	4	3	2
Faucheuses talus	10	5	4	3	2
Planeuse	10	1	1	1	1
Appareil à fossé	10	1	1	1	1
Pont à bascule	40	1	1	1	1
- <u>Matériel divers</u>					
Trieurs séparateurs	15	10	8	4	3
Appareils désinfection	15	10	8	4	3
Sauterelles	15	10	8	4	3
Sacheries	3	25 000	20 000	10 000	8 750
Matériel d'atelier	10	pm	pm	pm	pm
Station météorologique	25	1	1	1	1
Matériel laboratoire	25	1	1	1	1
- <u>Véhicules</u>					
	ch				
Break	8 - 10	5	10 - 6	8 - 5	3
Utilitaire	3 - 5	5	3	6 - 3	3
Camionnettes	8 6 10	5	20 - 10	16 - 8	8 - 4
Tout terrain	12	5	10	8	3
VéloMOTEUR			pm	pm	pm
Camions benne	3,5 t	10	1	1	1
Camions benne	7,5 t	10	5	4	2
Camions plateau	7 t	10	5	4	2

Les coûts d'investissement retenus à l'hectare en milliers de FCFA sont les suivants:

Catégorie de matériel	Nianga		Matam		Boghé		Saldé-Wala		Moyenne pondérée	
	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT
Entretien général	12	9	12,5	9,8	13	11	13	11	12	9,8
Atelier	1,5	1	2	1,5	3	2	3	2,5	2	1,6
Semences et divers	3,5	3	3,7	3	4	3	3	2,5	3,5	3
Véhicules	9	5	9,8	5,7	10	6	9	5	9,5	5,6
Total	26	18	28	20	30	22	28	21	27	20

Les charges annuelles ont été calculées pour l'ensemble de la vallée. Celles relatives aux matériels d'entretien sont incluses dans la charge forfaitaire de 2 pour cent d'entretien des terrassements de l'infrastructure hydraulique. Les charges du matériel de semerce sont incluses dans le prix des semences et celles du matériel d'atelier dans le coût horaire ou annuel des engins; aussi il ne reste à imputer aux frais de services généraux que les charges annuelles de quelques matériels et celles des véhicules pour les cadres.

#### Moyenne pondérée pour l'ensemble de la vallée en FCFA

	1973		1974	
	TTC	HTE	TTC	HTE
(1)	(1)	(2)	(1)	(2)
Véhicules	5 090	1 620	6 062	1 975
Autre matériel	116	10	133	11
<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
Total	5 206	1 630	6 195	1 986

(1) Avec amortissements et intérêts.

(2) Sans amortissements et intérêts.

#### iii. Le matériel agricole collectif

Il ne fait pas partie des infrastructures ni des équipements de services généraux mais des apports de premier établissement. S'il est inclus dans les coûts d'investissement des projets, c'est pour répondre à une situation très particulière. Les attributaires des nouveaux périmètres ne disposent d'aucun capital, il n'y a ni boeufs de travail ni engins motorisés dans la vallée. Le matériel proposé répond à deux situations.

Dans le casier pilote le matériel est à double fin, il doit permettre la formation des usagers, conducteurs d'engins et bouviers et d'assurer les travaux sur la première tranche d'aménagement en attendant que les bouviers soient formés et que les boeufs soient dressés pour assurer les travaux légers qui leur sont dévolus. Aussi, il n'y a au départ, pour une tranche de 1 000 ha, que dix paires de boeufs et la mécanisation est légèrement plus importante qu'elle ne le sera par la suite.

Pour chaque nouvelle tranche de 1 000 ha, on prévoit, dès le départ, 50 paires de boeufs donc un peu moins de tracteurs légers. Les usagers auront eu le temps d'être entraînés dans le centre de formation du casier pilote.

Ce matériel collectif n'exclut pas le matériel individuel que les exploitants pourront acheter lorsqu'ils auront pu dégager quelques ressources. La possibilité que la gestion du périmètre contribue à l'achat de matériel individuel n'a pas été retenue car il existe des institutions qui peuvent aider l'exploitant à s'équiper.

Le matériel recommandé est extrêmement simple; les engins les plus complexes étant évidemment les moissonneuses-batteuses. Dans chaque tranche de 1 000 ha on a prévu des engins chenillés pour les dépannages mais normalement ils seront inutiles si le plan de culture est suivi.

Le matériel a été prévu pour des plans de culture à semis étalements sur un ou deux mois, c'est ce qui a permis d'avoir un taux de mécanisation très bas pour la double culture, 0,75 ch/ha soit un couple d'un tracteur lourd (70 ch) et d'un tracteur léger (35 à 40 ch) pour 150 ha. Une liste détaillée du matériel est donnée ci-après pour les casiers pilotes.

<u>Matériel collectif</u>	Nianga	Matam	Boghé
Tracteurs avec acces.	17	12	17
Moissonneuses-batteuses	5	5	5
Motoculteurs et accessoires	2	2	2
Paires de boeufs et acces.	10	10	10

Ensuite pour chaque tranche de 1 000 ha on ajoutera le matériel suivant:

<u>Matériel collectif par tranche d'aménagement de 1 000 ha</u>	2 000 ha
Tracteurs et accessoires 65 ch	6 - 7
Tracteurs et accessoires 35 ch	6
Moissonneuses-batteuses	5
Tracteur enjambeur	1
Paire de boeufs et accessoires	50

L'ensemble du matériel des divers périmètres sera le suivant:

<u>Motorisation</u>	Durée	Nianga	Matam	Boghé	Saldé-Wala
		Nombre	Nombre	Nombre	Nombre
Tracteurs chenille	60 - 70	10 ans	10	8	4
Tracteurs roues	65 - 70	5	69	40	24
Tracteurs roues	35 - 45	5	63	40	24
Tracteurs enjambeurs		5	5	4	2
Train de culture		5 - 10	40	32	16
Moissonneuse-batteuse chenille		10	10	8	4
Moissonneuse-batteuse roue		5	40	32	16
Remorques		10	100	80	40

#### Traction bovine

Paire de boeufs	5	500	400	200	175
Train de culture	50	500	400	200	175

#### Outils à main

Pulvérisateur	5	1 000	800	400	350
Ensemble petit outillage	5	3 330	2 640	1 330	1 160

Investissement à l'hectare, (Projet-pilote + périmètre) $10^3$  FCFA

<u>1973</u>	<u>Nianga</u>	<u>Matam</u>	<u>Boghé</u>	<u>Saldé-Wala</u>	<u>Moyenne pondérée</u>
<u>TTC</u>	94	82,6	78,1	87,5	87,3
HT	72,5	63,3	68,5	65,3	59,0
Taxes	21,5	19,3	9,6	19,4	18,3
<u>1974 + 15 %</u>					
TTC	108	96	90	101	100
HT	83	73	79	75	79
Taxes	25	23	11	26	21

On voit la part très lourde des taxes dans le prix sénégalais. L'équipement pour la récolte mécanique de 150 ha de graminées fourragères reviendrait, en moyenne pondérée, à:

	<u>1973</u>	<u>1974</u>
TTC	13 060 FCFA	15 019 FCFA
HT	10 180 FCFA	11 707 FCFA

A ce point de l'exposé, on a pu faire un état de tous les investissements décrits précédemment ; ils sont résumés au tableau 33.

iv. Silos et rizeries

Ces équipements qui relèvent de l'agro-industrie n'influent pas directement sur la production agricole; aussi sont-ils étudiés à part et ont-ils leur propre rentabilité.

La capacité des silos prévus pour le blé et le riz augmentera progressivement avec le développement des périmètres. Pour le maïs et le sorgho, il est prévu des silos individuels ou coopératifs qui ne sont pas pris en compte dans le calcul des investissements. Ceux-ci ont été calculés aux prix de 1973 et à ceux de 1974 (20% en plus).

Investissement par tonne logée (FCFA)					
	<u>1973</u>		<u>1974</u>		
	TTC	HT	TTC	HT	
Projets pilotes	25 000	17 000	30 000	21 000	
Périmètres	22 500	16 500	27 000	19 800	
Investissement par hectare (FCFA)					
Moyenne pondérée	59 800	43 600	70 700	52 300	

La différence de coûts s'explique par le fait que pour les projets-pilotes on a prévu des silos à plat avec des cellules de 250 t de capacité et dans les périphéries les cellules ont 1 000 t de capacité.

Les rizeries auront les caractéristiques physiques et économiques suivantes:

	Unité	Nianga	Matam	Boghé	Saldé-Wala
Tonnage annuel	t	37 830	19 715	17 065	11 285
Nombre de rizeries	nb	2	2	1	
Capacité théorique	t/h	8	4	4	2
Main-d'œuvre	nb	4 + 48	4 + 48	2 + 24	2 + 24
Horaire	h/j	3 x 8	3 x 8	3 x 8	3 x 8
Utilisation annuelle	mois	10	10	10	10
Puissance	kW	200	100	100	55

Critères d'investissement

	Nianga		Matam		Boghé		Saldé-Wala		Moyenne pondérée	
		HT		HT		HT		HT	TTC	HT
Coût total 1/	110	92,5	73,5	61,2	66	54	36,7	30,6		
Coût/t traitée 2/	2 910	2 445	3 730	3 105	3 880	3 175	3 970	3 310	3 410	2 840
Coût t/ha 2/	10 800	9 100	9 200	7 650	15 550	12 750	10 500	8 750	11 030	9 190
<u>1974 + 20%</u>										
Coût total 1/	132	111	88,2	73,4	79,2	64,8	44	43,2		
Coût/t traitée 2/	3 940	2 935	4 475	3 725	4 655	3 810	4 765	3 970	4 092	3 410
Coût t/ha 2/	12 960	10 920	11 040	9 180	4 660	15 300	12 600	10 500	13 236	11 030

La moyenne pondérée des frais de stockage et d'usinage a été calculée sur la base des prix de l'étude SOGREAH et avec des prix valables pour 1974, toutes taxes comprises et au coût "économique" hors taxe, amortissement et intérêt déduit.

Moyenne pondérée

	1973				1974			
	Maximum		Minimum		Maximum		Minimum	
	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT
Silo	1 990	610	1 568	447	2 387	732	1 881	572
Rizerie	3 250	1 745	2 390	1 220	3 900	2 094	2 869	1 454
Total	5 240	2 355	3 958	1 697	6 287	2 826	4 750	2 026

1/  $10^6$  FCFA

2/ FCFA

## 11.4 ECONOMIE DE LA PRODUCTION

11.4.1 Les coûts de la productioni. Les charges fixes

Dans son étude la SOGREAH (cf. op. cit) a considéré que le prix de l'eau pouvait être assimilé à une charge fixe. En adoptant cette position les charges fixes seraient donc :

	1973				1974			
	Sénégal		Mauritanie		Sénégal		Mauritanie	
	.....	FCFA.....	.....	.....	.....	FCFA.....	.....	.....
	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT
Infrastructures hydrauliques y compris l'eau d'irrigation	19 533	9 187	21 849	10 521	29 122	15 714	29 586	15 177
Gestion	3 308	2 757	3 308	2 757	5 804	3 162	5 804	3 162
Bâtiments	918	158	918	158	1 119	235	1 119	235
Services généraux	5 206	1 630	5 206	1 630	6 195	1 986	6 195	1 986
Total	28 965	13 732	31 283	15 066	42 240	21 097	42 704	21 560

On peut se demander s'il est justifié de ne pas moduler le prix de l'eau selon les cultures. Pour cela, il faut revenir aux éléments du coût de pompage.

Charges globales de pompage

	Moyenne pondérée FCFA/ha/an							
	1973				1974			
	Sénégal		Mauritanie		Sénégal		Mauritanie	
	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT
Energie	3 475	2 597	5 791	3 931	10 656	8 108	11 120	8 571
Entretien	1 950	1 440	1 950	1 440	2 242	1 656	2 242	1 656
Main-d'œuvre	400	340	400	340	460	390	460	390
Renouvellement	4 000	2 965	4 000	2 965	4 600	3 410	4 600	3 410
Intérêt	1 550	1 150	1 550	1 150	1 782	1 322	1 782	1 322
Total	13 375	8 492	13 691	9 826	19 740	14 886	20 204	15 349
Prix du m <sup>3</sup> 23 780 m <sup>3</sup> /an	0,47	0,36	0,57	0,41	0,83	0,62	0,85	0,65
Coût "économique" HT sans amortissement et intérêt								
	4 377			5 711		10 154		10 617
Prix m <sup>3</sup>		0,18		0,24		0,43		0,45

### Tarification de l'eau

La structure des prix montre que les charges fixes représentent en 1973, 70 pour cent au Sénégal et en Mauritanie 60 pour cent; en 1974, 46 pour cent au Sénégal et 45 pour cent en Mauritanie.

L'élément variable est l'énergie qui dépend à la fois des assolements et des stations de pompage. Si on veut faire une tarification tenant compte de l'énergie utilisée, on arrive à une très grande complication, aussi la SOGREAH a-t-elle proposé un tarif unique pour tout le périmètre quel que soit l'assoulement ou la station de pompage.

Pour avoir une idée de la modulation qu'on pourrait apporter, l'énergie pour une même station dépend du volume pompé. Les rapports de volume pompé sont en moyenne:

<u>Assoulement</u>	<u>%</u>	<u>Moyenne pondérée</u>
Riz fourrager (RF)	100	77
Riz céréales (Rc)	68	
Polyculture (P)	55	
Aspersion	35	

En utilisant le coût de l'énergie de la moyenne pondérée on aurait donc:

### Coût du pompage par ha et par an selon les assolements FCFA

<u>Energie</u>	1973				1974			
	Sénégal		Mauritanie		Sénégal		Mauritanie	
	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT
RF	4 513	3 373	7 520	5 105	13 838	10 530	14 441	11 131
Rc	3 069	2 293	5 136	3 471	9 410	7 160	9 820	7 569
P	2 482	1 854	4 136	2 808	7 611	5 791	7 942	6 122
Aspersion	1 579	1 180	2 632	1 787	4 833	3 685	5 054	3 896
supplément								
<u>Charges fixes</u>	7 900	5 895	7 900	5 895	9 084	6 778	9 084	6 778
<u>Coût total</u>								
RF	12 413	9 268	15 150	11 000	22 922	17 308	23 525	17 909
Rc	10 969	8 188	13 036	9 366	18 494	13 938	18 904	14 347
P	10 382	7 749	12 036	8 703	16 695	12 569	17 026	12 900
Aspersion	9 479	7 075	10 532	7 682	13 917	10 463	14 138	10 674
supplément								

Si l'on excepte le cas particulier de l'aspersion les différences de coût étaient faibles en 1973, 2 000 à 3 000 FCFA, soit 20 pour cent, entre RF et P et la modulation des tarifs ne s'impose pas. En 1974, la différence est de l'ordre de 6 000 FCFA, soit 30 pour cent du total environ; la tarification devrait être modulée.

Il est à noter que le prix du mètre cube pompé est inversement proportionnel aux volumes pompés et ce à cause du poids des charges fixes.

Il n'y a pas lieu cependant de tenir compte de la modulation pour les études économiques sur l'ensemble du périmètre mais on en tiendra compte pour les comptes de culture et pour les comptes d'exploitation spécialisée, dans l'un ou l'autre des assolements.

### ii. Les charges proportionnelles

Elles varient bien entendu beaucoup d'une culture à l'autre, d'un assolement à l'autre (cf. tableau 34) mais aussi d'une année à l'autre. Avec les hausses survenues en 1974, il ne reste presque rien des chiffres trouvés par la SOGREAH et les nouveaux chiffres que l'on va fournir après ajustement en 1974 ne seront plus valables un an après.

#### a) Mécanisation

Les composants des coûts horaires ont subi les augmentations suivantes:

	<u>Sénégal</u>		<u>Mauritanie</u>	
	TTC	HT	TTC	HT
.....%.....				
Amortissements, intérêts, réparations, assurances	15	15	15	15
Carburants + lubrifiants	35	87,6	86	87
Main-d'œuvre	5	5	5	5

Ce qui donne pour les principaux engins motorisés:

#### Coûts horaires en FCFA

	<u>Sénégal</u>				<u>Mauritanie</u>			
	<u>1973</u>		<u>1974</u>		<u>1973</u>		<u>1974</u>	
	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT	TTC	HT
Chenillards	1 980	745	2 357	983	1 555	735	1 956	97
Traction 65 ch	1 165	495	1 420	695	960	495	1 263	695
Traction 35 ch	800	320	959	440	635	320	839	440
Moissonneuse-batteuse roues	4 023	1 445	4 746	1 840	3 555	1 445	4 096	1 840
Moissonneuse-batteuse chenilles	5 650	1 885	6 709	2 350	4 470	1 885	5 370	2 350

Comme les coûts à l'hectare des interventions mécaniques peuvent passer de 1 à 8 selon les cultures il vaut mieux raisonner sur la moyenne pondérée; celle des charges à l'hectare de la culture mécanisée est la suivante:

Le cash-flow s'établit ainsi

$$1973 \quad 83\ 700 - 38\ 200 = 45\ 500 \text{ FCFA}$$

$$1974 \quad 103\ 500 - 44\ 400 = 59\ 100 \text{ FCFA}$$

D'après les études du Bureau Norbert Beynard, le prélèvement devrait être de 75 pour cent du cash-flow soit 34 100 FCFA en 1973 et 44 300 FCFA en 1974. On peut remarquer que les taxes indirectes payées par le paysan représentent déjà 73 pour cent du prélèvement. Il faudrait donc frapper le producteur d'une nouvelle redevance qui pourrait être une taxe au mètre cube pour l'amortissement des barrages par exemple. Mais il est évident que cela amenuisera encore le revenu paysan qui est de l'ordre de 65 pour cent de la recette brute.

Cela montre qu'avec le rapport de prix et les rendements retenus pour les cultures, les pays intéressés ne pourraient dégager les ressources nécessaires pour continuer leur développement sans faire peser un trop lourd fardeau sur le paysan.

La situation change dès que l'on prend des rendements plus importants. Il suffit d'une augmentation de rendement de 15 pour cent pour que le revenu paysan augmente de 25 pour cent et qu'il n'y ait plus de problème de cash-flow.

C'est d'ailleurs la solution qu'a retenue le Bureau Norbert Beynard et on peut lui donner raison en considérant les progrès considérables qui ont été observés depuis 1973 sur les rendements des diverses cultures.

#### 11.5 LE REVENU PAYSAN

La SOGREGAH a étudié diverses exploitations-types de 2 à 3 ha. La première étude faite en 1972 (cf. annexe 1, AM/23) avec des prix de produits extrêmement bas, montrait que certaines exploitations ne pouvaient payer toutes leurs redevances si on voulait que le revenu familial soit égal au salaire minimum garanti. Après la hausse des prix agricoles survenue en 1973, la même étude était reprise et montrait la possibilité de payer les redevances en maintenant le revenu paysan au niveau souhaité.

Avec les chiffres que nous avons retenus pour la moyenne pondérée on constate qu'une exploitation de 3 ha assure un revenu agricole égal au salaire minimum garanti

	Revenu familial	SMIC
1973	175 000 FCFA	180 000 FCFA
1974	230 400 FCFA	207 000 FCFA

Même en supposant une forte autoconsommation familiale il restera au cultivateur l'équivalent de 5 t de paddy à commercialiser. On est donc assuré qu'il pourra entrer dans l'économie monétaire, ce qui est une des conditions du développement de la vallée.

#### 11.6 RENTABILITE DES PERIMETRES

La rentabilité des périmètres a d'abord été étudiée sur modèle par le projet (cf. annexe 1, EC/23). Ces études ont montré la "sensibilité" au rythme de développement d'un périmètre: en-dessous de 10000 ha par an aménagés et mis en valeur, on ne peut espérer un bon taux de rentabilité. La sensibilité aux coûts d'investissement est plus facile. Avec les rapports de prix de 1972, on arrivait à des taux de rentabilité interne de l'ordre de 13 pour cent.

La SOGREAH a repris ces études pour les périmètres qui avaient été projetés par elle; le rapport de prix était moins favorable qu'en 1972 et on arrivait à des taux de rentabilité interne plus faibles, de l'ordre de 10 pour cent. Enfin en 1974, le Bureau d'études Norbert Beyrard a repris l'étude sur une base plus large. Le rapport de prix était nettement plus favorable à cette époque; le rythme de développement, à la demande des Etats riverains d'ailleurs, était assez rapide, aussi le taux de rendement interne des périmètres était de l'ordre de 16 pour cent.

Pour conclure, le résultat le plus probant était celui de la SOGREAH puisque toutes les mauvaises conditions étant réunies on arrivait encore à un taux de rentabilité acceptable.

Chapitre 12**AMENAGEMENTS EXISTANT DANS LA VALLEE (cf. Plan 4)**

De nombreux travaux ont été réalisés sur le fleuve Sénégal par l'administration, mais jusqu'à ces dernières années, la conception d'aménagement était axée sur la technique de la "submersion contrôlée". Son application le long de la vallée a toujours conduit à des échecs dans les aménagements de Pété-Galoya, de Démet, de Saldé, de Guédé. On n'abordera pas l'étude de ces projets qui sont d'une technique dépassée et abandonnée. On étudiera les aménagements modernes existants qui ont la maîtrise interne et externe de l'eau et qui se sont développés ces dernières années; l'analyse des causes de leurs échecs relatifs a guidé le projet, dans la recherche de solutions pour les aménagements prévus sur le fleuve dans les années à venir.

**12. 1 CASIER DE RICHARD-TOLL**

Le casier de Richard-Toll est le plus ancien aménagement réalisé avec maîtrise complète de l'eau. La construction a débuté en 1946 avec la fermeture du lac de Guiers par une digue-barrage vers le sud (à Narinaghen), la construction du pont-barrage de la Taouey et la mise en place de la station de pompage s'alimentant dans la Taouey.

Situation. Le casier se trouve dans le haut delta du fleuve; il est bordé au nord par le fleuve Sénégal, au sud par le lac de Guiers, à l'est par la Taouey (défluent du Sénégal) et à l'ouest par le marigot du Natchié.

Réserve d'eau pour l'étiage. La proximité du lac de Guiers a donné l'idée du remplissage de ce lac pendant la crue pour constituer une réserve. La jonction se fait grâce à la Touey, marigot partant du Sénégal et rejoignant le lac de Guiers. Un pont-barrage muni de vannes, situé à l'amont, à la confluence de la Taouey et du Sénégal, est ouvert au début de la crue, le courant s'établit dans le sens Sénégal-lac de Guiers. À la décrue, dès que le remplissage ne se fait plus et que le courant a tendance à s'inverser, le pont-barrage est fermé, isolant le Sénégal du lac.

Irrigation. Une station de pompage a été construite en tête de la Taouey à l'aval immédiat du pont-barrage. Cette station comporte quatre groupes de 350 ch chacun, entraînant quatre pompes hélices dont le débit total est de 14 m<sup>3</sup>/s avec une hauteur maximale de refoulement de 4,5 m. La station alimente un canal principal de 18 km de long, dont le plan d'eau domine en principe l'ensemble du périmètre qui est de 6 000 ha bruts. Ce canal se subdivise en canaux secondaires et tertiaires.

Drainage. Un système de drainage complète le système d'irrigation avec drains primaires et drains principaux amenant l'eau à trois stations d'exhaure qui rejettent l'eau soit dans le Natchié soit à l'aval de la Taouey, soit dans le lac de Guiers. Ces drains étaient peu profonds : 1 m à 1,5 m et ne collectaient que des eaux de surface.

Protection du périmètre. Une digue de protection contre les crues du Sénégal a été construite en bordure de celui-ci à la cote + 5 IGN. De même, au bord du lac de Guiers, une digue à la cote + 4 M IGN permet de limiter le débordement éventuel du lac. Vers le sud, la digue barrage de Narinaghen empêche le lac de se vider dans le Ferlo et limite sa superficie.

Planage, aménagements des sols. Le planage a été fait de façon à obtenir des parcelles maximales de 100 x 500 m, de forme rectangulaire, mais avec des tolérances de planage importantes.

Le casier a été construit en vue de la riziculture, mais sa gestion a laissé à désirer, et les rendements étaient très faibles. Aussi a-t-on préconisé sa transformation en casier à canne à sucre (mission Arrighi, 1962).

Situation actuelle. Depuis 1972, le casier a été confié à la Compagnie sucrière sénégalaise qui effectue des plantations de canne et de gros travaux d'aménagement.

#### i. Recreusement de la Taouey

La Taouey présente de nombreux méandres, aussi le remplissage du lac de Guiers se fait très mal. La construction d'un nouveau canal à l'est de la Taouey a été commencée, le canal fera 17 km de long et nécessite 4,5 millions de mètres cubes de terrassements (plafond à la cote -3, largeur du radier 45 m, talus 3/1); à la fin des travaux prévus pour décembre 1974, l'alimentation sera améliorée et le lac se remplira à une cote telle qu'il permettra d'irriguer le casier sucrier en cours de plantation (10 000 ha).

#### ii. Travaux d'aménagement des sols

A la création du casier rizicole, le planage des sols avait été traité sans grande précision ce qui a été la principale cause technique de l'échec. La Compagnie sucrière sénégalaise traite ce problème avec beaucoup d'attention, utilisant trois techniques d'irrigation: submersion, billons, aspersion, mais toujours avec un planage rigoureux. De même le drainage a été très soigné et un réseau de drains profonds a été creusé en même temps qu'un système de drains enterrés, en PVC, permettant le rabattement de la nappe et un maintien du dessalement.

### 12.2 CASIER DE GUEDE

Le casier de Guédé a été commencé en 1938 afin de produire du coton. Une surface cultivable de 1 000 ha avec une station de pompage de 1 200 l/s était prévue. Cette station a toujours mal fonctionné et n'a jamais irrigué plus de 220 ha. Le périmètre est protégé contre les inondations du Doué par une digue périphérique.

Depuis 1969, cependant, dans le cadre de l'assistance technique au Sénégal, une mission chinoise de Formose a relancé la riziculture en vue d'initier les paysans aux méthodes de production moderne: repiquage, riz à haut rendement, mécanisation et double culture. En premier lieu l'équipe chinoise a construit une station de pompage comportant trois pompes de 190 l/s chacune, et alimentant un canal de 1,2 km de long; ce canal qui a été bétonné à un plafond de 1 m de large, ses talus sont à 2/1 et la profondeur d'eau est de 70 cm.

Depuis mai 1973, la mission du Gouvernement national de la République de Chine a été remplacée par celle du Gouvernement central du peuple de la République populaire de Chine qui a projeté de construire une deuxième station de pompage afin d'augmenter les surfaces irriguées et les porter à 350 ha. Ces aménagements ont donné depuis leur installation de très bons résultats avec des rendements appréciables. Il a été donc prouvé que la double culture du riz est viable dans la vallée à condition d'avoir un bon encadrement et surtout la maîtrise complète de l'eau.

### 12.3 AMENAGEMENT DU DELTA : SOCIETE D'AMENAGEMENT ET D'EXPLOITATION DU DELTA (SAED)

L'aménagement du delta rive gauche a été projeté par le Gouvernement du Sénégal afin de développer la riziculture sans investissements importants. De plus, le delta du Sénégal étant peu peuplé, le Gouvernement, pour des raisons sociales, désirait y implanter un colonat afin de promouvoir la paysannerie dans le delta.

L'expérience a débuté en 1960 par des cultures de riz dans les cuvettes du bas delta, sur une superficie de 600 ha, par la technique de submersion contrôlée. Les résultats sont très médiocres et décevants.

En 1964, une digue de ceinture du delta est construite; elle permet d'obtenir la maîtrise externe de l'eau. La superficie endiguée est de 120 000 ha, sur lesquels seuls 30 000 ha sont dominés. La superficie cultivable est de 11 000 ha, car 19 000 ha présentent une salure qui les rend inaptes à la culture dans l'état actuel. La digue est arasée à 2,50 IGN près de Diamal et monte graduellement sur ses 80 km à 4,65 IGN près de Rosso; les digues intérieures sont arasées à + 2,50 IGN.

La SAED a été amenée petit à petit à modifier ses conceptions d'aménagement et à rechercher une maîtrise de plus en plus importante de l'eau. Il existe actuellement plusieurs types d'aménagements.

Aménagement primaire. Il consiste à contrôler le niveau de l'eau dans les différentes cuvettes, à une valeur égale ou inférieure à la cote atteinte par les plus hautes eaux du fleuve. On évite donc une submersion excessive de ces cuvettes. Cette technique est réalisée avec des ouvrages simples: digues de protection du delta et ouvrages vannés à l'entrée des marigots qui servent de canaux adducteurs. Ce système ne permet pas de contrôler le niveau maximal à atteindre par l'eau et limite les surfaces à labourer et à semer, mais il n'empêche pas la submersion trop importante par la lame d'eau des parcelles de riz, ni les pertes de surface en année sèche. De plus, la durée de submersion ne peut être contrôlée, la vidange se faisant par le même canal que l'irrigation.

Aménagement secondaire. Le procédé consiste à compartimenter les cuvettes par des digues internes de manière à délimiter des zones à l'intérieur desquelles la dénivellation maximale de la lame d'eau de submersion n'excède pas 25 cm. Des canaux à fond plat desservent le point bas de chaque secteur et sont utilisés pour l'irrigation et le drainage.

Ce procédé, quoique plus évolué que le précédent par le fait que la totalité de la cuvette inondée est productive, car la hauteur de submersion varie dans des limites tolérables pour les variétés de riz utilisées, présente des lacunes:

- aucune garantie sur la zone productive si la crue est de faible amplitude
- impossibilité d'effectuer une montée de l'eau progressive et contrôlée
- pas de possibilités de préirrigation et d'assèchement à cause de la "confusion" entre réseau d'irrigation et de drainage.

Aménagement secondaire amélioré. En 1968, une crue déficitaire n'a atteint que 1,70 m à Ronq pendant un temps très court; aussi les superficies submergées ont-elles été de 10 pour cent de celles cultivées. Cette situation a conduit à l'installation d'une station de pompage à l'entrée de chaque marigot adducteur. Les stations ainsi installées ont un double rôle:

- garantir un niveau de submersion minimal en fonctionnant lorsque la cote du plan d'eau atteinte par gravité est inférieure à la cote nécessaire pour l'irrigation des secteurs hauts cultivés.
- pouvoir commencer les irrigations par pompage dans le fleuve dès le retrait de la langue salée, donnant une maîtrise partielle du début de la submersion.

Ce procédé, quoique représentant un progrès considérable, laisse entiers les deux derniers inconvénients de l'aménagement secondaire.

Les stations créées sont au nombre de trois et leurs caractéristiques sont les suivantes:

Stations 1/	Zone d'influence	Superficie desservie (ha)	Puissance installée (ch)	Débit maximal (m <sup>3</sup> /s)
Thiagar	Djeuleuss Thiagar,	1 628	210	3,5
Ronq	Diambar, Kassak Nord,			
	Boundoum Ouest, Kassak	6 797	1 100	17,5
	Sud, Tellel, Grande Digue			
	Lampsar, Savoigne, Djeuss			
Diawar	Boundoum Nord	2 510	440	7,0
		10 935	1 750	28

Aménagements tertiaires. Ce procédé très évolué résoud les problèmes posés par les aménagements précédents qui étaient tous à alimentation par l'aval. Il consiste en séparation des deux réseaux: irrigation et drainage, et en alimentation des zones par l'amont aux points hauts. Le cloisonnement des parcelles irriguées par des diguettes plus nombreuses ne tolère qu'une dénivellation de 10 cm entre points extrêmes de celles-ci. La seule différence avec les techniques plus évoluées est l'absence de planage. Un tel système ne peut se concevoir sans pompage.

1/ Signalons que des pompes intermédiaires sont effectuées par des petites stations à Diawar et Thiagar.

Un point à noter : la modification permettant de passer de l'aménagement secondaire au tertiaire présente des difficultés importantes : gestion hydraulique délicate, inversion de la circulation de l'eau, installation complexe. Elle est aussi plus onéreuse que celle d'un tertiaire organisé au départ.

Le programme actuel de la SAED prévoit la modification graduelle de son système d'irrigation en réseau tertiaire où le drainage et l'irrigation ont des réseaux séparés et permettent par conséquent d'obtenir la maîtrise interne de l'eau.

#### 12.4 PROJET M'POURIE

Situé à l'aval de Rosso, c'est le premier grand projet réalisé en Mauritanie. Il est dû à l'assistance technique de la Chine populaire et est basé principalement sur la riziculture. Le projet prévoit l'aménagement de 2 000 ha de rizière, principalement avec maîtrise complète de l'eau. En 1973, environ 560 ha étaient aménagés.

Description du projet. La zone de M'Pourie est située dans la cuvette à l'ouest de Rosso. Elle est bordée au sud par le Sénégal, à l'est par la route de Rosso-Nouakchott, au nord par les dunes de Mauritanie et à l'ouest par le marigot Gouere.

Une digue de protection du casier, de 12,6 km, a été construite et protège celui-ci contre les risques de crue centennale (cote d'arase 4,70 IGN). Une station de pompage a également été construite; sa capacité est de 5,6 m<sup>3</sup>/s (neuf motopompes) avec hauteur de relèvement de 5 m maximum. L'aspiration se fait dans un bassin alimenté soit par le fleuve par un passage vanné pour l'irrigation, soit par les deux canaux de drainage principaux pour l'exhaure. Le rejet se fait soit dans un bassin de prise pour le canal d'irrigation, soit vers un canal d'exhaure rejetant dans le fleuve.

Le canal principal d'irrigation a une longueur d'environ 5 km et se trouve entièrement en remblai. Il est revêtu en dalettes (sur 10 m) à chaque ouvrage de prise de secondaire, afin de pouvoir placer des vannes rectangulaires (1 x 1 m). Les prises pour tertiaires sont faites par buses vannées.

Les canaux de drainage doublent le système d'irrigation par drains tertiaires (profondeur 0,40), drains secondaires (profondeur 0,50 à 1 m) et drains principaux (profondeur 2,5 à 3 m); les parcelles ont une superficie de 4,5 ha (75 x 600 m) et le planage est fait en touche de piano avec diguettes perpendiculaires aux canaux et colature tertiaire, et délimitent des sous-parcelles de 0,5 à 1 ha. Le planage est repris chaque année par un entretien après mise en eau (permettant de voir les dénivellées) et assec.

Exploitation. La remontée de la langue salée dans le fleuve dès le mois de février ne permet qu'une seule culture; vu la taille des parcelles, le semis est fait en lignes après une préirrigation fin juillet.

Les variétés de riz utilisées permettent un assec après 90 jours et la récolte se fait au bout de 110 jours (fin novembre) à la moissonneuse-batteuse. Les rendements des terres en 1973 sont de 3,5 t/ha sur 460 ha. En stations expérimentales, les rendements obtenus ont été de 7,5 t/ha.

Actuellement la superficie cultivée est de 560 ha; sur cette superficie, 400 ha sont gérés suivant le système d'une ferme d'Etat, permettant pendant quelques années aux paysans salariés futurs attributaires de lots de s'initier à la culture du riz. En 1973, une répartition des 160 ha à raison d'environ 4 ha par famille a été faite aux premiers paysans. Les superficies prévues de 3 000 ha seront réparties comme suit: ferme d'Etat avec station expérimentale, rizerie, sécherie, production de semences 800 ha et les 2 200 ha restants seront répartis entre 700 à 800 familles.

Enseignements à tirer de M'Pourie. L'aménagement de M'Pourie étant donné sa conception permet:

- la maîtrise complète de l'eau avec réseau de drainage et irrigation indépendante;
- le planage très perfectionné;
- l'introduction de variétés de riz très hâties à haut rendement;
- un encadrement valable et important;
- une gestion autonome avec mécanisation poussée.

L'aménagement ne pouvait être un échec; les rendements obtenus dans la première année le prouvent. Le seul reproche à faire à ce projet est l'impossibilité de faire une double culture, car dès février l'eau salée remonte dans le fleuve où tout pompage est exclu; le pompage ne peut reprendre que fin juillet, c'est-à-dire assez tardivement. La simple culture ne permet pas de rentabiliser de tels aménagements pour lesquels l'investissement est important.

## 12.5 LES PETITS PERIMETRES MAURITANIENS

En Mauritanie, sur la rive droite du fleuve, de nombreux essais d'introduction de l'irrigation ont été faits. Nous n'abordons ici que les petites expériences faites avec maîtrise de l'eau, cette eau étant obtenue par pompage. Ces périmètres sont répartis sur la portion du fleuve entre Kaédi et Rosso. Ils ont pour but principal d'introduire la riziculture en milieu paysan.

Tiékane. Se trouve à une dizaine de kilomètres à l'amont de Dagana, sur la rive mauritanienne; il a été créé en 1968. La surface est de 30 ha environ irrigués par une pompe de 300 m<sup>3</sup>/h; il se trouve sur une levée de fondé sur un terrain non inondé. L'aménagement est assez rudimentaire: des diguettes suivant les courbes de niveau (tous les 25 cm); les cultures se font pendant l'hivernage. Les cultures de contre-saison se heurtent à des difficultés qui sont communes à ce type de périmètre et que nous analyserons pour l'ensemble. Les rendements sont de l'ordre de 15 q/ha.

Dar el Barka. Une cuvette a été endiguée en 1963. La culture de riz par submersion contrôlée dans la partie basse, celle du coton et le maraîchage sur la partie haute alimentée par pompage étaient initialement prévues. Jusqu'en 1968, la culture a été principalement vivrière (riz, maïs), les paysans ne s'intéressant pas au coton. La superficie totale exploitée était de 100 ha maximum dont très peu en contre-saison. Après 1968, l'installation d'un groupe de pompage supplémentaire a permis de produire sur 140 ha, mais depuis cette surface est restée constante et a même diminué et se situe autour de 50 ha.

Guidala. Un projet de 25 ha situé en aval de Boghé (5 km) a été financé par le FED en 1970; il semble fonctionner assez mal.

Boghé. Un petit périmètre de 20 ha de riziculture a été réalisé en 1968 à Bakao, sur le même type de Tiékane en 1972. Le périmètre ne comporte plus que 10 ha exploités à cause du débit des pompes insuffisant.

Vinding. On a aménagé 25 ha; ce périmètre se trouve en face de Saldé; il a été commencé en 1967. Il comporte actuellement trois groupes permettant d'irriguer 30 ha environ. L'aménagement est du même type qu'à Tiékane: diguettes avec courbes de niveau. Le terrain cultivé est du type fondé homogène. La coopérative formée par les agriculteurs fonctionne correctement et l'introduction de la double culture a commencé en 1969. Les rendements sont de l'ordre de 20 q/ha.

Rindjao. Ce projet se situe à 4 km à l'aval de Kaédi. Il a été installé en 1972 sur crédit FED. Sa superficie est de 26 ha, avec irrigation par canaux de colatures et planage des parcelles, la station de pompage étant située sur une haute levée de fondé. Les agriculteurs du périmètre sont encadrés par un expert FAO. Les résultats des premières récoltes sont encourageants.

Dicvol. Ce projet se trouve à 10 km en amont de Kaédi. Il a commencé à fonctionner en 1973. La superficie est de 25 ha et l'aménagement comporte le planage, la construction de canaux et de colatures ainsi qu'une station de pompage.

Les paysans se heurtent aux problèmes suivants:

#### i. Le pompage

La dispersion de ces périmètres le long de la vallée ne permet pas d'assurer un fonctionnement régulier aux pompes; tant que les pompes sont en bon état, tout se passe bien, dès qu'une panne se produit, il faut déplacer un mécanicien de Nouakchott. Or, du fait de l'isolement de ces périmètres, un seul déplacement demande parfois une semaine car pendant l'hivernage les routes sont coupées et l'approche ne peut se faire qu'en pirogue. Chaque réparation, si minime soit-elle, peut demander 15 jours. Cela est parfois suffisant pour compromettre, si ce n'est perdre, la récolte.

La fiabilité du système de pompage et la formation de personnel compétent pour l'entretien sont les conditions sine qua non de telles installations.

#### ii. Les pertes de récoltes

#### iii. Le désintéressement des paysans

Vu le désintéressement des paysans à une telle culture si peu sûre et qui compromet leurs ressources, il en résulte un abandon du périmètre pendant la contre-saison, les paysans préférant travailler aux cultures de décrue moins rentables mais assurant une subsistance minimale.

#### iv. L'encadrement technique

Il est suffisant et les paysans considèrent que de tels travaux sont compliqués (planage, engrais, désherbage) pour des rendements qui n'ont jamais dépassé 20 q/ha.

Ce sont des défauts majeurs de ce système qui, dans les conditions actuelles, ne peuvent pas être résolus à grande échelle. Le personnel qualifié, mécaniciens ou encadreurs, manque et demande des années de formation; les moyens de communication sont aléatoires et longs et ne permettent pas de compenser cette carence par une mobilité du personnel.

Aussi, seuls les aménagements très importants prévus pour 5 000 à 6 000 ha au moins permettent de mobiliser les moyens et le personnel technique qualifié qu'exige une riziculture moderne. Au vu de ces expériences, le projet a tiré des conclusions qui ont guidé nos études sur les différents aménagements qu'il a étudiés.

Avec le financement et l'assistance du FED, les casiers suivants ont été aménagés et mis en valeur: Leboudou, Sori Malé, Olo Ologo.

Chapitre 13

## LES AMÉNAGEMENTS PRÉVUS (cf. Plan 4)

## 13.1 INTRODUCTION

Les études de trois périmètres sur la rive gauche et d'un périmètre sur la rive droite ont été confiées par la FAO à la Société grenobloise d'études et d'applications hydrauliques (SOGREAH). Ces études intéressent les périmètres de Matam, Saldé et Nianga sur la rive sénégalaise et le périmètre de Boghé sur la rive mauritanienne. En se rapportant au schéma général de la vallée, ces périmètres correspondent aux Unités naturelles d'équipement dont les indicatifs sont les suivants:

	<u>ha bruts</u>
Matam D1 et MK 1 (partiellement)	10 000
Saldé MO 16 et MO 17	5 000
Nianga NG4	15 000
Boghé B01	5 000

Sur ces périmètres, l'étude du schéma d'aménagement a été réalisée en avant-projet détaillé sur l'ensemble des zones et sous forme de dossiers d'exécution sur trois zones de 1 000 ha chacune à Matam, Nianga et Boghé.

Dans le même temps, la Société centrale pour l'équipement du territoire internationale (SCET) a procédé à l'étude d'exécution d'un projet de 3 000 ha à Dagana (Unité naturelle d'équipement DA) qui lui a été confiée par la SAED.

Examinons ces différents projets afin de voir les principes qui ont guidé les études.

Depuis quelques années, il est admis que le développement de la vallée ne peut être réalisé que si la régularisation du fleuve est faite par la construction de barrages. De plus, la maîtrise complète de l'eau par contrôle externe et interne est également un impératif qui ne donne plus lieu à discussion.

Ces deux exigences imposent des aménagements représentant des investissements importants qui ne peuvent être amortis que par la double culture. Cette nouvelle notion de double culture n'a pu être introduite que depuis la mise au point de variétés de riz à hauts rendements et cycles d'été courts (110 jours au lieu de 150 jours). C'est sur ces principes de base qu'ont été étudiés les aménagements de périmètres prévus par SOGREAH et l'aménagement de Dagana.

## 13.2 PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT

Les principes suivants d'aménagement ont été mis au point avec l'OMVS et ont servi aux études des périmètres et des casiers-pilotes.

### i. Endiguements

L'endiguement a été prévu pour protéger les périmètres contre les crues centennales. La cote de crête de la digue est égale au niveau d'eau obtenu sur le modèle mathématique pour la fréquence choisie après aménagement de première phase. Ce niveau est majoré de 1 m pour tenir compte du batillage, du set-up, des dégradations, des tassements, etc.

Le profil en travers est celui admis pour l'ensemble des aménagements de la vallée. Largeur en crête : 3,5 m.

- Pente des talus: 3 de base pour 1 de haut côté fleuve  
3 de base pour 2 de haut côté périmètre
- Aménagement d'une berme de 1,50 m de large à mi-pente des talus côté périmètre, dès que la hauteur totale dépasse 4 m, ce qui est le cas dans les périmètres situés très à l'amont ou certains passages ont plus de 5 m de haut.

### ii. La station de pompage

La maîtrise interne de l'eau est obtenue à partir de pompage dans le fleuve ou dans un défluent alimenté en permanence pour l'irrigation, et à partir de station d'exhaure pompant dans les colatures principales pour l'assainissement. Quand cela est possible la même station joue les deux rôles.

Le calcul des débits nécessaires a été fait sur la base d'un modèle fictif continu de 2 l/s/ha brut irrigable.

Les stations sont équipées de moteurs dont la puissance est supérieure à 100 ch pour profiter de la détaxe sur le carburant. Mais la puissance est fractionnée autant que possible pour permettre à la station de fonctionner même en cas de panne d'un groupe. Sauf dans certains cas particuliers (station installée près d'un centre de distribution électrique, à Boghé ou à Matam) on utilisera des motopompes: groupe diesel accouplé à une pompe à hélices.

### iii. Le réseau d'irrigation

Le choix des cultures, riz, céréales, impose l'irrigation traditionnelle, aussi le réseau est-il gravitaire. Le revêtement des canaux a été étudié mais considéré comme non économique; en effet, les terres sont très argileuses et les pertes très faibles. Aussi les canaux sont-ils seulement revêtus dans certains ouvrages (vannes, prises, siphons) le reste étant en terre compactée. Le dimensionnement des canaux est fonction des débits transportés. Le calcul a été fait pour l'irrigation des rizières 24 h/24 et les autres cultures 12 h/24.

Le coefficient d'efficience est de 1,20 pour le système d'irrigation d'un périmètre moyen (5 000 ha). Les caractéristiques des canaux ont été définies comme suit:

- canaux de plus de  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , talus de 2 de base pour 1 de hauteur
- canaux de moins de  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , talus de 3 de base pour 2 de hauteur
- ce calage est fait de façon que la charge à l'amont de l'ouvrage de prise soit de 0,45 m
- les pentes sont très faibles et les vitesses sont de l'ordre de  $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$
- les remblais des cavaliers auront une largeur de 3 m au moins pour permettre un compactage efficace. Pour les canaux de faible pointure, les crêtes de cavalier auront 1 m de large ce qui implique un creusement du canal dans une plate-forme préalablement compactée.

#### iv. Régularisation

Le système de distribution de l'eau pose toujours au projeteur un problème. Ou bien le réseau est très rustique sans ouvrage de régulation à l'aval et il se perd beaucoup d'eau, avec des temps de réponse très longs et des arrêts d'irrigation. Ou alors le réseau comporte des ouvrages de régulation qui sont plus sophistiqués mais assez fragiles, difficiles à régler et le réseau fonctionne à la demande, avec des temps de réponse courts et une perte d'eau négligeable.

Le choix qui a été fait est un compromis entre les deux solutions permettant de minimiser les inconvénients.

#### v. Réseau amont

Pour les canaux dont le débit est supérieur à 500 l/s environ, la commande se fait par l'aval, avec des régulateurs automatiques de niveau aval constant du type "avis" ou "avio". Ceci permet le minimum de perte d'eau et le maintien d'une réserve importante créant un "tampon" lors des arrêts de l'irrigation.

#### vi. Réseau aval

Pour les canaux dont le débit est inférieur à 500 l/s le système est celui de commande par l'amont" avec des déversoirs sur les canaux. Les débits sont régulés et délivrés par des modules à masque qui tolèrent une variation du plan d'eau de  $\pm 10$  pour cent.

#### vii. Réseau d'assainissement

Le réseau d'assainissement est indépendant du réseau d'irrigation et lui est symétrique. Ce réseau s'adapte aux conditions de topographie, les émissaires principaux étant des marigots naturels. Partout où cela était possible des mares naturelles ont été aménagées afin de créer des zones tampons ou "volant" pour que les stations de pompage d'exhaure ne travaillent pas par à-coups.

Le réseau d'assainissement joue trois fonctions:

- Evacuation des eaux de ruissellement provenant des pluies sur le périmètre;
- Evacuation des pertes et des surplus d'eau d'irrigation (vidange de bassin de submersion, etc)
- Le drainage profond dans les zones où celui-ci se pose.

En première étape, il a été admis, au vu des conditions des sols, que le drainage profond n'était pas nécessaire. Cependant les emprises ont été prévues suffisamment larges pour permettre l'approfondissement des drains et l'installation d'un système de collecte des eaux de drainage.

Des trois fonctions définies pour ce réseau d'assainissement c'est la première qui met en jeu le maximum de débits et de volumes d'eau, à la saison des pluies (juillet/août) lorsque le Sénégal a une cote maximale et que l'évacuation gravitaire est possible, ce qui nécessite l'installation de stations de pompage. En saison sèche il est presque toujours possible d'évacuer par gravité.

Le calcul des débits d'assainissement a été basé sur les principes admis pour l'ensemble de la vallée.

- Evacuation de la pluie de un jour de fréquence décennale la plus défavorable pour les polycultures et la pluie de quatre jours pour les rizières;
- Possibilité de stockage dans les zones de rizières d'une tranche d'eau maximale de 10 cm ajoutée aux 10 cm de submersion normale;
- Admission d'une submersion exceptionnelle de plus de 10 cm pendant une durée ne dépassant pas quatre jours, sur de faibles surfaces dans les parties basses rizicoles du périmètre
- Evacuation (un jour) des eaux de ruissellement dans les zones de polyculture.

Avec ces hypothèses on obtient les modules d'assainissement de l'ordre de:

- 2 l/s/ha pour l'évacuation en quatre jours du volume d'eau tombée;
- 7 l/s/ha pour l'évacuation immédiate évitant toute submersion (zone de polyculture).

Quand cela est possible on prévoit un stockage dans des mares ou dans des zones non irrigables pour éviter le suréquipement de la station d'exhaure.

Les fossés de colatures ont une section trapézoïdale avec pente de talus de 3 de base pour 2 de hauteur.

#### viii. L'aménagement à la parcelle

L'irrigation se fait par bassins de submersion pour les rizières; pour les autres cultures elle se fera par infiltration, bassins, raies, corrugations ou planches.

Le périmètre est divisé en quartiers de 10 à 15 ha permettant de fournir en tête l'eau d'irrigation par rotation. Deux types d'aménagements ont été prévus:

- Quartiers à vocation rizicole. Les quaternaires d'irrigation sont espacés de 150 m et séparés par les colatures quaternaires à mi-distance. Les bassins de submersion sont rectangulaires de 75 m de longueur et d'une largeur de 30 à 120 m suivant la pente du terrain de façon à limiter les mouvements de terre. La superficie de ces bassins est de l'ordre de 0,5 ha en moyenne. Les longueurs de réseau d'irrigation et de planage sont de l'ordre de 85 m/ha. Les ouvrages de prise sont du type tout ou rien avec vannette ou buse obturable.
- Quartiers de polyculture. L'irrigation se fait par infiltration, dans le sens de la plus grande pente du terrain naturelle qui est inférieure à 2 pour cent; la longueur des parcelles est limitée à 150 m et le planage est fait par la méthode dite des touches de piano. L'alimentation se fera par des siphons en matière plastique ( $\phi = 50$  mm). La longueur du réseau d'irrigation et de colature est également de l'ordre de 85 m/ha.

C'est sur ces hypothèses que les quatre périmètres et les trois casiers-pilotes ont été étudiés.

### 13.3 PERIMETRE DE MATAM (y compris casier pilote) (cf. plan 5)

#### i. Situation

Ce périmètre en rive gauche du fleuve est situé le plus à l'amont; il se trouve à 625 km de l'embouchure. La superficie endiguée est de 11 000 ha et la superficie brute irrigable est de 9 950 ha, donnant une superficie nette irriguée de 7 953 ha.

#### ii. Topographie et cartographie

L'aménagement a été établi sur la base d'un plan topographique au 1/20 000 dressé par SOGREAH par restitution photogrammétrique à partir d'une couverture aérienne au 1/15 000 établie par l'IGN (1960). L'étude du casier-pilote a été faite sur la base d'un plan au 1/10 000 dressé par levé direct au sol.

#### iii. Endiguement

Le niveau des digues calculé d'après le modèle mathématique se présente comme suit en cote IGN:

	<u>Longueur</u> (km)	<u>Côte d'arasement</u> (m)
Digue sud	10,8	19,30
Digue le long du Sénégal	5,2	19,30 à 18,50
Digue le long du Tialougueul	14,6	19,30 à 17,50
Digue nord	4,1	17,50

La longueur totale est de 34,7 km avec des passages de plus de 5 m de hauteur, soit un volume de remblais de 1,6 million de mètres cubes, ce qui correspond à 1 088 millions de FCFA soit un prix 1/ de 136 000 FCFA pour l'hectare net irrigué.

#### iv. Stations de pompage

Les stations de pompage prévues sont équipées de pompes à hélices entraînées par moteur diesel. Certaines stations jouent le double rôle de stations d'irrigation et d'exhaure. Dans ce cas leur bassin d'aspiration est relié soit au fleuve soit au fossé d'assainissement. Le refoulement se fait dans une bâche, un jeu de vannes permet de diriger l'eau soit sur le fleuve soit sur le canal principal. Leurs caractéristiques sont données au tableau 36. Le prix de l'ensemble des stations est estimé à 907 millions de FCFA soit un coût à l'hectare net irrigué de 113 000 FCFA.

#### v. Réseau d'irrigation

Le périmètre est divisé en quatre zones. La zone du casier-pilote située à l'est de la ville de Matam est alimentée par une station de pompage indépendante (superficie irriguée nette 743 ha). Elle est desservie par deux canaux principaux de  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  et de 600 l/s sur lesquels la "régularisation par l'aval" est prévue grâce à deux vannes "avis". L'assainissement est creusé artificiellement suivant un axe est-ouest jusqu'à un marigot naturel se jetant dans le Tialougueul ou un bassin d'amortissement et une station d'exhaure permettant de refouler le débit excédentaire.

La zone sud située au sud de la ville de Matam est alimentée par la station A (superficie brute 6 000 ha). Elle est desservie par deux canaux principaux. Le canal S1A, de direction N-S, à un débit en tête de  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ . Il comporte trois vannes à niveau aval constant. A l'extrémité de ce canal, une station de pompage relève l'eau de 1,60 m dans le canal B dont le débit en tête est de  $4,75 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Le réseau d'assainissement symétrique est entièrement artificiel par création d'une colature ramenant les eaux vers la station A qui, de ce fait, est une station mixte.

La zone nord, 2 000 ha, est alimentée par la station de pompage D implantée sur le Tialougueul. Un canal principal longe la digue de protection jusqu'à une station E de reprise qui relève l'eau de 2,60 m. Le canal a un débit en tête de  $3,1 \text{ m}^3/\text{s}$  et, après la station de reprise E, un débit de  $3 \text{ m}^3/\text{s}$  avec deux vannes à niveau aval constant.

Le réseau d'assainissement a pour axe principal le marigot du Seni qui rejoint la station de pompage D qui, de ce fait, est une station mixte.

1/ Les prix indiqués pour les périmètres sont toutes taxes comprises (TTC) sauf indication contraire.

La zone est (1 000 ha bruts irrigués) est alimentée par la station de pompage C située sur le Tialougueul; elle est desservie par deux canaux dont le débit en tête est de 800 l/s chacun.

Le réseau d'assainissement a pour axe principal le Seni et la station d'exhaure D dessert ce secteur.

Le prix de revient d'un tel réseau (non compris les quaternaires) est de 2 144 millions de FCFA soit 244 000 FCFA l'hectare net irrigué.

#### vi. Planage et aménagement des terres

Le planage et l'aménagement des terres sont conformes aux dispositions prévues. On trouve sur ce périmètre:

- Aménagement pour la méthode des touches de piano: 3 800 ha
- Aménagement type bassin rizicole avec planage: 4 200 ha.

Le prix de revient de ces travaux (y compris les canaux quaternaires) est estimé à 1 637 millions FCFA soit 206 000 FCFA l'hectare net irrigué.

### 13.4 PERIMETRE DE SALDE-WALA (cf. plan 6)

#### i. Situation

Ce périmètre se trouve sur la rive gauche du fleuve à 475 km de l'embouchure, soit au milieu de la basse vallée du Sénégal. La superficie endiguée est de 5 000 ha, la superficie brute irrigable de 4 200 ha et la superficie nette irriguée de 3 400 ha.

#### ii. Topographie et cartographie

Cartographie. La carte du périmètre a été établie au 1/20 000 par restitution photogrammétrique à partir de photos aériennes au 1/15 000 prises par l'IGN (en 1960).

#### iii. Endiguement

La caractéristique principale de ce périmètre est qu'il comporte un endiguement total. Les autres unités naturelles d'équipement s'appuient en général sur le dieri ce qui évite l'endiguement sur un côté. Dans le cas de Saldé, le périmètre est situé dans l'île à Morfil limitée par le Doué et le Sénégal.

Les niveaux des crêtes de digues ont été calculés d'après le modèle mathématique.

	<u>Longueur</u> (km)	<u>Cote IGN</u> (m)
Digue sud	5	14,10
Digue le long du Sénégal	14,3	14,10 à 13,30
Digue le long du Doué	12,2	14,10 à 13,30
Digue nord	2,3	13,30

L'endiguement total est de 33,8 km et nécessite un volume de remblais de 1,5 million de mètres cubes.

Il faut également construire une route qui enjambe le Doué (par un pont de 200 m) et rejoint la route principale du dieri située à 3,5 km.

Le coût total de l'endiguement est de 757 millions de FCFA soit 222 500 FCFA l'hectare net irrigué.

La route est estimée à 380 millions de FCFA (140 millions pour la digue et 240 millions pour le pont).

#### iv. Stations de pompage

Au nombre de deux, elles servent aussi bien pour l'irrigation que pour l'exhaure; elles sont situées sur le Sénégal (Station A) et sur le Doué (Station B). Leurs caractéristiques sont données au tableau 36. Le bassin d'aspiration est relié soit au fleuve soit au fossé principal de colature. Le refoulement se fait soit dans une bâche, un jeu de vannes permet de diriger l'eau dans les canaux principaux, soit vers le fleuve. Le coût total des stations de pompage est estimé à 315 millions de FCFA soit 93 000 FCFA l'hectare net irrigué.

#### v. Réseau d'irrigation

Le périmètre est divisé en deux zones irriguées et drainées à partir des deux stations de pompage. La zone A, située au nord-ouest du périmètre, est alimentée par deux canaux principaux (superficie brute irrigable 2 790 ha): A1, ayant un débit en tête de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  et A2, un débit en tête de  $2,6 \text{ m}^3/\text{s}$ , comportant une vanne à niveau constant.

La zone B située au sud du périmètre est alimentée par deux canaux principaux: B1, avec un débit en tête de  $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  et B2 avec un débit en tête de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Le réseau d'assainissement est de direction E-O; dans la zone A il a comme axe principal le marigot Harao et dans la zone B le marigot Menga joue le rôle d'axe principal de drainage.

Le prix de revient d'un tel réseau, non compris les quaternaires est de 741 millions de FCFA soit un prix de 218 000 FCFA l'hectare net irrigué.

#### vi. Planage et aménagement des terres

Etant donné la nature des sols, ce périmètre comporte:

- des aménagements type billon en touche de piano 800 ha
- des aménagements type bassin rizicole avec planage 2 600 ha.

Le coût de ces aménagements a été estimé y compris les canaux quaternaires à 688 millions de FCFA soit 202 500 FCFA l'hectare net irrigué.

### 13.5 PERIMETRE ET CASIER-PILOTE DE BOGHE (cf. plan 7)

#### i. Situation

Ce périmètre se trouve sur la rive droite du fleuve à 380 km de l'embouchure. La superficie endiguée est de 5 250 ha et la superficie brute irrigable de 4 439 ha (800 ha environ ont été abandonnés non pour la qualité des sols mais pour leur microrelief très accentué. Ils seront irrigués par aspersion si nécessaire). La superficie nette irriguée est de 4 000 ha.

#### ii. Cartographie

La carte servant à établir le projet a été obtenue par réduction au 1/20 000 d'une carte levée au 1/5 000 par le Service du génie rural de Mauritanie.

#### iii. Endiguement

La digue de protection longe le fleuve Sénégal sur le bourrelet de berge et rejoint ensuite les dunes du dieri. La cote de crête est à la cote IGN 11,15 à l'amont et 10,65 à l'aval; sa longueur totale est de 13,7 km.

Le prix estimé d'une telle digue est de 179 millions de FCFA soit 44 000 FCFA l'hectare net irrigué.

#### iv. Stations de pompage

Les stations de pompage sont prévues au bord du Sénégal. Elles sont équipées de pompes à hélices. Le Gouvernement mauritanien a exprimé le désir d'utiliser des électropompes avec station de production d'énergie installée dans la ville de Boghé. Leurs caractéristiques sont données au tableau 36. Le prix de revient de ces stations est estimé à 409 millions de FCFA soit 102 000 FCFA l'hectare net irrigué.

#### v. Réseau d'irrigation

Le périmètre est partagé en trois zones:

- Zone du casier-pilote: située à l'est, elle est irriguée par un canal principal de débit en tête  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$  (superficie brute irrigable 1 200 ha) comportant des vannes à niveau aval constant.

- Zone A: située au sud du périmètre, elle est desservie par le canal principal A dont le débit en tête est de  $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$  et qui se répartit en deux canaux secondaires (superficie brute irriguée 900 ha).
- Zone B: située au nord du périmètre, elle est desservie par deux canaux principaux.

B1 - dont le débit en tête est de  $1,35 \text{ m}^3/\text{s}$  (superficie brute irriguée 750 ha);  
 B2 - dont le débit en tête est de  $1,85 \text{ m}^3/\text{s}$  (superficie brute irriguée 1 575 ha).

Ce canal comporte à son extrémité une station de pompage C qui relève l'eau permettant d'irriguer 150 ha dont 50 par aspersion. Il a également deux régulateurs à niveau aval constant.

Le réseau d'assainissement pour la zone du casier-pilote a comme axe principal un marigot naturel passant près de Boghé, l'eau étant rejetée dans le Sénégal par la station d'exhaure ou par gravité.

Le réseau d'assainissement pour le reste du périmètre a comme axe principal le marigot Olo. La décharge se fait dans le fleuve Sénégal soit par pompage durant la saison des pluies quand le Sénégal est en crue (août à novembre) soit par gravité le reste de l'année.

Le coût de l'ensemble, réseau d'irrigation et d'assainissement, est estimé à 956 millions de FCFA soit 239 000 FCFA l'hectare net irrigué.

#### vi. Planage et aménagement des terres

Au vu de la nature des sols, ce périmètre a été aménagé conformément aux principes énoncés plus haut.

	<u>ha</u>
- Aménagement par la méthode dite des touches de piano	860
- Aménagement type bassin rizicole avec planage	2 940
- Aménagement par aspersion	150

Le prix de revient de tels travaux a été estimé à 624 millions de FCFA y compris les canaux quaternaires, soit un prix de revient de 156 000 FCFA l'hectare net irrigué.

### 13.6 PERIMETRE ET CASIER-PILOTE DE NIANGA (cf. plan 8)

#### i. Situation

Ce périmètre est situé le plus à l'aval de ceux étudiés par SOGREAH. Il se trouve entre le marigot du Doué et le dieri, à environ 280 km de l'embouchure du fleuve (sur la rive gauche). La superficie endiguée est de 14 400 ha environ. La superficie brute irrigable de 13 000 ha et la superficie nette cultivable de 9 000 ha (gravité) plus 225 ha (aspersion).

### ii. Cartographie

La carte au 1/20 000 ayant servi à l'établissement du projet d'aménagement a été obtenue par réduction des plans au 1/5 000. La partie à l'est a été établie par photogrammétrie. La partie à l'ouest a été levée au sol.

### iii. Endiguement

La digue de protection contre les crues est déjà construite, mais à une cote inférieure de 1 m à la cote de protection. Il est prévu dans le futur de la surélever de 1 m.

	Longueur (km)	Cote IGN (m)
Digue est	12,7	7 à 7,5
Digue nord	6,5	7,5
Digue ouest	13	7

Le prix de cette digue est complexe à estimer car une partie de la digue est a été construite par le Service des routes afin de relier la ville de Podor à la route principale du dieri. La partie de la digue construite pour le périmètre a été estimée à 250 millions de FCFA et la partie digue de la route à une somme équivalente, soit 500 millions de FCFA, ce qui donne, dans l'état actuel des choses 50 000 FCFA l'hectare. En tenant compte de la surélévation future estimée à 105 millions de FCFA, le prix serait de 60 000 FCFA/ha net irrigué (cf. annexe 1, AM/26).

### iv. Stations de pompage

Elles sont prévues au bord du Doué. Sauf une station d'exhaure située au bord du N'Galanka, à la pointe sud-ouest, et qui sert exclusivement à l'exhaure. Ce sont des motopompes entraînées par moteurs diesel. Leurs caractéristiques sont données au tableau 36. Le prix de revient de l'ensemble des stations est estimé à 949 millions de FCFA soit 95 000 FCFA l'hectare net irrigué.

### v. Réseau d'irrigation

Le périmètre est partagé en trois zones principales:

- a) La zone du casier-pilote au nord-ouest, irriguée par un canal principal de débit en tête de  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$  dont le plan d'eau est réglé par quatre vannes à niveau aval constant (superficie irrigable brute 1 240 ha).
- b) Au sud une zone nettement séparée de la zone nord par les marigots du Namardé; elle comporte quatre secteurs irrigués par un canal principal A qui ceinture le périmètre au sud en passant sur le bourrelet de berge du N'Galanka qui forme la limite sud du périmètre.
- Le secteur A est alimenté par le canal A d'où partent trois secondaires, soit un débit en tête de  $14,5 \text{ m}^3/\text{s}$  (le premier canal secondaire part de la station de pompage et a un débit en tête de  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Ce secteur comporte deux vannes à niveau aval constant et a une superficie brute irrigable de 2 691 ha.

- Le secteur D est alimenté par le canal du même nom faisant suite au canal A. son débit en tête est de  $10,7 \text{ m}^3/\text{s}$ , il comporte également deux régulateurs à niveau aval constant et domine une superficie brute irrigable de 2 728 ha.
- Le secteur E est alimenté par le canal du même nom faisant suite au canal D. Son débit en tête est de  $6,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Il comporte deux régulateurs de niveau aval et domine une superficie de 2 661 ha.
- Le secteur F alimenté par le canal F est situé à l'extrémité ouest de cette zone; le canal l'alimentant a un débit de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ ; il ne comporte aucun régulateur automatique et domine une zone de 900 ha.

c) Au nord une zone formée de deux secteurs séparés par le casier-pilote.

- Le secteur C alimenté par deux secondaires portant respectivement des débits de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $1,1 \text{ m}^3/\text{s}$  et dominant 1 239 ha.
- Le secteur G alimenté par un canal principal portant un débit en tête de  $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$  et dont le plan d'eau est réglé par un régulateur automatique à niveau aval constant. La zone dominée a une superficie de 1 640 ha.

Le réseau d'assainissement de ce périmètre est dirigé E-O. Pour la zone du casier-pilote, l'axe principal est le marigot du Mayal et du Wali Diala. En zone sud l'axe principal est le marigot du Diossorol pour les secteurs A et D. Les secteurs E et F ont comme axe principal de drainage le Namardé. En zone nord, pour le secteur C l'axe d'assainissement est le marigot du Namardé et pour le secteur G, l'axe d'assainissement est le marigot du Namardé à sa jonction avec le N'Galanka.

L'ensemble du réseau d'irrigation et de drainage est estimé à 3 200 millions de FCFA soit un prix de revient de 320 000 FCFA l'hectare net irrigué.

#### vi. Planage et aménagement des sols

La répartition des cultures est fonction de la qualité des sols; les aménagements par la méthode dite des touches de piano représentent 2 400 ha et les aménagements en bassin rizicole avec planage 7 450 ha; l'aspersion sera installée sur 250 ha environ sans gros travaux de planage.

Le coût total de l'aménagement des parcelles, y compris les canaux quaternaires et les prises, est de 1 960 millions de FCFA soit 196 000 FCFA TTC à l'hectare net irrigué.

Le coût hors taxe (HT) total des aménagements est en moyenne de 554 000 FCFA/ha pour l'ensemble des périmètres avec 25 830 ha nets aménagés (cf. tableaux 37 et 38).

L'énergie annuelle nécessaire au pompage pour l'irrigation et l'exhaure est en moyenne respectivement de 635 kWh/ha/an et 35 kWh/ha/an, équivalant à 190 l/ha et 11 l/ha de carburant. Le besoin brut annuel à la prise est en moyenne de 24 000  $\text{m}^3/\text{ha/an}$  (cf. tableau 39).

## 13.7 AMENAGEMENT DE DAGANA

L'aménagement de Dagana a été étudié par la SCET-Internationale pour le compte de la Société d'aménagement du delta. Ce projet est financé par un prêt de la Banque mondiale. Les principes d'aménagement sont dans l'ensemble identiques à ceux des périmètres étudiés par SOGREAH.

i. Situation

Ce périmètre, situé dans le haut delta du fleuve Sénégal, se trouve à environ 200 km de l'embouchure dans une boucle du fleuve. La superficie endiguée est de 4 350 ha, la superficie brute irrigable de 3 523 ha et la superficie nette irriguée de 2 729 ha.

ii. Cartographie

La carte de Dagana a été établie par levé direct au sol à l'échelle 1/5 000.

iii. Endiguement

L'endiguement de Dagana a été projeté en 1971. La digue a un profil en travers différent de celles des périmètres précédents. La largeur en crête est de 1,50 m, la pente des talus est de 2/1 pour la partie haute de la digue lorsque la hauteur est inférieure à 3 m et de 2,5/1 pour la partie basse de la digue lorsque la hauteur est supérieure à 3 m. La digue comporte donc deux pentes dans le cas où sa hauteur est supérieure à 3 m.

La cote de la digue a été calculée pour protéger le périmètre contre les risques de crue centennale mais la revanche choisie est de 0,35 m seulement.

La cote dans ces conditions est de 5,60 m IGN à l'amont (près de Bokholé) et à 5,30 m IGN à l'aval près de Dagana.

La longueur totale de la digue est de 18,9 km et son volume est de 122 000 m<sup>3</sup>, son coût est de 40 millions FCFA soit 15 000 FCFA l'hectare net irrigué.

iv. Stations de pompage

Au nombre de trois, les stations de pompage sont équipées de groupes électro-pompes; la solution électrique a été choisie de préférence aux groupes motopompes. Les pompes sont du type "Hélice". Leurs caractéristiques sont données au tableau 36. Le prix total de revient de ces stations est estimé à 287 millions FCFA soit un coût à l'hectare net irrigué de 105 000 FCFA.

vi. Rôle de la mare-réservoir de Dagana

Rôle d'assainissement. La condition la plus contraignante pour l'assainissement est l'évacuation des eaux de pluie durant la décennie considérée statistiquement comme une période décennale pluvieuse. Ceci exige une station d'exhaure de 18 m<sup>3</sup>/s. Cette station serait suréquipée et ne travaillerait à sa capacité que trois jours tous les dix ans, ce qui est prohibitif.

v. Réseau d'irrigation

Le périmètre est partagé en trois zones:

a) Zone A. Située à l'ouest du périmètre elle est alimentée par la station de pompage du même nom (superficie irriguée nette = 725 ha) et desservie par trois canaux principaux au départ de la station.

- Canal A1 en direction du nord, portant en tête un débit de 910 l/s avec une régulation de niveau obtenue par une vanne "Avio".
- Canal A2 en direction de l'est, portant un débit en tête de 390 l/s sans qu'aucune régulation du niveau ne soit nécessaire.
- Canal A3 en direction du sud-est, portant un débit en tête de 510 l/s et ne nécessitant également pas de régulation du niveau.

b) Zone B. Située au sud-ouest du périmètre elle est alimentée par la station B (superficie nette irriguée = 1 630 ha) et desservie par deux canaux principaux et par le chenal D qui est endigué.

- Le canal B1 au nord comporte deux vannes "Avis"; le débit en tête de ce canal est de 1,50 m<sup>3</sup>/s.
- Le canal B2 au sud longe l'endiguement est; il est très court et ne comporte aucun module; son débit en tête est de 120 l/s.
- Le chenal D endigué domine la plus grande partie de cette zone; son plan d'eau est réglé par une "Avis" et le débit en tête est de 2,3 m<sup>3</sup>/s.

c) Zone C. Située au bord du périmètre elle est alimentée par la station du même nom (superficie irriguée = 374 ha) et desservie par trois canaux principaux.

- Le canal C1 de direction est, dont le plan d'eau est calé à la cote 4,80 m IGN, ne comporte pas de régulateur automatique et son débit en tête est de 400 l/s.
- Le canal C2 de direction ouest, est calé à la même cote; il comporte un régulateur automatique "Avio" et son débit en tête est de 300 l/s.
- Le canal C3 de direction sud, dont le plan d'eau est calé à 1,50 m IGN, représente le bas service et a un débit en tête de 80 l/s.

Pour l'assainissement, le débit spécifique pris en compte est de 3,8 l/s en zone de polyculture et de 1,8 l/s en zone rizicole.

L'assainissement dans les zones A et B est dirigé vers l'ouest en direction de la mare naturelle de Dagana. Cette cuvette, qui nécessite un endiguement, a un rôle bien particulier qui est expliqué plus loin. La zone C a un assainissement naturel dirigé vers la station d'exhaure du même nom.

#### vi. Rôle de la mare-réservoir de Dagana

Rôle d'assainissement. La condition la plus contraignante pour l'assainissement est l'évacuation des eaux de pluie durant la décennie considérée statistiquement comme une période décennale pluvieuse. Ceci exige une station d'exhaure de  $18 \text{ m}^3/\text{s}$ . Cette station serait suréquipée et ne travaillerait à sa capacité que trois jours tous les dix ans, ce qui est prohibitif.

Aussi a-t-on aménagé une mare naturelle (dont certains points sont au-dessous du 0 IGN), située près de Dagana, en réservoir permettant d'accumuler les eaux de ruissellement et servant de "volant". Au début juillet cette mare est asséchée et son remplissage nécessite  $2\ 300\ 000 \text{ m}^3$ ; à condition de la ceinturer de digues de protection, elle permet de réaliser les conditions d'assainissement imposées, avec la station A d'exhaure nécessaire à l'irrigation.

Rôle d'irrigation. Ce réservoir est utilisé également pour l'irrigation. Le périmètre de Dagana se trouve à l'entrée du delta et, durant les années de faible débit, l'eau salée remonte à Dagana ce qui interdit de pomper dans le fleuve durant les mois de mai et juin. Ce cas peut être prévu deux mois à l'avance, aussi est-il possible de créer un stockage dans cette mare en avril-mai afin de permettre l'irrigation pendant le mois de juin.

Pour ce périmètre, le coût du réseau "irrigation-assainissement" (y compris la digue du réservoir) est estimé à 400 millions de FCFA soit 147 000 FCFA l'hectare net irrigué.

#### vii. Aménagement des sols

Le projet prévu à Dagana est différent de celui des périmètres étudiés par SOGREAH. Il est beaucoup plus sommaire.

- Le planage n'est pas envisagé dans les bassins rizicoles. Les diguettes suivent les courbes de niveau et dans une parcelle la dénivellation entre deux points est de 10 cm. La superficie traitée suivant cette méthode est de 1 410 ha.
- Les zones de polyculture sont traitées de la même façon que dans les autres périmètres par la méthode dite des touches de piano. Leur superficie est de 1 219 ha.

Cependant, il semble qu'à l'exécution, des modifications importantes seront apportées pour que les travaux soient exécutés conformément aux dispositions prises par SOGREAH. En effet, les utilisateurs du sol éprouveront des difficultés:

- au travail du sol, labour, semis.
- à la moisson à cause de l'irrégularité des parcelles qui gênent le travail mécanique.
- à l'irrigation à cause des dénivellées du plan d'eau qui, lorsqu'elles sont importantes entre deux points de la parcelle rizicole, provoquent une baisse de rendement. Aussi la SAED, maître d'œuvre, a l'intention, à l'exécution, de modifier le projet et de le réaliser en fin de compte conformément aux dispositions prévues par SOGREAH-FAO sur les autres périmètres.

- Le secteur D est alimenté par le canal du même nom faisant suite au canal A. son débit en tête est de  $10,7 \text{ m}^3/\text{s}$ , il comporte également deux régulateurs à niveau aval constant et domine une superficie brute irrigable de 2 728 ha.
- Le secteur E est alimenté par le canal du même nom faisant suite au canal D. Son débit en tête est de  $6,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Il comporte deux régulateurs de niveau aval et domine une superficie de 2 661 ha.
- Le secteur F alimenté par le canal F est situé à l'extrême ouest de cette zone; le canal l'alimentant a un débit de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ ; il ne comporte aucun régulateur automatique et domine une zone de 900 ha.

c) Au nord une zone formée de deux secteurs séparés par le casier-pilote.

- Le secteur C alimenté par deux secondaires portant respectivement des débits de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  et  $1,1 \text{ m}^3/\text{s}$  et dominant 1 239 ha.
- Le secteur G alimenté par un canal principal portant un débit en tête de  $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$  et dont le plan d'eau est réglé par un régulateur automatique à niveau aval constant. La zone dominée a une superficie de 1 640 ha.

Le réseau d'assainissement de ce périmètre est dirigé E-O. Pour la zone du casier-pilote, l'axe principal est le marigot du Mayal et du Wali Diala. En zone sud l'axe principal est le marigot du Diessorol pour les secteurs A et D. Les secteurs E et F ont comme axe principal de drainage le Namardé. En zone nord, pour le secteur C l'axe d'assainissement est le marigot du Namardé et pour le secteur G, l'axe d'assainissement est le marigot du Namardé à sa jonction avec le N'Galanka.

L'ensemble du réseau d'irrigation et de drainage est estimé à 3 200 millions de FCFA soit un prix de revient de 320 000 FCFA l'hectare net irrigué.

#### vi. Planage et aménagement des sols

La répartition des cultures est fonction de la qualité des sols; les aménagements par la méthode dite des touches de piano représentent 2 400 ha et les aménagements en bassin rizicole avec planage 7 450 ha; l'aspersion sera installée sur 250 ha environ sans gros travaux de planage.

Le coût total de l'aménagement des parcelles, y compris les canaux quaternaires et les prises, est de 1 960 millions de FCFA soit 196 000 FCFA TTC à l'hectare net irrigué.

Le coût hors taxe (HT) total des aménagements est en moyenne de 554 000 FCFA/ha pour l'ensemble des périmètres avec 25 830 ha nets aménagés (cf. tableaux 37 et 38).

L'énergie annuelle nécessaire au pompage pour l'irrigation et l'exhaure est en moyenne respectivement de 635 kWh/ha/an et 35 kWh/ha/an, équivalant à 190 l/ha et 11 l/ha de carburant. Le besoin brut annuel à la prise est en moyenne de 24 000  $\text{m}^3/\text{ha}/\text{an}$  (cf. tableau 39).

## 13.7 AMENAGEMENT DE DAGANA

L'aménagement de Dagana a été étudié par la SCET-Internationale pour le compte de la Société d'aménagement du delta. Ce projet est financé par un prêt de la Banque mondiale. Les principes d'aménagement sont dans l'ensemble identiques à ceux des périmètres étudiés par SOGREAH.

i. Situation

Ce périmètre, situé dans le haut delta du fleuve Sénégal, se trouve à environ 200 km de l'embouchure dans une boucle du fleuve. La superficie endiguée est de 4 350 ha, la superficie brute irrigable de 3 523 ha et la superficie nette irriguée de 2 729 ha.

ii. Cartographie

La carte de Dagana a été établie par levé direct au sol à l'échelle 1/5 000.

iii. Endiguement

L'endiguement de Dagana a été projeté en 1971. La digue a un profil en travers différent de celles des périmètres précédents. La largeur en crête est de 1,50 m, la pente des talus est de 2/1 pour la partie haute de la digue lorsque la hauteur est inférieure à 3 m et de 2,5/1 pour la partie basse de la digue lorsque la hauteur est supérieure à 3 m. La digue comporte donc deux pentes dans le cas où sa hauteur est supérieure à 3 m.

La cote de la digue a été calculée pour protéger le périmètre contre les risques de crue centennale mais la revanche choisie est de 0,35 m seulement.

La cote dans ces conditions est de 5,60 m IGN à l'amont (près de Bokholé) et à 5,30 m IGN à l'aval près de Dagana.

La longueur totale de la digue est de 18,9 km et son volume est de 122 000 m<sup>3</sup>, son coût est de 40 millions FCFA soit 15 000 FCFA l'hectare net irrigué.

iv. Stations de pompage

Au nombre de trois, les stations de pompage sont équipées de groupes électro-pompes; la solution électrique a été choisie de préférence aux groupes motopompes. Les pompes sont du type "Hélice". Leurs caractéristiques sont données au tableau 36. Le prix total de revient de ces stations est estimé à 287 millions FCFA soit un coût à l'hectare net irrigué de 105 000 FCFA.

Pour mémoire nous donnons les prix prévus pour l'aménagement initial, qui ne peuvent être comparés aux autres aménagements.

Le prix total estimé est de 184 millions de FCFA soit un coût de 68 000 FCFA à l'hectare net irrigué.

Chapitre 14

**SCHEMA HYDRAULIQUE D'AMENAGEMENT – BARRAGE RESERVOIR AMONT –  
BARRAGE ANTI-SEL DU DELTA**

**14.1 HISTORIQUE**

Les études sur le fleuve Sénégal ont commencé depuis fort longtemps. Le premier rapport intéressant est celui de Belime (1922) qui préconise la construction de barrages à Bakel et à Félou pour renforcer le débit d'étiage et la dérivation de la crue du fleuve vers le Ferlo.

**i. Conception de l'Union hydro-électrique africaine (UHEA)**

La création de l'UHEA en 1927 donne une impulsion nouvelle aux études; en 1946, cette société remet à l'Administration un rapport dans lequel elle suggère la construction d'un barrage réservoir à Gouina, d'un barrage déversoir à Bakel, avec dérivation de 100 m<sup>3</sup>/s vers le Ferlo, à partir d'une station d'exhaure. Ceci devait permettre d'irriguer 130 000 ha dans l'île à Morfil et 150 000 ha dans le Ferlo.

En 1950, l'UHEA présente un autre rapport où elle envisage la régularisation du fleuve Sénégal à 485 m<sup>3</sup>/s par la construction d'un barrage à Gouina, la mise en valeur de 300 000 ha et la construction d'un barrage antisel à St-Louis.

En 1951, la même Société propose un aménagement par étape en gardant comme objectif final la construction du barrage de Gouina. Elle suggère l'aménagement dans une première phase de l'île à Morfil sur les bases suivantes: création à Saldé Vinding d'un seuil destiné à dériver dans le Doué les débits inférieurs à 100 m<sup>3</sup>/s, d'un barrage sur le Doué pour la production d'énergie et d'un réservoir de 5 millions m<sup>3</sup>/s dans un oualo. De cette façon, on pouvait irriguer par gravité 230 000 ha, et par pompage 77 000 ha.

En 1966, un autre projet plus modeste est présenté au financement du Fonds européen de développement (FED). Il reprend les idées du projet 1951, les superficies étant plus modestes à aménager (50 000 ha) et le barrage à vocation électrique ainsi que le réservoir supprimé.

### ii. Rapport Drouhin - 1949

Une mission conduite par M. Drouhin, soumet un rapport qui préconise l'irrigation dans la vallée dont la vocation agricole est certaine et l'abandon du projet Ferlo. Les projets sont gigantesques car il faut régulariser le fleuve par création de barrages-réservoirs et diviser le fleuve en biefs successifs créés à l'aide de barrages effaçables pendant la crue.

### iii. Conception de la Mission d'aménagement du Sénégal (MAS)

Cette Mission a essayé de dégager une doctrine pour l'aménagement de la vallée; en 1953, elle présente un rapport comportant plusieurs phases:

- 1<sup>re</sup> phase: amélioration de la submersion par construction de barrages-digues à Matam, Kaédi, Cascas et Dagana; construction d'un barrage à St-Louis.
- 2<sup>e</sup> phase : utilisation optimale du barrage de Dagana pour remplir le lac de Guiers et le R'Kiz.
- 3<sup>e</sup> phase : construction d'un ouvrage de régulation à Bakel et substitution progressive de la submersion par l'irrigation.
- 4<sup>e</sup> phase : régulation importante dans le haut bassin par la création de réserves interannuelles.

En 1955, la MAS présente un projet moins ambitieux. Le projet ne comporte que deux barrages, celui de Dagana et un second entre Saldé et Diorbivol dont le rôle serait de surélever la crue et de créer des zones où la submersion est assurée même en période de sécheresse. La régularisation du fleuve à Gouina ou Bakel et l'irrigation ne sont considérées que comme des échéances à long terme. C'est une affaire de génération.

## 14.2 PROJET D'AMENAGEMENT ACTUEL (cf. plans 4 et 9)

Depuis 1955, de nombreuses études ont permis de mieux connaître les caractéristiques de la vallée au point de vue topographique, pédologique, régime des débits, etc. De nombreux ouvrages ont fait le point des connaissances nouvelles. Mais surtout le principe de régularisation du fleuve n'est plus contesté et l'Organisation des Etats riverains du Sénégal (OERS) a admis que la première étape de cette régularisation était l'obtention d'un débit de 300 m<sup>3</sup>/s à Bakel et l'objectif final la régularisation de 600 m<sup>3</sup>/s. Le schéma d'aménagement admis actuellement est le suivant:

- création d'ouvrages de retenue à l'amont permettant la régularisation du fleuve.
- endiguement des unités naturelles d'équipement et obtention de la maîtrise complète de l'eau, soit par pompage, soit par gravité quand cela est possible.
- construction d'un ouvrage antisel dans le delta pour éviter la pénétration d'eau salée dans l'embouchure du fleuve.

On examine dans ce chapitre les barrages prévus sur le fleuve.

14.2.1 Barrages du haut bassin

L'étude du haut bassin du fleuve Sénégal en vue d'une régularisation a été confiée par sous-contrat à la Société Sénégal Consult 1/. Les recommandations de cette société pour la régularisation du haut bassin peuvent se résumer comme suit:

i. Première étape

Construction d'un barrage réservoir à Manantali dont les caractéristiques sont les suivantes:

- barrage à contreforts construit sur le Bafing.	
- volume utile	10 milliards $m^3$
- volume de la retenue	11 milliards $m^3$
dont 5 milliards de mètres cubes pour la réserve interannuelle	
- hauteur maximale de l'ouvrage au-dessus des fondations	73 m
- niveau de la retenue normale	207,5 m/s/m
- niveau de couronnement	215,5 m/s/m
- débit normal turbiné	350 $m^3/s$
- débit équipé sous la chute minimale	520 $m^3/s$
- puissance garantie	100 MW
- puissance installée	150 MW
- production annuelle d'énergie	800 GWh

Ce barrage a trois rôles:

- création d'un débit régulier de  $300 m^3/s$  à Bakel
- laminage de la crue millénale qui doit être ramenée à la hauteur de la crue centennale (d'où la tranche de 207,5 à 214, soit 6,5 m)
- production d'énergie électrique.

Le coût des travaux est estimé à 115 millions de dollars US se décomposant en 25 millions pour l'usine hydro-électrique et 90 millions pour la régularisation. De plus, durant les premières années, le barrage sera exploité de façon à créer une crue artificielle permettant la poursuite des cultures de décrue dans la vallée. La régularisation à  $300 m^3/s$  permet également la navigation jusqu'à Kayes des chalands de 1,40 m de tirant d'eau, à condition d'effectuer les déroctages et le dragage de certains seuils.

ii. Deuxième étape

Lorsque les équipements dans la vallée auront atteint un niveau tel que toute l'eau régularisée sera pratiquement consommée par l'irrigation, on aura: 230 000 ha irrigués en double culture et un débit résiduel inférieur à  $100 m^3/s$ . A ce stade, l'eau salée remonte assez haut dans le fleuve pour gêner les irrigations du delta.

1/ Dans le cadre du projet PNUD/UN. RAF 52.

Il faut passer à la construction d'un autre ouvrage que Sénégäl Consult estime devoir être Gourbassi. Ce barrage, sur la Falémé, est du type enrochement et ses caractéristiques sont les suivantes:

- volume utile	1,5 milliard $m^3$
- volume de la retenue	2,1 milliards $m^3$
- hauteur maximale de l'ouvrage au-dessus des fondations	35 m
- niveau de la retenue normale	94 m/s/m
- niveau de couronnement	99 m/s/m
- niveau maximal à la crue millénale	95,5 m/s/m
- débit normal turbiné	60 $m^3/s$
- débit équipé sous chute minimale	90 $m^3/s$
- puissance garantie	13 MW
- puissance installée	20 MW
- production annuelle d'énergie	104 GWh

Ce barrage serait implanté à deux fins: régularisation de la Falémé pour l'irrigation à un débit de  $100 m^3/s$  et production d'énergie électrique. Son coût est estimé à 45 millions de dollars US dont 38 pour la régularisation et 7 pour l'usine hydro-électrique.

### iii. Troisième étape

Dès que la consommation d'eau pour l'irrigation laisse un débit résiduel inférieur à  $100 m^3/s$ , il faut songer à un troisième barrage. Sénégäl Consult préconise la construction, sur le fleuve Sénégäl, d'un barrage en enrochement avec masque amont au site de Galouga. Cet ouvrage a les caractéristiques suivantes:

- volume utile de la retenue	30 milliards $m^3$
- volume brut de la retenue	31,9 milliards $m^3$
- hauteur maximale de l'ouvrage au-dessus des fondations	84 m
- niveau de la retenue normale	134 m/s/m
- niveau de couronnement	139 m/s/m
- niveau maximal atteint lors de la crue millénale	135 m/s/m
- débit normal turbiné	440 $m^3/s$
- débit équipé sous chute minimale	660 $m^3/s$
- puissance garantie	190 MW
- puissance installée	285 MW
- production annuelle d'énergie garantie	285 GWh

Le prix de cet ouvrage est estimé à 179 millions de dollars US dont 149 pour la régularisation et 30 pour l'usine.

Tels sont, à l'heure actuelle, les schémas d'aménagement prévus dans le haut bassin, afin de permettre la régularisation du fleuve en étape finale à  $600 m^3/s$  à Bakel et en première phase à  $300 m^3/s$ . La construction du barrage de Manantali a été décidée par le Conseil des Ministres de l'OERS en janvier 1970 (résolution N° 13) dans le cadre du développement intégré du bassin du fleuve Sénégäl. Dans la même résolution, le Conseil a décidé la réalisation du barrage du delta à l'aval.

14.2.2 Barrage du delta (cf. plan 10)

Le projet a eu à s'occuper du problème de la remontée des eaux salées dans l'embouchure du Sénégal; deux solutions sont possibles:

- soit créer un réservoir amont qui garantisse dans le delta un débit supérieur à  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  durant toute l'année, ce débit servant à refouler l'eau de mer;
- soit créer un seuil qui empêche la remontée des eaux salées, le fleuve étant barré à l'étiage.

L'étude de cet ouvrage a été confiée en 1971 à la SOGREAH qui a été chargée de l'étude de l'avant-projet. Les résultats consignés dans deux documents (cf. annexe 1, AM 18 et AM 22) sont résumés ci-après.

i. Rôle du barrage

Lors de l'étiage qui commence en décembre, le débit du fleuve diminue notablement et l'eau de mer n'est plus refoulée. Le delta étant une zone très plate avec des niveaux dans le lit mineur, inférieurs au niveau de la mer, l'eau salée remonte jusqu'à une distance comprise entre 180 et 250 km suivant la gravité de l'étiage. Ce n'est que vers le mois de juillet que la nouvelle crue repousse la langue salée et que l'eau dans le lit du delta devient douce.

Les conséquences de cette intrusion marine font qu'il est impossible de réaliser plus d'une culture dans les terres se trouvant dans la zone de remontée de l'eau salée à M'Pourié, Saed, Richard-Toll et que les villages se trouvant dans le delta n'ont plus d'approvisionnement en eau douce durant de nombreux mois. Aussi la création d'un seuil ou d'un ouvrage vanné permettant d'arrêter la remontée des eaux salées a été envisagée; la condition imposée est que le barrage s'efface devant la crue en ne modifiant pratiquement pas l'écoulement naturel; par contre à l'étiage, il faut que l'ouvrage représente un obstacle insurmontable à la remontée marine.

ii. Choix du site

Il a été fait en fonction d'un certain nombre de facteurs:

But à atteindre Il s'agit d'arrêter la remontée de l'eau salée de façon à protéger tous les ouvrages de prise existant actuellement et servant à l'irrigation des périmètres du delta, ou à l'alimentation en eau des villes. Les ouvrages de prise se trouvent à l'amont de Keur Marsal. Mais il n'est pas nécessaire de descendre à l'aval de St-Louis car le fleuve devient plus Large. Les recherches du site se sont limitées entre St-Louis et Keur Marsal.

Considérations topographiques et géologiques. Une campagne de prospection géophysique et des considérations topographiques ont permis de sélectionner quatre sites de barrages dont le substratum pouvait convenir aux fondations de l'ouvrage. Après quelques sondages, il est apparu que seul le site de Diama, le plus à l'aval, pourrait convenir du point de vue fondation, malgré des endiguements plus longs.

Le Conseil des Ministres de l'OMVS au cours d'une réunion de juillet 1972 décide d'adopter définitivement le site de Diama pour la construction d'un ouvrage antisel pouvant servir éventuellement à l'irrigation.

### iii. Description de l'ouvrage

L'ouvrage est très classique. C'est un barrage mobile; la construction doit se faire dans un coude de la rivière en dehors du lit mineur; un chenal artificiel rétablira l'écoulement. A la fin des travaux, le Sénégal dans son lit mineur actuel sera barré par une digue en enrochement et en sable déversés dans l'eau.

Le barrage mobile. L'ouvrage comporte dix passes de 13,50 m de largeur, équipées de vannes secteur de 11 m de hauteur. Le cloisonnement entre les passes est constitué de piles de 3,50 m d'épaisseur supportant les paliers des vannes. La crête des piles se trouve à la cote + 4 IGN. La fondation est assise sur un substratum gréso-sableux se trouvant à - 16 m IGN. La cote du seuil de déversement est de - 8,50 m IGN; elle est très peu différente de la cote du fleuve (- 10,00) ce qui évite des affouillements à l'aval. Un bassin de dissipation d'énergie et de rétablissement de l'homogénéité de l'écoulement se trouve incorporé au radier aval. Sa longueur est de 33 m. L'épaisseur du radier est de 6 m en moyenne. De cette façon il y a peu de perturbation lors du passage de fortes crues, les pertes de charges sont minimes et il ne se produit pratiquement pas de ressaut hydraulique.

L'écluse. En rive gauche du fleuve, est accolée au barrage une écluse de navigation de dimensions utiles 15 x 100 m et dont la profondeur au-dessous du 0 IGN est de - 5 m; le sas et les ouvrages de tête de l'écluse sont fondés sur pieux afin de reporter les efforts sur le substratum gréso-sableux.

Les ancrages. En rive droite, la culée s'ancre sur la digue de fermeture du Sénégal qui se prolonge jusqu'à Tound Béret. En rive gauche, l'écluse s'ancre sur une digue qui assure la fermeture jusqu'au Tound N'Guinor. Ces digues d'ancrage et de fermeture de la retenue vers l'aval sont arasées à la cote + 3,50 m IGN et leur section courante a une forme trapézoïdale de 7 m de largeur en crête et les talus amont et aval sont à 2/1. La coupure du fleuve est réalisée par une digue plus importante de 20 m de largeur de crête, les pentes des talus étant de 3/1 au-dessous de la cote + 0,50 IGN et de 2/1 au-dessus. L'étanchéité de cette digue de coupure est assurée par une paroi moulée dans l'axe de l'ouvrage.

Les ouvrages. Un certain nombre d'ouvrages permettant l'alimentation en eau des marigots rive droite doivent être construits à Gouère, Djoup, Oulalon et Réal; ce sont de petits ouvrages vannés permettant le remplissage en eau douce des marigots. La déviation vers l'Aftout-es-Sahel comporte:

- un ouvrage de tête pour  $150 \text{ m}^3/\text{s}$  fermé par les vannes de  $6 \times 2 \text{ m}$  de section, la cote du seuil d'écoulement est de - 0,50 m
- un canal de déviation de 15 km de long, de 60 m de large au plafond et de talus 2/1. La pente du canal serait de 1/15 000 et il débouche à la cote - 2 m.
- le canal de drainage créant une liaison Djoudj-Gorom-Djeuss, et permettant de dériver les eaux du Gorom et du Djoudj vers le Djeuss.

Si actuellement les ouvrages permettent, lors de la décrue, de drainer les cuvettes de la SAED vers le Gorom et le Djoudj, en cas de construction du barrage ces ouvrages ne pourront plus être utilisés, car les niveaux de drainage sont plus bas que la retenue. Aussi faudra-t-il construire un canal ramenant les eaux de drainage du Gorom et du Djoudj vers le Djeuss ce qui permettra de drainer à l'aval du barrage de Diama au niveau de Dakar Bango.

Endiguement. La retenue à la cote 1,50 m IGN n'est pas entièrement fermée et de nombreux marigots et défluents dans les bourrelets de berge dont la cote est inférieure à 1,50 m risquent de vider la retenue; aussi faut-il construire un endiguement pour ceinturer celle-ci:

- en rive gauche cet endiguement existe depuis 1964 date à laquelle il a été construit. Il s'agit de le surélever partiellement pour qu'il puisse supporter les nouvelles cotes de crue.
- en rive droite, à part la cuvette de M'Pourier, il n'existe aucun endiguement. Aussi faut-il le construire entièrement.

SOGREAH a étudié plusieurs schémas possibles d'endiguement. Toute la retenue est ceinturée par des digues ou par le terrain naturel, à une cote supérieure au niveau de la crue centennale majorée de 1 m. On a également vérifié qu'à la crue milléniale le niveau des digues conserve une revanche de 30 à 40 cm.

#### iv. Fonctionnement du barrage

Lors du démarrage de la crue, les vannes du barrage sont ouvertes et le débit passe entièrement, l'ouvrage s'efface devant la crue. Dès que le débit diminue et devient tel que  $QH$  est inférieur à  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $Q$  = débit du fleuve,  $H$  = hauteur de chute) on ferme les vannes partiellement, toutes au même niveau, afin de maintenir le plan d'eau désiré. Lorsque les prélèvements pour l'irrigation et par évaporation sont supérieurs aux apports on ferme complètement les vannes.

#### v. Choix de la cote de l'ouvrage

La cote de l'ouvrage est déterminée par le passage de la crue milléniale estimée à  $6500 \text{ m}^3/\text{s}$ . A ce débit, le tracé de la ligne d'eau fixe les niveaux de 2,80 m à l'amont et 2,35 m à l'aval (cote IGN), le sommet des piles a donc été arasé à 4 m IGN. Cette obligation d'avoir des piles assez hautes a incité les projeteurs à proposer un ouvrage pouvant jouer le rôle de réservoir en prenant comme cote du niveau de la retenue normale 2,50 m IGN au lieu de 1,50 m IGN, strict nécessaire au rôle antisel.

Dans le rapport final sur l'étude du barrage du delta (cf. annexe 1, AM 22) plusieurs variantes sont donc proposées:

- la cote de retenue normale de l'ouvrage à 1,50 m ou à 2,50 m IGN
- le schéma de tracé des endiguements avec :
  - tracé D0 = endiguement partiel large
  - tracé D1 = endiguement total large
  - tracé D2 = endiguement total étroit
- à la cote 1,50 m on peut irriguer 30 000 ha en double culture
- à la cote 2,50 m on peut irriguer 50 000 à 60 000 ha en double culture.

Les schémas d'endiguement inondent plus ou moins de terres du côté mauritanien.

<u>Cote du barrage</u>	<u>Superficie de retenue suivant les schémas d'endiguement</u>		
	(en ha)		
	D0	D1	D2
2,50 m	80 000	70 000	56 000
1,50 m	40 000	37 000	28 000

Dans le cas de la retenue à 1,50 m, les digues à construire sont de simples fermettes des points bas, et peuvent être des digues submersibles.

Le Conseil des Ministres de l'Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal (OMVS) au cours de sa réunion de juillet 1973 à Bamako a pris la décision suivante:

- construire l'ouvrage de Diama à la cote 2,50 m, mais son exploitation se ferait à la cote 1,50 m (la différence de prix entre les deux représentant le surplus de dimensionnement des vannes, soit 40 millions de FCFA ou 160 000 dollars US).
- la cote de retenue serait à 1,5 m et un endiguement du côté mauritanien serait réalisé en digues submersibles sur le bourrelet de berges.

Le coût d'un tel ouvrage est de 30 millions de dollars US y compris l'endiguement et les ouvrages de prise (non compris le canal d'alimentation de l'Aftout); ce prix s'entend toutes taxes comprises; en prix hors taxe on atteint 20 millions de dollars US.

Chapitre 15**DRAINAGE****15.1 INTRODUCTION**

Les sols du delta du fleuve Sénégala, d'une superficie d'environ 370 000 ha, sont affectés par le sel dans leur presque totalité. La majorité des aménagements existants dans la vallée se trouvant dans le delta (18 000 ha environ), le projet a été amené à étudier ce problème et les remèdes à y apporter. L'étude faite comporte deux volets:

- l'inventaire des sols du delta en fonction de leur drainabilité; les résultats sont consignés dans le rapport DR/12 cité en annexe 1.
- l'expérimentation en vraie grandeur de différents systèmes de drainage sur un petit périmètre pilote très salé à Boundoum. Une synthèse des travaux réalisés au cours de trois années est donnée dans le rapport HG/6 (cf. annexe 1).

La Compagnie sucrière du Sénégala (CSS) à Richard-Toll a installé, à partir de 1971, des réseaux de drainage sur 2 000 ha de terres rizicoles réaménagées pour la culture de la canne à sucre. Les conditions différentes de celles étudiées par le projet et l'expérience obtenue complètent, dans une certaine mesure, celles du projet bien qu'aucun rapport n'ait été publié sur cette réalisation.

Un inventaire pédologique des terres du delta a été dressé par la SEDAGRI (cf. PE/10, annexe 1). La classification des sols tient compte, entre autres, de leurs différents taux de salure. Comme la présente étude s'était orientée vers le dessalement des sols les plus salés, le taux de salinité ne joue pas un rôle significatif et n'a été traité que d'une manière sommaire dans les études.

**15.2 POTENTIEL EN TERRES DRAINABLES (cf. plan 11)**

La classification des terres en fonction de leur drainabilité a été pondérée sur les critères suivants:

- le lessivage superficiel des terres n'est pas efficace;
- le lessivage en profondeur n'est viable que si la couche superficielle argileuse est suffisamment perméable et s'il y a une couche sous-jacente sableuse et épaisse pour évacuer l'eau percolée latéralement vers des drains qui doivent être espacés de plus de 50 m pour que le système de drainage soit justifié dans les conditions actuelles;

- la perméabilité de la couche superficielle dépendant surtout de son épaisseur, deux classes ont été admises: une classe de terres faciles à drainer, avec une épaisseur inférieure à 50 cm et une classe de terres difficiles à drainer, dont l'épaisseur varie entre 50 cm et 100 cm;
  - la couche sous-jacente doit avoir une transmissivité (KD) de  $1 \text{ m}^2/\text{j}$  au moins;
  - pour que le lessivage soit efficace, il faut que la couche superficielle soit assez homogène, afin d'éviter qu'il y ait, à courtes distances, trop de variations dans le taux de percolation, ce qui exclut les sols fluvio-deltaïques et limite le potentiel drainable, pour le moment, aux sols des cuvettes.
- Cependant, il est possible qu'une expérimentation future démontre que la récupération des terres fluvio-deltaïques est faisable.

En se limitant aux terres des cuvettes, facilement drainables, il existe 8 000 ha sur la rive droite en aval du casier de M'Pouré et 13 000 ha sur la rive gauche à l'intérieur de la route Rosso-St-Louis. Avec les terres difficilement drainables et les terres fluvio-deltaïques, le potentiel total est de 38 000 ha sur la rive droite et 55 000 ha sur la rive gauche.

Le lessivage demande une percolation verticale qui ne peut être assurée que par une submersion permanente de 100 jours, ce qui exclut au début (pendant cinq saisons) toute autre culture que le riz.

Le taux de salinité n'intervient pas dans la classification; l'expérience à Boundoum a démontré que dès la première année, le riz a des rendements satisfaisants, même sur des terres qui ont initialement une salinité donnant une conductivité électrique de l'extrait de pâte saturée (CE5) de 50 mmhos ou 30 g de sel par litre (cf. annexe 1, DR 12).

### 15.3 EXPERIMENTATION AVEC SYSTEME DE DRAINAGE

Le dessalement par un lessivage superficiel ne s'est pas révélé efficace (cf. annexe 1 DR 12); le processus par lequel le sel passe par diffusion dans l'eau d'irrigation semble être très lent à cause d'une mauvaise micro-porosité de la couche superficielle due à la détérioration de sa structure. Le drainage profond a été testé sur 80 ha à Boundoum-Ouest; les paramètres étudiés, qui affectent le processus de drainage sont: l'écartement et la profondeur des drains (enterrés ou ouverts) et les amendements, principalement le gypse.

La nécessité de percoler au minimum 400 mm pendant la première saison a été admise, pour obtenir un lessivage valable, en tenant compte du resalement lors d'une contre-saison en jachère. Pour ce faire, une submersion continue pendant plusieurs mois est requise. La valeur d'une percolation de 400 mm/saison ou 6 mm/j peut être atteinte pour la couche superficielle avec une épaisseur maximale de 1 m, si l'on applique un amendement de gypse de 4 t/h. Quand la double culture annuelle de riz sera possible, après la construction des barrages, l'emploi du gypse ne sera plus indispensable, car la période annuelle sans irrigation sera beaucoup plus courte, ce qui diminuera les dangers de resalement. Avec une percolation de 4 mm/j et des valeurs de transmission de la couche sous-jacente sableuse variant entre 1 et  $5 \text{ m}^2/\text{j}$ , l'écartement des drains doit varier de 65 m à 240 m s'ils sont placés à une profondeur de 1,30 m.

Il est possible de semer le riz dès la première saison, une préirrigation de 15 à 21 jours étant suffisante pour faire baisser la salinité dans la zone où il établit ses racines. Dès la première année, des rendements de 3 t/ha doivent être obtenus, bien qu'il soit recommandé de semer une variété résistante au sel (D 52-37, SR 26 B). Si la percolation est insuffisante, elle peut être améliorée par une mise à sec du riz après tallage pour une durée de six à sept jours.

Une fois le dessalement acquis sur 1 m de profondeur, des cultures diversifiées avec irrigation intermittente sont possibles, comme l'indiquent les résultats positifs obtenus avec des tomates sur billons (rendements de 35 t/ha pour la saison 1973/74 selon la SAED).

Entre les drains ouverts et les drains enterrés, les derniers sont beaucoup moins chers, donc à préférer. Les drains enterrés utilisés pour l'expérimentation à Boundoum sont des tuyaux PVC perforés qui pourraient éventuellement être facilement fabriqués au Sénégal ou en Mauritanie. Posés en pente avec une profondeur allant de 1,30 m à 1,80 m sur 200 m de longueur, ils sont enrobés dans une couche de coquillages broyés et aboutissent à des drains ouverts ou à des égouts enterrés.

Une comparaison entre les coûts d'investissement des deux systèmes et leurs frais d'entretien indique que le système avec collecteurs fermés est le plus économique.

Dans les conditions du delta, avec les niveaux du fleuve, au raz ou dépassant ceux des terrains, le pompage sera indispensable. L'investissement en drains enterrés, avec collecteurs fermés et dispositif de pompage, sera de 75 000 FCFA/ha (prix HT) se répartissant comme suit: 22 500 FCFA pour les drains, 22 500 FCFA pour le collecteur et le bassin et 30 000 FCFA pour le pompage. Les charges annuelles sont de 2 300 FCFA/ha TTC (1 700 FCFA HT) pour une seule culture annuelle et 3 700 FCFA/ha (2 800 FCFA HT) pour une double culture.

Le système de drainage en profondeur doit être mis en place immédiatement là où on veut mettre en valeur des cuvettes à sols salés avec une conductivité de plus de 8 mmhos. En ce qui concerne la mise en valeur ou le réaménagement des sols qui sont non ou peu salés, son installation immédiate n'est pas nécessaire. Il est toutefois à craindre que les terres se resalent par le truchement d'une nappe fortement salée et les apports de sel de l'eau d'irrigation qui provient exclusivement du fleuve (0,06 g/l) et que les rendements en riz baissent. Ce cas devrait se manifester quand la salinité des sols dépasse la valeur de conductivité de la pâte saturée de 8 mmhos/cm. Dans ce cas, il serait nécessaire de surimposer un système de drains sur le périmètre existant. Le système enterré avec des collecteurs fermés serait préférable parce qu'il serait complètement indépendant du système de colature existant et ne demanderait donc pas de travaux de recalibrage de ce dernier. En admettant la nécessité d'un taux de percolage qui n'est que de 1 mm/j, le coût d'investissement s'élèverait à environ 75 pour cent de celui concernant la récupération des sols fortement salés (taux 4 mm/j, salinité > 8 mmhos).

## 15.4 CLASSIFICATION DE LA DRAINABILITE DES SOLS DU DELTA

Le delta est formé de dépôts sédimentaires qui se sont accumulés sur une zone de subsidence. Il a connu au moins trois transgressions marines, dont la dernière, dans la période du nouakchottien 5 000 BP, est montée jusqu'à Boghé. Il en résulte que la nappe est salée bien que dans la basse vallée des nappes d'eau douce, en général d'une épaisseur réduite, se soient superimposées sur la nappe salée. Les couches aquifères ont en général une perméabilité réduite qui, avec un relief plat, permet très peu de mouvements horizontaux de l'eau souterraine. Seule l'infiltration de l'eau de pluie, des inondations ou l'évaporation, influencent son équilibre.

La couche superficielle (jusqu'à 2 m d'épaisseur) est en général argileuse dans les cuvettes, et argilo-limoneuse dans les formations fluvio-deltaïques bordant le fleuve et ses anciens bras. Elle git sur une couche plus perméable, sablo-limoneuse, qui est le produit du remaniement des couches sableuses déposées lors de la transgression du nouakchottien, et mélangée avec des matériaux plus fins. La configuration des couches superficielles et des couches sous-jacentes est indiquée sur les cartes pédologiques jointes au présent rapport sous couverture séparée.

Les observations sur la nappe peuvent se résumer ainsi:

- i. la nappe est contenue dans un aquifère constitué de couches lenticulaires de granulométrie variable, de sorte que les circulations horizontales sont aisées à l'intérieur d'une lentille sableuse, mais difficiles de l'une à l'autre et qui expliquent les différences de niveaux apparemment incompréhensibles. De plus, les échanges entre la nappe et le fleuve et ses défluents sont insignifiants en raison du "tapissage" argileux des lits mineurs. L'absence d'une pente hydraulique suffisante, parce que le terrain est plat est un obstacle de plus aux écoulements.
- ii. la nappe est très salée en raison de son origine: eau de mer qui n'est presque pas renouvelée; les résidus secs varient de 15 à 50 g/l.
- iii. la profondeur de la nappe varie suivant l'altitude du lieu et la saison, de 0 à 2,50 m.
- iv. la nappe est très peu alimentée directement par les pluies. Il faut une accumulation d'eau à la surface du sol provenant soit de la pluie, soit du débordement du fleuve et de ses défluents, pour provoquer une montée sensible de la surface piézométrique. La facilité avec laquelle se forment des mares après les pluies indique d'ailleurs assez la résistance des couches superficielles à l'infiltration. Cependant, la première forte pluie en début d'hivernage s'infiltre facilement en sa presque totalité grâce à de larges fentes de dessiccation formées pendant la saison sèche et pouvant atteindre les strates perméables. L'eau pluviale dispose alors de plusieurs heures pour pénétrer dans le sous-sol avant que les fentes se referment sous l'effet du gonflement des argiles.

- v. la vidange de la nappe se fait essentiellement par l'évaporation qui rabat le niveau aux environs de la cote - 1 pendant la saison sèche, sur l'ensemble du delta. L'alternance des périodes d'inondation et d'évaporation provoque la migration du sel vers la zone de balancement de la nappe et de sa frange capillaire.

### 15.5 DRAINABILITE

Dans cette étude (cf. annexe 1, HG 6, tome IV) exécutée avant que les résultats de l'expérimentation menée à Boundoum ne soient connus, on a essayé de faire la corrélation entre certaines caractéristiques des sols et sous-sols du delta, avec leur comportement hydro-dynamique, afin d'établir leur aptitude au drainage. Avec les taux de percolation jugés nécessaires pour récupérer en temps raisonnable les terres salées, et en se basant sur l'expérience d'autres projets de dessalement, ces caractéristiques ont permis :

- de choisir le terrain d'expérimentation de Boundoum-Ouest et d'établir un premier programme d'essais sur des sols des cuvettes.
- d'établir une carte à l'échelle 1/100 000, indiquant des terres méritant d'être étudiées d'une manière plus approfondie en matière de drainabilité et celles qui sont à considérer d'ores et déjà comme inutilisables pour l'agriculture.

La prospection a débuté avec la détermination de l'épaisseur et la texture des couches fluvio-deltaïques. Des études antérieures avaient décrit les terres de cuvettes comme étant formées de plusieurs mètres d'argile, donc jugées difficilement drainables alors que les formations fluvio-deltaïques étaient considérées comme plus légères, donc plus perméables.

Dès le début, la prospection révéla une très grande hétérogénéité de faciès horizontal et vertical, tandis que dans le même temps, quelques observations faites sur les cuvettes semblaient montrer que la couche argileuse superficielle n'était pas très épaisse. Pour cette raison, la prospection à la tarière fut étendue sur les cuvettes. L'absence de différence fondamentale entre le fluvio-deltaïque et les cuvettes, en ce qui concerne l'épaisseur de la couche superficielle, fut confirmée. Les études furent poursuivies sur les sols des cuvettes qui seules avaient l'avantage d'être dominées par un système de submersion par gravité qui existait dans le delta.

On a essayé ensuite de déterminer la perméabilité des couches argileuses superficielles en faisant la corrélation entre le taux d'infiltration en milieu saturé et la texture. Bien que l'on n'ait pas trouvé cette relation, on a pu démontrer que l'infiltration est très faible (pour 50 pour cent des essais, moins de 100 mm en 21 heures) et que l'on pourrait donc s'attendre à des difficultés pour la percolation, surtout pour des couches d'une épaisseur de plus de 100 cm étant donné qu'en surface les fentes de retrait améliorent la pénétration de l'eau (cf. annexe 1, HG 6, Tome IV, page 29).

Pour déterminer la perméabilité horizontale des couches sous-jacentes, on a fait la corrélation entre la texture et le coefficient de perméabilité, en se basant sur 40 mesures de la perméabilité par la méthode du trou à la tarière. En classifiant les sols en trois faciès on trouve (cf. op. cit, page 33):

- les sables francs (85 à 95 % de sable et 2 à 6 % d'argile + limon fin) = 1,5 m/j
- les sables fins (60 à 80 % de sable et 15 à 25 % d'argile + limon fin) = 1,0 m/j
- l'argile fluante (limon 50 %) et faciès rubané (35 à 45 % de sable, 27 à 32 % d'argile + limon fin) = 0,3 m/j.

Afin d'établir les normes pour la carte des textures, on a admis en se basant sur l'expérience d'autres projets de dessalement, qu'il fallait, comme minimum pour assurer le bilan du sel des sols non salés, une percolation de 1 mm/j. Pour arriver à ce taux, il a été estimé que la couche superficielle argileuse ne dépasse pas 1 m d'épaisseur.

En ce qui concerne la transmissivité de la couche sous-jacente, des valeurs de 1 à 2 m<sup>2</sup>/j ont été jugées minimales pour justifier économiquement le système de drainage.

La carte ainsi établie ne faisait pas la distinction entre les sols fluvio-deltaïques et les sols de cuvettes, et à l'intérieur des limites déterminées par l'épaisseur maximale admise de 1 m, on distinguait quatre unités:

	<u>ha</u>
i. sous-sol trop peu perméable	17 700
ii. sous-sol limoneux "argile fluante et faciès rubané" 2 m <sup>2</sup> /j	33 300
iii. sables fins KD = 3 m <sup>2</sup> /j	45 100
iv. sables francs KD = 4 à 5 m <sup>2</sup> /j	28 600

Les unités ii, iii et iv représentent 107 000 ha (cf. op. cit, page 46) ou, dans une région limitée par la piste M'Pourie-Keur Macène et une ligne est-ouest aboutissant au Sholl-Boule dans le nord et la route Rosso-St. Louis dans le sud-est, 93 000 ha.

Avec l'expérimentation à Boundoum on a redéfini les unités en distinguant les terres avec couche superficielle de moins de 0,50 m (étant définie comme facilement drainable) de celles avec couche variant de 0,50 m à 1 m (définie comme difficilement drainable). Pour la couche sous-jacente, on a distingué des unités d'une valeur de transmissivité de moins de 1,5 m<sup>2</sup>/j, de 1,5 à 2,5 m<sup>2</sup>/j, de 2,5 à 3,5 m<sup>2</sup>/j et de 3,5 à 5,5 m<sup>2</sup>/j.

Dans ces classes on a distingué séparément les sols fluvio-deltaïques que l'on a jugés difficiles à drainer techniquement par suite de l'hétérogénéité de la couche superficielle et dont on ne dispose pas de données pratiques, l'expérimentation à Boundoum s'étant limitée aux sols de cuvettes (cf. plan 11).

## 15.6 SYSTEMES DE DESSALEMENT

L'expérimentation avec des systèmes de dessalement a été concentrée sur le casier de Boundoum-Ouest, aménagé par la SAED. La culture du riz avec semis sous pluie suivi d'une submersion contrôlée a échoué à cause d'une forte salinité qui atteignait des valeurs de 40 à 50 mmhos/cm CE5 (27 g/l). Le régime de la nappe est identique à celui du reste du delta; cette nappe monte quand les terres sont inondées soit par la pluie, soit par le fleuve ou la submersion contrôlée. Son niveau varie entre 0 et 2,50 m - TN, avec une salinité à Boundoum très voisine de celle de l'eau de mer (30 g/l).

A Boundoum, le profil du sol est constitué (a) d'une couche argileuse de surface (40 à 60 pour cent d'argile) de 0,25 m à 1 m d'épaisseur, très peu perméable, reposant sur (b) une couche sableuse qui contient plus de 60 pour cent de grains d'un diamètre supérieur à 50 microns, d'une épaisseur de 0,1 m à 0,4 m surmontant (c) une couche très stratifiée, où de petits bancs de limon alternent avec des couches de sable fin rendant le mouvement de l'eau difficile, et en-dessous (d) de 1,5 m à 2 m - TN dépendant du niveau de la nappe une "phase fluante" dans laquelle le pourcentage d'argile et de limon augmente avec la profondeur influançant l'épaisseur de la couche drainante.

Les expérimentations se sont déroulées principalement dans la période fin août-janvier, car en contre-saison le pompage était arrêté suite à l'intrusion d'eau marine dans le fleuve. L'eau pompée à la fin de l'hivernage et stockée dans le marigot de Lampsar a quand même permis d'irriguer 5 à 6 ha en contre-saison. Hormis le drainage profond, le lessivage de surface et le drainage par charrue-taupe ont été testés à Boundoum.

Le lessivage de surface mettant en solution les sels de la couche superficielle dans l'eau de submersion n'a pas été efficace. Le processus par lequel le sel du sol passe par diffusion dans l'eau d'irrigation semble être très lent dans les conditions du delta, ceci à cause d'une mauvaise micro-porosité due à la détérioration de la structure de la couche superficielle. Le drainage par charrue-taupe dans les argiles épaisses n'a pu être testé valablement car la formation de galeries s'est révélée trop difficile.

Le drainage profond a été testé avec un réseau de drains enterrés ou à ciel ouvert, avec écartement et profondeur définis. Le premier objectif était de voir si un dessalement était possible. Cette possibilité est conditionnée par les caractéristiques physiques du sol (infiltration, percolation, perméabilité). Ces facteurs une fois mesurés, ont fait ressortir la possibilité de dessalement; ils servent de base pour établir les normes de drainage, compte tenu des exigences de la culture.

La vitesse d'infiltration initiale (période d'imbibition) dans le sol est très élevée (50 à 100 mm/j); après cette période, la vitesse d'infiltration diminue jusqu'à une valeur de 0,5 à 1 mm/j. La charge solide importante de l'eau d'irrigation (7 g/l) composée d'éléments fins d'argile et de limon ainsi que la mauvaise structure de la couche d'argile de nature kaolinique et une forte alcalinité (ESP)<sub>1/</sub> 20 pour cent provoquent cette baisse d'infiltration.

1/ ESP. Pourcentage de sodium échangeable.

On a déterminé d'abord la courbe de lessivage qui donne la relation entre la quantité d'eau percolée (en mm) et l'évolution de la salinité sur une épaisseur donnée (cf. annexe 1, DR 12, page 32, fig. 3.1); cette courbe est valable pour des cuvettes qui ont une couche argileuse de surface de 0,30 m à 0,40 m, avec une salinité initiale du profil de 30 à 50 mmhos/cm CE<sub>5</sub>, avec la restriction que le lessivage ne soit pas interrompu par de longues périodes (> 50 jours).

En moyenne, on arrive, pour une percolation de 400 mm à un dessalement de 90 pour cent dans la couche superficielle de 0 à 40 cm, et de 80 pour cent sur tout le profil jusqu'à 1 m. Avec 600 mm, on obtient respectivement 95 et 91 pour cent.

En prenant comme critère que le sol est dessalé de façon valable si la concentration de sel répond à une valeur de moins de 4 mmhos/cm, CE<sub>5</sub> jusqu'à 1 m, la salinité est réduite à cette valeur après avoir fait percoler 600 mm. En pratique, sans traitement spécial de la couche argileuse, ceci peut être obtenu après quatre à cinq cultures de riz successives, sans interruptions d'une durée trop longue, c'est-à-dire avec deux cultures annuelles et intercycles de 50 jours au maximum.

Dans les conditions actuelles du delta, la langue salée dans le fleuve empêche l'irrigation pendant la contre-saison; le processus de dessalement sans traitement de la couche superficielle argileuse est jugé trop lent et aléatoire, vu le resalétement pendant cette saison (six à sept mois).

Pour pallier cet état de choses, divers procédés classiques ont été testés:

i. Des essais d'irrigation à petite échelle avec de l'eau ayant entre 5 à 10 g/l de sels ont donné des résultats positifs; une percolation de l'ordre de 10 mm/j a été enregistrée, donnant, après une vingtaine de jours de submersion sur 40 cm, une salinité de 8 mmhos CE<sub>5</sub>. Sur le plan pratique, l'irrigation à l'eau saumâtre se heurte à la difficulté de trouver l'eau avec le bon taux de salinité, ni trop haut ni trop bas.

ii. Amendement avec du gypse: le gypse utilisé est un sous-produit des phosphates de Taïba; il est broyé (< 40 microns). Son action de remplacement du sodium fixé au complexe absorbant par le calcium provoque une amélioration de la structure de l'argile qui ne se déflocale pas au contact de l'eau.

Dans différents essais, une relation très claire a pu être établie entre le dosage de gypse et la percolation, bien que cette dernière baisse à des valeurs inférieures à 1 mm/j après 100 jours de submersion. Cette chute est due à la formation d'une zone de colmatage avec des matières solides en suspension dans l'eau d'irrigation (~ 7 g/l).

Avec des valeurs initiales de 0,5 à 1 mm/j pour les parcelles sans gypse, la percolation monte à 1,3 mm/j pour 4 t/ha et à 4,5 mm/j pour 20 t/ha. La solubilité du gypse étant lente (sols acides), son action est prolongée. Sur le complexe absorbant l'action remplaçante ne se montre très nette qu'après une troisième campagne, le pourcentage de sodium échangeable ayant baissé de 21 à 11 pour cent. Les essais montrent qu'avec une dose de 4 t/ha dans les sols ayant une couche argileuse de 0,30 à 0,40 m, la percolation totale et la réduction de la salinité atteignent en trois

saisons d'irrigation par submersion, les normes de 600 mm de percolation et une conductivité de moins de 4 mmhos CE<sub>5</sub>. Pour des doses de gypse de 0,4 et 20 t/ha, les valeurs mesurées sont respectivement de 235 mm avec 2,80 mmhos conductivité électrique de l'extrait sol/eau 1/5 (CE<sub>5</sub>), 540 mm avec 0,20 mmhos CE<sub>5</sub> et 850 mm avec 0,42 mmhos CE<sub>5</sub>. Les prix du gypse, rendu delta, est de 3 500 FCFA la tonne, prix toutes taxes comprises.

- iii. Les coquillages broyés et la chaux n'ont pas donné de résultats convaincants: l'action des premiers a surtout été physique et l'influence de la seconde n'a pas été marquante; ils ne paraissent donc pas adaptés aux sols lourds du delta. Les labours profonds ayant pour but de créer une stratification verticale avec alternance des couches d'argile superficielle et du sable sous-jacent n'ont pu être mesurés et n'ont aucun effet sur le riz.
- iv. L'enfouissement de la paille de riz pour améliorer la structure et l'infiltration a été testé sur une parcelle. La percolation a été nettement plus élevée que sur la même parcelle dans une campagne précédente, ce qui a été attribué, au moins en partie, à cet enfouissement.

L'eau percolée verticalement par la couche superficielle doit être évacuée horizontalement par la couche drainante sous-jacente vers les drains qui sont généralement espacés de 30 à 500 m. La première condition d'une bonne évacuation est que la nappe reste en-dessous de la zone radiculaire des plantes ou en-dessous du fond de la couche superficielle. Si cela n'est pas le cas, la percolation dans cette couche diminuera. Les autres facteurs déterminant une évacuation adéquate sont: la perméabilité, l'épaisseur et la stratification de la couche drainante, la profondeur et l'écartement des drains.

Seule la méthode du "trou à la tarière" permet de déterminer la perméabilité de la couche sous-jacente avant l'installation du système de drainage. Pour la couche située entre 1 m et 3 m -TN les valeurs varient de 0,1 à 1,5 m/j. Cette méthode présente l'inconvénient de ne mesurer que la perméabilité horizontale alors que l'effet défavorable d'un profil stratifié sur la drainabilité n'est pas mis en évidence.

Pour cette raison, la méthode du trou à la tarière dans un sol très stratifié ne donne qu'une indication médiocre. La perméabilité est déduite de la vitesse de redressement de la nappe dont le niveau, dans un premier temps, a été baissé.

Une autre méthode utilisant les formules pour déterminer l'écoulement permanent de la nappe vers un drain peut être employée après l'installation du système de drainage; elle permet de contrôler les valeurs de perméabilité et de l'épaisseur trouvées avec la première méthode. Avec des valeurs de perméabilité de 1,0 à 2,5 m/j mesurée selon la première méthode, on trouve que l'épaisseur effective de la couche drainante est plus petite que son épaisseur réelle, ce qui s'explique par le fait que la seconde méthode tient compte de l'efficacité réduite des couches plus profondes suite à un profil stratifié.

La perméabilité et l'épaisseur sont deux facteurs invariables que l'on ne peut modifier; la profondeur des drains et leur écartement sont par contre deux facteurs variables dans certaines limites; dans un même profil de sol et pour une certaine

capacité évacuante de la couche sous-jacente, il y a une relation inverse entre les valeurs de ces deux facteurs. La profondeur maximale théorique est limitée par le fond de la couche perméable.

Dans la pratique, la profondeur est limitée par la mise en place du système de drainage; à plus de 2 m, elle sera difficile si l'on ne dispose pas d'une machine spéciale, et demandera un système de collecteurs ouverts ou fermés très profonds, donc onéreux.

Avec des valeurs de  $k = 0,5$  à  $2,5$  m/j, de transmissivité ( $Kd$ ) =  $0,5$  à  $2,5$   $m^3/j$ , et de percolation de  $0,5$  à  $6$  mm/j, et en exigeant une zone non saturée minimale de  $0,30$  m (située à mi-distance entre deux drains), et une profondeur des drains de  $1,60$  m TN, l'écartement des drains devrait se situer entre  $75$  m et  $200$  m.

Le tableau ci-après donne les distances entre les drains pour des valeurs de percolation de  $0,5$  à  $6$  mm/j pour les différentes caractéristiques du sol et une hauteur de rabattement pratique pour le delta de  $1,30$  m.

$Kd$ ( $m^2/j$ )	1,0	2,0	4,0	8,0	10,0	20,0
$K$ (m/j)	1,0	1,0	1,5	1,5	3,0	5,0
0,5 mm/j	185	235	320	430	500	690
1,0 mm/j	130	165	225	300	350	490
2,0 mm/j	90	115	160	210	250	345
4,0 mm/j	65	80	110	150	175	240
6,0 mm/j	50	65	90	120	140	200

## 15.7 SYSTEME DE DRAINAGE

Différents réseaux de drainage profond ont été testés:

### i. Drains ouverts

Ils ont l'inconvénient de s'effondrer en raison de l'instabilité des sols, aggravée par l'évacuation des grandes masses d'eau pendant les vidanges. Ils demandent un entretien considérable; ce système n'est pas recommandé pour les terres du delta.

### ii. Drains enterrés coulant dans un réseau d'émissaires ouverts

Ils consistent en tuyaux de 8 cm de diamètre placés à la main à une profondeur de  $0,90$  m à  $1,20$  m TN, pour éviter des émissaires ouverts trop profonds donc trop grands, et d'une longueur de  $200$  m. Une longueur plus grande complique leur nettoyage. Dans le delta un filtre autour des drains est indispensable; à Boundoum-Ouest, le filtre est constitué d'un mélange de coquillages entiers et broyés. A Richard-Toll, la Compagnie sucrière du Sénégal a utilisé un filtre préfabriqué avec des matériaux organiques (coques d'arachide, coco). A Boundoum, l'eau des émissaires a été évacuée par pompage dans le système de colature. En raison du niveau des terrains des cuvettes du delta, situés en général entre  $0,5$  m et  $1$  m au-dessus du niveau

moyen de la mer, le pompage sera indispensable. L'entretien des émissaires ouverts, très grands, et le fait qu'ils reçoivent aussi l'eau des vidanges et de pluie qu'il faut pomper après, fait que ce système ne peut pas être recommandé pour le delta. Il a été installé à Richard-Toll où les sols sont moins salés et plus stables.

### iii. Drains enterrés avec des collecteurs fermés

Ce système est entièrement séparé du système de colature. Les drains s'écoulent dans des puits de regard, permettant leur nettoyage. Un collecteur fermé, perpendiculaire aux drains, relie les puits entre eux et transporte l'eau de drainage dans un bassin où elle peut être stockée et pompée ensuite par une éolienne ou une moto-pompe dans un système de colature peu profond.

## 15.8 CULTURES PENDANT ET APRES LA MISE EN VALEUR

Le processus de dessalement demande une submersion continue incompatible avec une autre culture que le riz. Celui-ci peut être semé dès la première saison de récupération; une préirrigation de 15 jours à trois semaines est suffisante pour déprimer la forte salinité de surface à faible profondeur. On sème dans la parcelle en boue, de préférence en prégermé, le stade de germination étant peu sensible au sel. Pour éviter la resalinisation, une irrigation immédiate doit suivre le semis. Une mise à sec peut être effectuée après le tallage, d'une durée de six à sept jours, pour améliorer la vitesse d'infiltration. Pour la première campagne, et jusqu'à obtention d'un dessalement sur 50 à 60 cm, une variété rustique est recommandée (D-52-37, SR-26B). Dès la première année, des rendements de 3 t/ha doivent être obtenus, qui iraient en augmentant avec le dessalement. Une fois le dessalement acquis sur 1 m, des cultures de diversification avec irrigation intermittente sont possibles; l'expérience a prouvé qu'avec une culture de tomates sur billons, des rendements très corrects sont obtenus, à condition de maintenir un minimum de percolation.

## 15.9 ASPECTS ECONOMIQUES D'UN AMENAGEMENT AVEC DRAINAGE

Les frais d'investissement ont été calculés pour les différents systèmes de drainage (drains ouverts, drains enterrés avec émissaire ouvert ou collecteur fermé). Quand le sol est salé et qu'un drainage est indispensable dans l'immédiat, un aménagement avec drains ouverts est plus cher qu'avec drains enterrés: 460 000 FCFA/ha et 350 000 FCFA/ha respectivement (prix TTC) dont environ 200 000 FCFA et 100 000 FCFA par hectare pour le drainage. Par contre, les différences de prix entre les deux systèmes enterrés sont négligeables. Si un réseau de drainage est surajouté à un réseau d'irrigation existant, dans lequel on a tenu compte de l'installation future de ce réseau, le drainage avec collecteur fermé est le plus avantageux: 75 000 FCFA/ha HT en plus, dont 22 500 FCFA/ha pour les drains enterrés, 22 500 FCFA/ha pour le collecteur et le bassin et 30 000 FCFA/ha pour le pompage. Les charges annuelles sont de 1 700 FCFA/ha HT (2 300 FCFA TTC) pour une seule culture et de 2 800 FCFA/ha HT (3 700 FCFA TTC) pour deux cultures, non compris l'amortissement et l'intérêt pour l'investissement.

## 15.10 RECOMMANDATIONS

L'efficacité du système reste à tester pour trois classes de sols considérés comme récupérables.

- i. Les cuvettes à couche superficielle argileuse de 50 à 100 cm d'épaisseur; dans le delta, 17 000 ha (dont 10 000 ha au Sénégal) pourraient vraisemblablement être récupérés moyennant une submersion pendant deux saisons annuelles sur 100 jours chacune (réalisable après la construction des barrages en 1980) et un amendement plus élevé de gypse (8 t/ha).
- ii. Les terres fluvio-deltaïques, de nature hétérogène, d'une épaisseur inférieure à 50 cm, avec couche sous-jacente perméable de sable fin; ces terres, d'une superficie de 24 000 ha (dont 12 000 ha au Sénégal) peuvent être récupérées en augmentant de 25 pour cent le réseau souterrain de tuyaux de PVC (entre-distance de 80 m).
- iii. Les terres fluvio-deltaïques d'une épaisseur allant de 50 à 100 cm, avec couche sous-jacente perméable de sable fin couvrent une superficie de 31 000 ha (dont 19 000 ha au Sénégal). Comme première approximation, le coût du système de drainage, combiné avec un amendement de gypse de 8 t/ha serait égal à celui du cas ii.

Pour le maintien des terres non salées, ne demandant qu'un taux de lessivage de 1 mm/j, le système de drainage avec un espacement de 175 m des drains enterrés pourrait suffire pour les cuvettes.

#### Etudes complémentaires avant aménagement

En plus des études pédologiques, hydrogéologiques et géomorphologiques existantes un complément d'études de détail par cuvette doit être exécuté, comprenant:

- une étude de la salinité, avec établissement d'une carte basée sur un prélèvement tous les 4 ha, combinée avec :
- un inventaire de l'épaisseur de la couche argileuse de surface, également avec carte établie sur la même base
- des mesures de perméabilité à raison de une mesure par 10 ha, et une estimation de l'épaisseur de la couche drainante avec un sondage profond tous les 250 ha.

Les résultats permettront de définir les zones salées drainables, c'est-à-dire celles où la couche superficielle argileuse n'excède pas 1 m et où les caractéristiques physiques du sous-sol donnent des valeurs de transmissivité de  $1 \text{ m}^2/\text{j}$ . A l'aide de ces critères, les normes de drainage peuvent être établies.

#### Drainage - écartement et profondeur

En raison de l'instabilité structurale du sous-sol, des drains enterrés (en PVC) sont recommandés. Leur profondeur variera entre 1,0 et 2,0 m -TN; plus elle est grande, plus l'écartement peut être important; une profondeur de plus de 2 m rend cependant l'installation des drains enterrés difficile. Des drains PVC ont été utilisés pour leur facilité de mise en place.

Se basant sur l'expérience de Boundoum-Ouest et les mesures faites à Boundoum-Nord, on peut tabler sur des écarts entre drains variant de 50 à 200 m, selon la texture du sous-sol (limon sableux à sable franc) et la percolation.

Un système combiné, avec collecteur fermé et bassin, indépendant du réseau de vidange, paraît le plus indiqué pour le delta.

#### Dessalement - amendement

Un dessalement satisfaisant peut être obtenu après avoir fait percoler 400 mm environ, à condition que l'irrigation ne soit pas interrompue pendant plus d'une cinquantaine de jours (temps nécessaire pour les travaux cultureaux).

L'emploi du gypse pour la double culture annuelle de riz n'est pas indispensable. Avec une culture, donc une saison sèche prolongée, l'application d'une dose unique de 4 à 5 t/ha est recommandée pour accélérer le dessalement.

Chapitre 16

## LES DONNEES DE BASE DU DEVELOPPEMENT

Tous les chapitres précédents ont été consacrés à la description des ressources naturelles et à l'exposé des techniques, souvent révolutionnaires, proposées pour leur mise en valeur. Cette mise en valeur n'a de sens que si elle répond aux besoins des populations et si elle s'insère dans un processus global de développement.

Dans les trois sections ci-après nous allons présenter les données de base: la population, les infrastructures et l'économie des trois pays riverains, rappeler les diverses hypothèses de développement étudiées et décrire l'alternative choisie.

## 16.1 LA POPULATION

Comme beaucoup de pays en développement, le Sénégal, la Mauritanie et le Mali se trouvent confrontés aux problèmes posés par la croissance démographique, et aggravés encore par le fait que les territoires de ces trois pays sont presque entièrement situés en zone sahélienne aux ressources limitées et aléatoires.

La connaissance de la population globale permet d'établir le bilan des besoins alimentaires; la connaissance de la population de la zone du projet et des infrastructures sociales permet d'évaluer le potentiel humain disponible pour participer à l'œuvre de développement.

16.1.1 Population globale

Les données démographiques proviennent d'enquêtes déjà anciennes corroborées par des données partielles plus récentes, c'est dire la part de calcul qui entre dans les évaluations, mais ce qui est certain c'est la croissance démographique très forte, même si les taux n'en sont pas connus avec exactitude.

A. Sénégal

L'enquête démographique de base date de 1960/61; de nombreuses enquêtes partielles ont été faites depuis et une nouvelle enquête générale a été lancée en 1970-71 dont on ne connaît que les premiers résultats assez sous-évalués.

La population en 1973 est estimée à 4 190 000 habitants (densité 21,26 hab./km<sup>2</sup>) par la Direction de la statistique de la République du Sénégal. Dans le "Statistical Yearbook" publié par les soins des Nations Unies, on trouve des chiffres légèrement différents. Les perspectives à partir de ces deux évaluations sont les suivantes:

	<u>Statistical Yearbook</u>	<u>Direction de la statistique</u>
<u>Taux d'accroissement</u>	2,4 %	2,1 %
<u>année</u>	.....population en milliers.....	
1960		3 200
1970	3 925	3 958
1973	4 188	4 190
1975	4 391	4 368
1980	4 943	4 847
1985	5 565	5 378
1990	6 266	5 967
1995	7 055	6 620
2000	7 943	7 345

Les pyramides des âges montrent la répartition suivante:

	<u>1960-61</u> (%)	<u>1970-71</u> (%)
0-14 ans	42,6	42,4
15-59 ans	51,8	51,9
60 et plus	5,6	5,7

Il y a une grande stabilité dans la répartition par strate d'âge et la population doublera en 30 ans.

La méthodologie des enquêtes démographiques au Sénégal fait ressortir trois strates de population:

- urbaine pour les agglomérations de 10 000 habitants et plus;
- semi-urbaine pour les agglomérations de 1 000 à 9 999 habitants;
- rurale pour les agglomérations de 1 à 999 habitants.

On se doit de préciser que la strate semi-urbaine correspond plus aux caractéristiques du milieu rural.

#### Population du Sénégal par région et par strate (1969)

<u>Région</u>	<u>Strate rurale</u>	<u>Strate semi-urbaine</u>	<u>Strate urbaine</u>	<u>Ensemble</u>
Cap Vert	-	-	648 505	648 505
Casamance	405 522	117 675	78 057	601 284
Diourbel	469 899	63 286	73 543	606 728
Fleuve	181 756	112 104	78 431	372 291
Sénégal oriental	174 208	24 816	22 876	226 900
Thiès	299 499	82 931	44 830	527 260
Ensemble	2 105 829	525 379	1 119 048	3 755 286

Ce tableau montre qu'environ 30 pour cent de la population vivent dans les zones urbaines, 14 pour cent dans les zones semi-urbaines et 56 pour cent en zone rurale.

Le Sénégal comprend de nombreux groupes ethniques qu'il est difficile de cerner avec précision; les Syro-Libanais, les Capverdiens, les Européens, les Africains non Sénégalais représentent près de 5 pour cent de la population.

Une estimation de la répartition des ethnies africaines a été faite en 1965 d'après les chiffres de l'enquête démographique de 1960/61 (cf. tableau 40). Mais depuis cette date des phénomènes migratoires ont dû notablement changer ces proportions.

#### B. Mauritanie

L'enquête démographique de base date de 1965 (SEDES). La population de 1973 est estimée à 1 200 000 habitants (densité 1,16 hab./km<sup>2</sup>) par le Ministère de la planification et du développement industriel.

On peut établir des perspectives à partir des données de l'enquête de 1965 et à partir du Statistical Yearbook; les taux de croissance retenus sont assez différents.

	<u>Statistical Yearbook</u>	<u>SEDES</u>
<u>Taux d'accroissement</u>	2,2 %	1,6 %
<u>année</u>	.....population en milliers.....	
1965		1 030
1970	1 171	1 115
1973	1 250	1 169
1975	1 305	1 207
1980	1 456	1 307
1985	1 623	1 415
1990	1 810	1 532
1995	2 018	1 658
2000	2 250	1 795

La SEDES a établi trois pyramides des âges, l'une pour les habitants sédentaires de la vallée (en fait les ethnies noires), l'autre pour la zone nomade et l'autre pour le reste de la Mauritanie.

<u>Age</u>	<u>Zone sédentaire</u>	<u>Zone nomade</u>	<u>Ensemble de la Mauritanie</u>
	.....	.....	.....
0-14 ans	46,7	43,1	43,7
15-59 ans	47,2	50,8	50,2
60 et plus	6,1	6,1	6,1

La répartition géographique de la population a beaucoup varié depuis 1965 à cause de l'urbanisation très rapide de Nouakchott et du mouvement de sédentarisation accéléré par la grande sécheresse. De plus, le découpage des régions a changé. Nous donnons à titre indicatif la répartition de 1965 (tableau 41). Les estimations de 1973 sont très différentes.

SEDES 1965      Ministère de la planification (1973)

..... % .....

Ruraux nomades	75	50
Ruraux sédimentaires	15,4	33
Centres urbains	9,6	17

On trouve de nombreuses ethnies en Mauritanie, mais les liens socio-politiques sont plus importants que les caractères raciaux. En gros, on distingue le groupe des Maures et les ethnies noires.

Le groupe des Maures comprend les différentes castes de Beidane d'origine berbère plus ou moins métissés et les anciens esclaves ou anciens captifs d'origine noire qui sont rattachés encore aux Beidane par des liens de dépendance; on les appelle les Haratins. Les Maures sont en principe nomades, les Haratins sont en général semi-sédentarisés.

La proportion des Maures varie selon les régions, elle serait à l'heure actuelle de:

100 % dans l'Adrar, le Tiris-Zemmour, la baie du Lévrier et le Hodh

89 % dans l'Inchiri et le Trarza

80 % dans le Tagant et le Brakna

62 % dans l'Assaba, le Gorgol et le Guidimaka.

Les Maures sont des migrants, soit hors de leur pays, soit vers les villes mauritanienes en plein développement.

Les ethnies noires qui n'ont aucun lien traditionnel socio-politique avec les Maures sont concentrées dans la vallée, elles sont absolument semblables à celles que l'on trouve sur la rive gauche du fleuve, au Sénégal. Ce sont, par ordre d'importance, des Toucouleurs, des Ouoofs, des Sarakollés, des Bambaras et des Peuls; ces ethnies seront étudiées en détail dans le paragraphe suivant.

### C. Mali

L'enquête démographique de base date de 1960/61, elle a été réalisée par l'INSEE (Institut national de statistiques et d'enquêtes économiques, Paris).

En 1973, le Service de statistiques du Mali a avancé trois estimations de la population globale à partir d'hypothèses de calcul différentes:

	<u>hab./km<sup>2</sup></u>
5 376 400 habitants	densité 4,33
4 903 500 habitants	densité 3,95
4 794 100 habitants	densité 3,86

On peut établir des perspectives de croissance, soit à partir des données du Statistical Yearbook correspondant à l'estimation haute du Service de statistiques, soit à partir des données de l'INSEE.

	<u>Statistical Yearbook</u>	<u>INSEE</u>
<u>Taux d'accroissement</u>	2,3 %	2,5 %
<u>Année</u>	<u>.....population en milliers.....</u>	
1960		3 484
1970	5 022	4 480
1973	5 376	4 825
1975	5 627	5 070
1980	6 303	5 736
1985	7 062	6 940
1990	7 912	7 342
1995	8 865	8 307
2000	9 932	9 399

La pyramide des âges présente les caractéristiques suivantes:

<u>Age</u>	<u>Ensemble du Mali</u>
0-14 ans	43,7 %
15-59 ans	51,4 %
60 et plus	4,9 %

Ces chiffres sont très voisins de ceux que nous avons trouvés au Sénégal et en Mauritanie.

Nous disposons de données datant de 1966 sur la répartition régionale des populations, nous les reproduisons à titre indicatif.

<u>Région</u>	<u>Superficie (ha)</u>	<u>Population estimée</u>	<u>%</u>	<u>Densité</u>
Bamako	90 100	867 400	18,6	9,6
Gao	808 438	574 100	12,3	0,7
Kayès	119 813	704 200	15,1	5,9
Mopti	88 752	937 200	20,1	10,5
Segou	56 127	716 000	15,4	12,7
Sikasso	76 480	855 200	18,5	11,2
Total	1 240 150	4 654 100	100,0	3,8

La population urbaine représenterait environ 13 pour cent de la population totale.

Le Mali se présente comme une véritable mosaïque d'ethnies imbriquées géographiquement les unes dans les autres.

Les principales ethnies se répartissent ainsi par ordre d'importance:

	<u>%</u>
Bambara	43,70
Peul	13,00
Sarakollé	12,80
Sénofou	9,20
Sonraï	7,10
Mossi	4,50
Dogon	4,30
Divers	5,40

De ce rapide exposé sur la démographie des trois Etats de l'OMVS, on peut tirer les conclusions suivantes: on a à faire à des populations jeunes qui vont doubler en 30 ans, passant de 10 à 20 millions d'habitants. Comme nous le préciserons par la suite, les trois pays sont déjà importateurs de produits alimentaires. La réponse traditionnelle à l'expansion démographique qui est l'extension des cultures se heurte à des limitations climatiques ou à un manque de ressources en terres agricoles; il n'y a donc pas d'autre solution à envisager que l'intensification artificielle des cultures.

Cette révolution technique devra être acceptée et mise en œuvre par des populations qui n'y sont pas préparées, mais qui offrent des potentialités que nous allons maintenant étudier.

#### 16.1.2 Population de la vallée

Cette population est très bien connue au plan socio-économique grâce à de nombreuses enquêtes et études sociologiques, mais son dénombrement pose beaucoup de difficultés à cause de la mobilité de ses membres.

Cette mobilité tient au caractère itinérant de l'activité agricole pour ceux dont l'agriculture est l'occupation principale (rythme dieri-oualo) et au caractère nettement nomade des éleveurs dont l'activité agricole dans la vallée est secondaire. A cela, s'ajoute l'émigration très importante qui peut être saisonnière entre deux campagnes agricoles ou de longue durée dans les villes ou à l'étranger ou quasi permanente sans que les liens avec les sédentaires soient rompus.

La raison économique de ces migrations est très claire, il s'agit d'envoyer de l'argent à la famille pour subvenir aux besoins non alimentaires, à l'impôt et, en cas de pénurie, aux denrées de première nécessité.

Ceci amène à faire une distinction entre la population "de fait" qui tire toutes ses ressources de la vallée et représente la main-d'œuvre actuellement disponible et la population "de droit", originaire de la vallée, tirant ses ressources d'ailleurs et qui fournirait une main-d'œuvre potentielle dans le cas d'une mise en valeur dégageant davantage de ressources. Tant que la migration ne touche que les hommes, le retour à la vallée est vraisemblable. Quand la migration touche le ménage, la réinsertion est plus difficile et les enfants n'auront même pas eu cette imprégnation rurale qui prédispose au retour.

Les recensements sont faits dans des circonscriptions administratives qui ne correspondent pas exactement aux zones de mise en valeur, aussi il faut considérer qu'il y aura une zone d'influence directe et une zone d'influence potentielle.

Historiquement et sociologiquement, la vallée est un trait d'union entre diverses ethnies qui y ont trouvé des conditions de vie moins aléatoires que dans les déserts avoisinants; le lit mineur ne constitue pas une barrière, les mêmes ethnies et souvent les mêmes familles se trouvent sur les deux rives et souvent les habitants d'une rive

exploitent des terres situées sur l'autre rive. Une différenciation est en cours depuis que le lit mineur est devenu frontière, mais la description de la population de la vallée faite par la MISOES 1/ dans les années 60 reste encore valable.

Dans le delta et la basse vallée, les Ouolofs dominent, mêlés de Peuls semi-sédentaires et de Maures surtout nomades. Dans la moyenne vallée, les Toucouleurs sont les plus nombreux, mêlés de Peuls en rive gauche et de Maures en rive droite. Dans la haute vallée jusqu'à Matam, on trouve encore une prédominance de Toucouleurs mêlés de Peuls et de Maures, mais les Sarakollés apparaissent. A partir de Matam et dans le Haut Bassin, les Sarakollés dominent, mêlés de Peuls et de Bambaras.

Comme on le voit, les éleveurs Peuls et Maures se trouvent partout; on ne peut trouver de limites géographiques nettes entre Ouolofs, Toucouleurs et Sarakollés. Pour l'ensemble du Sénégal et de la Mauritanie, la MISOES donnait les proportions suivantes:

<u>Populations sédentaires</u>	<u>Pourcentage</u>
Ouolofs	10,6
Toucouleurs	55,0
Sarakollés	3,8
Maures	12,4
Peuls	13,8
Divers	4,4

Malgré toutes les réserves que l'on peut exprimer, nous allons faire le point sur les connaissances actuelles de la population de la vallée dans les trois pays de l'OMVS.

#### A. Sénégal

Au plan administratif, l'aménagement de la vallée intéresse deux régions : la région du fleuve comprenant la ville de Saint-Louis et les départements de Dagana, de Podor et de Matam, la région du Sénégal oriental dont un département, celui de Bakel, se trouve dans la zone du projet.

L'extrapolation des chiffres de la MISOES donnerait pour 1970, pour toute la vallée, 412 000 habitants.

##### i. Population "de droit"

Les estimations officielles de la population de "droit" sont les suivantes:

##### Région du fleuve - 1970 -

Services de la statistique	A -	406 000 habitants
Enquête démographique 1970	B -	372 000 habitants
Commission régionale du plan	C -	390 000 habitants

##### Département de Bakel - 1970 -

Services de la statistique	5 688 habitants
----------------------------	-----------------

1/ MISOES: Mission socio-économique du fleuve Sénégal: la moyenne vallée du Sénégal. 1959, Paris, Presses universitaires de France.

A partir de ces chiffres, on peut établir les projections suivantes pour un taux de croissance de 2,4 pour cent.

	<u>Région du fleuve</u>		<u>Département de Bakel</u>
	A	B	C
1970	406 000	372 000	390 000
1973	435 938	399 431	418 758
1975	457 113	418 833	439 009
1980	514 660	471 562	494 380
1985	579 452	530 930	556 620
1990	652 402	597 772	626 695
1995	734 537	637 029	705 593
2000	827 012	757 761	794 424
			5 688
			6 107
			6 400
			7 210
			8 818
			9 140
			10 291
			11 586

### ii. Population "de fait"

Pour la connaître, on dispose d'autres sources de renseignements. Une enquête exhaustive sur la localisation des cultures et des lieux de résidence dans la vallée du Sénégal a été entreprise par deux chercheurs de l'ORSTOM, MM. Lericollais et Saintoir. Elle n'était pas encore terminée à la fin du projet, mais ce dernier a pu consulter les résultats partiels concernant le delta mauritanien, le périmètre de Nianga et le périmètre de Matam.

Cette enquête est basée sur le recensement administratif contrôlé non seulement par les enquêteurs, mais aussi par une assemblée de notables; par cette méthode, on peut connaître d'une manière exacte le nombre de carrés (unité administrative élémentaire groupant les habitants d'une même concession qui vivent et travaillent en quasi communauté même s'ils n'appartiennent pas au même lignage), on obtient aussi une bonne répartition par ethnie et caste des membres du carré. Mais l'évaluation démographique laisse à désirer car le chef de carré a tendance à minimiser le nombre de personnes imposables (actifs de 15 à 59 ans). Cette tendance était balancée par le fait que les distributions de subsides alimentaires en période de sécheresse dépendent du nombre de membres du carré déclaré. La localisation des carrés se fait pour les trois saisons: saison des pluies, saison sèche froide, saison sèche chaude. Le changement de résidence est beaucoup plus important dans la région de Nianga que dans la région de Matam et, comme il fallait s'y attendre, il est plus fréquent chez les Peuls éleveurs que pour les Ouolofs ou les Toucouleurs.

L'enquête montre aussi que les mêmes lieux sont occupés successivement par les membres de villages ou de fractions Peuls au cours des saisons. C'est ce qui explique la grande difficulté des enquêtes directes statiques, on ne sait jamais avec exactitude si les gens que l'on recense en un lieu sont les habitants de ce lieu et si on recense tous les gens qui, de droit, dépendent de ce lieu. Le projet a fait procéder à de telles enquêtes à Nianga, à Matam et à Boghé (Mauritanie); elles ont été faites pendant la saison sèche chaude. C'est la saison creuse pour les ruraux dont beaucoup sont temporairement absents, ceux qui sont présents gonflent les effectifs des absents et ce, en toute bonne foi, car comme il s'agissait d'une enquête en vue d'attribution de parcelles dans le projet pilote, on comptait tous les ayants droit qui, avec le système successoral en vigueur, sont beaucoup plus nombreux que ceux qui exercent réellement leur droit de culture.

Lorsqu'on compare les résultats obtenus par ces deux types d'enquête, on constate qu'ils sont très différents par village, mais que, dans une zone donnée, les effectifs globaux ne sont pas tellement différents, compte tenu des restrictions ou du gonflement attachés au mode d'enquête.

Autre considération: en comparant les chiffres de 1973 à ceux d'autres enquêtes semblables faites en 1954 et 1958, on s'aperçoit que la population agricole est demeurée assez stable pour la raison bien simple que la surface cultivée par actif ou par famille est restée la même en l'absence de progrès technique et que la surface totale cultivable dans une région donnée ne peut varier puisqu'elle est dépendante du régime des crues et se fixe au niveau de la crue moyenne.

Pour donner une base concrète à ces considérations, prenons le cas du périmètre de Nianga dont la surface brute est de 15 000 ha, ce n'est pas un bon oualo car il compte seulement 4 000 ha de cuvettes non entièrement défrichées dont 2 600 ha sont cultivés en année moyenne (17 pour cent de la superficie totale). Quinze communautés exploitent ces 2 600 ha: un village ouolof (19 pour cent de la population), six villages toucouleurs (20 pour cent de la population), trois villages peuls sédentarisés (5 pour cent de la population) et quatre fractions peuls semi-nomades (56 pour cent de la population).

Le total administratif des carrés est de 1 006 pour une population de 7 500 habitants. Si on tient compte de la minimisation des déclarations, la population réelle doit être de 10 000 habitants. Seulement 70 pour cent des carrés cultivent des terres du périmètre, 21 pour cent cultivent au Sénégal hors du périmètre, 4 pour cent cultivent en Mauritanie et 5 pour cent ne cultivent pas.

La production globale peut être estimée à 910 t de sorgho, soit 141 kg per capita pour une population de 6 500 individus; le reste de la ration alimentaire est fourni par les cultures de dieri, les produits de la pêche et de l'élevage. Le revenu per capita est de l'ordre de 10 000 FCFA, soit 50 dollars US (1973).

Les résultats des enquêtes sur Matam donnent des résultats analogues. On peut donc faire une extrapolation. En année moyenne faible, 60 000 ha ont été cultivés en oualo, permettant de nourrir une population de 170 000 personnes. On peut admettre qu'en année moyenne normale, il y aurait 15 pour cent de production en plus, ce qui permettrait de nourrir 195 000 personnes. On est donc très loin de la population "de droit".

Cependant, si on analyse de plus près l'évolution récente de la vallée, on peut proposer un modèle plus réaliste de l'évolution démographique. Si la population "de fait" n'est pas réduite à la seule portion qui pourrait subsister à partir des ressources agricoles, c'est qu'il y a, d'une part, le phénomène assez complexe de l'émigration, et, d'autre part, une évolution socio-économique propre à la vallée.

### iii. L'émigration

On ne dispose d'aucune donnée exacte concernant l'émigration actuelle dans la vallée. D'après la MISOES, le phénomène touche essentiellement la population entre 20 et 40 ans; elle atteindrait 20 à 30 pour cent des effectifs de la vallée d'après les estimations du projet dont 63 pour cent d'hommes et 36 pour cent de femmes.

L'enquête ORSTOM en ses débuts n'a pas comptabilisé les absents, mais à partir de 1972, les absents ont été dénombrés. Dans la région de Matam, tous les carrés comptaient des absents qui représentaient parfois plus de 50 pour cent des membres du carré; il ne restait sur place que les femmes, les enfants et les hommes âgés.

Traditionnellement, les Ouolofs du delta et du bas fleuve allaient à Dakar ou en France, les peuls à Saint-Louis et un peu à Dakar.

La population Toucouleur de Dakar est évaluée à 60 000 personnes en moyenne, mais avec de fortes pointes selon les saisons. Environ 30 pour cent des migrants sont des chômeurs mais le reste joue un rôle essentiel dans la vie économique dakaroise. Les migrants célibataires restent groupés par village d'origine et ils forment des communautés prenant en charge les chômeurs. C'est seulement lorsqu'ils font venir femmes et enfants qu'ils se séparent de la communauté et forment alors un ménage indépendant. D'après la MISOES, 53 pour cent des absences sont supérieures à six mois et 36 pour cent supérieures à un an. Entre deux migrations, l'intervalle moyen est de un an.

Les migrations vers l'étranger ne sont pas comptabilisées par village d'origine, mais il semble qu'elles touchent davantage la population de la haute vallée que celle de la moyenne vallée.

C'est cette émigration qui permet à la population "de fait" de la vallée de dépasser le niveau qu'elle aurait si elle était limitée par les seules ressources de la vallée.

D'après les enquêtes récentes (cf. annexe 1, S0/2), aux causes économiques de la migration s'ajoutent maintenant des causes psychologiques; les jeunes ne veulent plus accepter les contraintes de la vie sociale du village et préfèrent la vie précaire de la ville, ce qui est grave, car ils ne veulent plus du "retour".

#### iv. Evolution socio-économique de la vallée

Nous venons de décrire ce que les démographes appellent la strate rurale figée dans son immobilisme technique et vidée de sa substance par l'émigration; les strates urbaines et semi-urbaines offrent d'autres perspectives.

La strate urbaine est représentée par la seule ville de Saint-Louis. Ancienne capitale du Sénégal, la ville a un équipement administratif et culturel bien plus important que son équipement économique puisqu'en dehors des activités liées à la pêche et au commerce, il n'y a aucune activité industrielle. Malgré cette carence, Saint-Louis joue un rôle de pôle d'attraction.

En 1969, la population de Saint-Louis était estimée à 78 000 habitants, en 1971, à 81 000 habitants et en 1973, à plus de 100 000 habitants. Ce gonflement sans création d'emplois n'est que le reflet du dénuement des zones rurales avoisinantes durablement touchées par la sécheresse. L'avenir de Saint-Louis est essentiellement lié au développement de son activité portuaire comme nous le verrons par la suite, mais au plan démographique, nous devons noter son rôle actuel de ville refuge.

La strate semi-urbaine est représentée par quelques dizaines d'agglomérations ayant une population permanente comprise entre 1 000 et 10 000 habitants. Cette strate comptait 112 000 habitants en 1969.

Jusqu'en 1968, la grande voie de communication dans la vallée était le fleuve et toutes les agglomérations importantes étaient les "escales": Dagana, Podor, Cascas, Saldé, Matam, Bakel. Depuis la réalisation d'une route goudronnée reliant Saint-Louis à Matam en suivant la bordure du dieri, les agglomérations situées sur la route deviennent des pôles de vie économique au détriment des escales. Si Dagana, située sur une bretelle de la route, garde encore son importance, Podor, Saldé et Matam commencent à perdre de la leur et les villages de Tillaye, Boubacar, N'Dioum, Pete, Galoya, Thilogne et Ourossogui deviennent les plus importants.

Plus intéressant encore est le cas de Ross Bethio et de Richard-Toll, ces deux lieux-dits ont à peine une existence administrative, mais ils drainent les populations car Rosso Bethio est devenu la station centrale de la SAED avec sa rizerie et son atelier et Richard-Toll est depuis 1956 le centre usinier du périmètre du même nom consacré au riz jusqu'en 1971 et, depuis, à la canne à sucre. Du fait qu'il y a des salaires distribués, une économie monétaire a pu s'établir et immédiatement une agglomération a pu se créer et le commerce s'est développé. L'équipement administratif et culturel a suivi. Ce sont là des exemples très encourageants pour les perspectives de développement; la population sédentaire ou semi-nomade de la vallée est prête à s'accommoder de tout pôle de développement économique qui pourra se créer.

Face à ces cas de polarisation, il faut constater que les diverses tentatives de riziculture de subsistance: petits périmètres endigués dans la vallée, colonats de la SAED dans le delta, colonat de Richard-Toll, petits périmètres sur bourrelets de berges avec pompage, n'ont pu jouer un rôle polarisant, ni celui de culture de complément qui parfois améliore le système dieri oualo mais ne le remplace pas. Par contre, on pouvait constater que le développement de la culture de la tomate de conserve a immédiatement fixé la population. Les nouveaux périmètres de Dagana et de Nianga, qui viennent juste d'être mis en culture, semblent devoir jouer le même rôle de fixation. Autrement dit le seul critère de fixation paraît être le passage de l'économie de subsistance à une économie monétaire stable.

Dans la strate semi-urbaine, une enquête effectuée par le projet (cf. annexe 1, S0/2) a permis de dénombrer 20 agglomérations qui jouent un rôle de polarisation pour les quelque 850 villages "administratifs" que compte la vallée, de Saint-Louis à Bakel; mais il n'y a guère que dix agglomérations sur les 20 qui ont un équipement urbain.

#### v. Structures sociales, administratives et économiques

On trouve dans la vallée des structures traditionnelles déclinantes et des structures modernes en développement.

Les structures traditionnelles affaiblies existent encore dans la strate rurale, on les reconnaît encore dans la strate semi-urbaine, elles ont disparu dans la strate urbaine. Elles sont caractérisées par l'existence de castes autrefois hiérarchisées. Actuellement la domination d'une caste sur l'autre n'existe plus guère mais les mariages se font encore à l'intérieur du groupe et des attitudes sociales de déférence subsistent. On trouve chez les trois ethnies Toucouleur, Peul et Oulof trois catégories sociales comprenant chacune plusieurs castes.

La catégorie anciennement dominante comprend les détenteurs du pouvoir temporel ou spirituel, les cultivateurs ou éleveurs libres et les pêcheurs. Les premiers jouissent encore d'une autorité morale, mais le chef de village dépend maintenant de l'autorité centrale; les cultivateurs libres bénéficient du droit de culture et les éleveurs libres du droit de parcours; les pêcheurs organisent leur droit de pêche entre eux et peuvent avoir aussi un droit de culture. Paradoxalement les anciens chefs et les cultivateurs libres sont devenus économiquement plus faibles que les pêcheurs et les éleveurs dans une économie monétaire naissante, car ils en sont restés au système de la subsistance.

La catégorie moyenne comprend les artisans. Le nombre de ceux-ci diminue rapidement car leurs produits ne peuvent rivaliser avec ceux du commerce, mais les artisans se reclassent facilement dans les lieux d'émigration.

La troisième catégorie, celles des anciens captifs et serviteurs, fournit aussi un gros contingent à l'émigration car, n'ayant droit de culture que s'ils sont rattachés à un carré qui en possède, rien ne les retient aux champs. Lorsqu'ils trouvent un emploi salarié en ville ou à l'étranger, ils deviennent plus riches que les hommes libres restés au village et souvent leur louent des terres.

Pour mémoire, nous pouvons rappeler la répartition de ces trois groupes établis par la MISOES en 1958:

- première catégorie 71 %
- deuxième catégorie 8 %
- troisième catégorie 21 %

Les enquêtes de l'ORSTOM révèlent des proportions très variables suivant les villages et les ethnies.

En dehors de ces structures verticales de la société traditionnelle existent les structures horizontales basées sur le lignage, dont nous avons déjà fait mention dans la description des activités agricoles (cf. annexe 1, C/5), les liens familiaux sont encore très forts mais ils sont de plus en plus mal supportés par les jeunes. Ces liens, indispensables en économie de subsistance, sont souvent des contraintes en économie monétaire car ils favorisent un parasitisme familial qui tend à multiplier les membres consommateurs du "ménage" sans pour autant en augmenter la puissance de travail.

Tous ces bouleversements de l'ordre social ancien sont accélérés par la mise en place de nouvelles structures politico-administratives.

Il ne reste pas grand chose des anciennes structures de l'époque coloniale sinon un cadre matériel; depuis l'indépendance, l'Etat a mis en place de nouvelles structures basées sur la départementalisation et la régionalisation. On retrouve aux différents échelons géographiques tous les Services classiques d'une administration moderne: fonction d'autorité, fonctions techniques telles que les travaux publics, les communications, la santé, les forêts, l'élevage, l'agriculture, la pêche, fonctions socio-culturelles: la main-d'œuvre et avant tout l'éducation.

Outre ces fonctions classiques, l'administration assume un rôle actif dans le développement avec une commission régionale du Plan, un service de l'aménagement du territoire et des services d'animation comme les centres d'expansion rurale (CER) comprenant une équipe polyvalente de fonctionnaires techniques et des centres d'animation rurale (CAR).

Un grand effort de décentralisation a été fait et toutes les grandes décisions concernant la région sont étudiées au niveau régional avant d'être décrétées au niveau central. De même les CAR et surtout le CER ont été créés en vue de rapprocher l'administration des populations.

Au plan politique aussi le pouvoir central a cherché à se rapprocher de la base et c'est au niveau du village que l'on trouve des responsables politiques chargés de la sensibilisation civique et politique. Pendant toute la durée du projet, il n'y avait qu'un seul parti, l'Union progressiste sénégalaise (UPS), mais récemment d'autres partis ont pu se créer.

Après son accession à l'indépendance, le Sénégal se devait aussi de rénover les structures économiques. Pour mettre fin aux contraintes de la "traite", l'Etat s'est doté d'organismes publics chargés de la commercialisation des produits agricoles de base, arachides et céréales et de l'approvisionnement des cultivateurs en semences, engrains, produits phytosanitaires et équipements.

Après diverses réformes, ce commerce d'Etat est actuellement entre les mains de deux organismes l'Office de commercialisation agricole du Sénégal (OCAS) qui s'occupe exclusivement de l'exportation des céréales et l'Office national de coopératives et d'assistance pour le développement (ONCAD) qui s'occupe des autres opérations du commerce agricole.

L'intérêt de ces institutions est qu'elles permettent de fixer le niveau des prix agricoles comme celui des facteurs de production, donc pratiquement le revenu agricole.

L'activité directe de l'ONCAD dans la vallée est assez faible car les quantités de céréales à commercialiser sont peu importantes et il n'y a pratiquement pas d'utilisation de facteurs de production hors ceux autoproduits, mais l'ONCAD traite directement avec la SAED qui est en quelque sorte le seul utilisateur d'engrais, de semences et de produits phytosanitaires et le seul producteur de céréales commercialisables.

Comme son nom l'indique, l'ONCAD doit son assistance aux coopératives.

Au lendemain de l'indépendance, le Sénégal s'est lancé dans une politique coopérative très ambitieuse qui devait englober toutes les activités économiques. Les coopératives ont pu s'implanter là où une activité suffisante existait et là où les agents économiques étaient suffisamment préparés pour entrer dans le système coopératif. Dans la vallée, il n'y a guère plus de 100 coopératives agricoles dont beaucoup sont au stade précoopérative. C'est dans le périmètre du delta géré par la SAED que les expériences les plus poussées ont été faites. Il est apparu que, si les coopératives pouvaient remplir leur tâche d'approvisionnement et de collecte, elles n'étaient pas à même de jouer un rôle moteur dans la production et c'est ce qui a incité les dirigeants de la SAED à mettre sur pied des groupements de producteurs dont il a été question au chapitre 11.

Pourtant dans l'esprit du législateur, les coopératives devaient jouer ce rôle et elles restent investies d'un pouvoir fondamental, celui de l'attribution des terres.

Pour bien comprendre ce rôle, il faut rappeler quelles sont les structures économiques qui régentent la société traditionnelle. En l'absence de commerce proprement dit, elles sont basées sur deux éléments liés entre eux, le système foncier et le système de redevance.

Le système foncier repose sur deux droits complémentaires:

- le droit de maître de terre,
- le droit de culture.

Le droit de maître de terre correspond à l'occupation d'une superficie par une chefferie dont les titulaires éventuels du droit de culture jouiront exclusivement. Ces droits s'exercent à l'intérieur du terroir du village ou du groupe. La propriété collective est donc prééminente et le droit du maître de terre est plus un droit de disposer qu'un droit de propriété; il appartient aux descendants des anciens chefs temporels. Le maître des terres peut attribuer le droit de culture aux membres de son lignage et dans ce cas droit de culture et droit de maître des terres se confondent. Il peut attribuer le droit de culture à d'autres lignages d'hommes libres, mais il perçoit alors une redevance. Enfin le détenteur d'un droit de culture peut louer sa terre selon quatre types de contrats, contre redevance.

D'autres types de redevance existent: si un ayant droit cultive le champ d'un autre ayant droit de sa famille, il lui verse une redevance. Le dernier type de redevance est religieux et consiste à verser à des fins charitables un dixième de sa récolte, soit directement aux pauvres, soit à des personnes importantes (marabouts, chefs de famille) qui sont censées le distribuer.

Pour les éleveurs, il existe des droits de parcours et d'abreuvement encore plus complexes.

Le droit d'héritage qui joue aussi bien sur le droit de maître de terre que sur le droit de culture, avec des proportions différentes pour les héritiers mâles et pour les filles, crée des situations inextricables qui alimentent les nombreux litiges qui surgissent à propos des droits de culture ou de parcours.

Un tel système entraînerait des contraintes intolérables pour la mise en valeur d'un périmètre irrigué.

Pour remédier à ces défauts, le Gouvernement sénégalais a promulgué une loi sur le Domaine national au terme de laquelle les terrains sont nationalisés et leur gestion complémentaire est dévolue à des coopératives.

Un nouveau périmètre est déclaré zone pionnière et le maître d'œuvre de cette zone a la latitude de mettre sur pied les précoopératives et les coopératives qui seront chargées de l'attribution des terres.

Les terres doivent être attribuées à ceux qui cultivent effectivement, ayant droit ou non. Donc pratiquement le droit de maître de terre disparaît, ainsi que les redevances qui lui étaient attachées, de même que la location des terres avec leurs

redevances. Ces attributions ne sont pas définitives pendant la période de mise en valeur, c'est ce qui permet de pouvoir écarter les attributaires absentéistes. Dans un tel système, le droit d'héritage disparaît et un réajustement des lots reste toujours possible selon la capacité de travail de l'allocataire.

Nous avons dit (chapitre 11) que l'application correcte de la loi avait pu se faire au sein de groupements de producteurs, fraction d'une coopérative.

Comme les coopératives sont aussi chargées du crédit, de l'approvisionnement et de la commercialisation des produits, c'est un système complet de structure foncière et économique que le législateur a prévu pour favoriser le passage d'une agriculture villageoise de subsistance à une agriculture de production branchée sur l'économie monétaire qui permettra seule l'amélioration du niveau de vie du paysan.

On pourrait croire qu'une telle révolution se heurte à de fortes résistances sociologiques. En fait, à cause de la faible densité d'occupation du sol, le passage pourra se faire sans heurt.

Les cultures de oualo se pratiquent sur les sols hollaldé. Nous avons vu (chapitre 3) que ces sols occupent en moyenne 33 pour cent des surfaces brutes endiguées et que, compte tenu des forêts et des rotations, environ 75 pour cent des hollaldé étaient cultivés. Les surfaces nettes irriguées représenteront aussi 75 pour cent des surfaces brutes. Donc en moyenne, les surfaces cultivables irriguées seront trois fois supérieures à celles cultivées en oualo.

La dispersion autour de cette moyenne est assez importante puisqu'on trouve de 1 à 60 pour cent de culture dans les Unités nationales d'équipement (UNE). Mais de toute manière on aura toujours plus de terres à attribuer que de terres anciennement cultivées.

Si on considère les surfaces cultivées par famille on est aussi dans une position favorable. En agriculture traditionnelle de subsistance, la surface cultivée par personne est constante, de 0,35 ha, ce qui pour une famille moyenne de sept à huit personnes donne une surface totale de 2,6 ha.

Or le Gouvernement sénégalais a choisi l'option d'attribuer 3 ha pour une famille moyenne de sept à huit personnes. Donc ici, encore, le lot attribué sera supérieur au lot ancien.

Certes le processus sera long qui permettra d'aboutir à un type d'exploitation qui, assumant les contraintes d'une discipline technique, atteindra son autonomie économique, mais il n'y a pas d'obstacle structurel.

Des problèmes apparaîtront au début de la mise en valeur d'un périmètre qui ne pourra être que progressive car pendant ou deux ans les terres seront insuffisantes. Nous avons déjà indiqué au chapitre 11 que les lots des nouveaux irrigants n'auront pas d'emblee la dimension définitive. Cette pression démographique passagère fera place rapidement à une situation où l'offre de terres dépassera les disponibilités en main-d'œuvre sur place.

#### vi. Les disponibilités de main-d'œuvre

Pour connaître les disponibilités en main-d'œuvre agricole locale, on peut se reporter aux études de la MISOES corroborées par les enquêtes ORSTOM.

Dans la strate rurale et une partie de la strate semi-urbaine, 5 pour cent de la population n'a pas d'activité agricole. Pour 9 pour cent de la population (pêcheurs, employés, artisans), l'activité agricole n'est que secondaire. Pour 86 pour cent de la population, l'activité agricole est principale (10 pour cent d'éleveurs agriculteurs). C'est dans ce dernier groupe que se trouveront les attributaires capables de devenir des exploitants agricoles. On peut difficilement envisager de priver ceux dont l'agriculture n'est qu'une activité secondaire de bénéficier de l'irrigation et il est très facile, dans le cadre d'un groupement de producteurs semi-communautaires, d'avoir des petits lots.

Les exploitations mixtes élevage-agriculture sont parfaitement viables: quelques membres du carré suivent le troupeau dans la période de transhumance, le reste du carré cultive le lot et fait des réserves de fourrage pour la période de soudure. C'est à partir de telles exploitations que se développera la culture fourragère et que pourra se développer un élevage sédentaire.

Cette population agricole en place ne pourra cultiver en moyenne que 35 pour cent du périmètre. Les 65 pour cent restants devront être cultivés par des immigrants: ayants droit non cultivateurs qui voudront reprendre une activité agricole, habitants des villages voisins, colons venus d'ailleurs. En fin de compte, la population agricole sera multipliée par 2,7.

Comme on l'a vu au chapitre 11, d'autres emplois para-agricoles seront créés dans un périmètre: employés des fermes d'embouche, ouvriers temporaires, personnel de gestion chauffeurs, mécaniciens pour le parc de matériel.

Enfin le développement de la production agricole entraînera la création d'emplois indirects dans l'industrie agricole et dans les services divers.

On peut résumer ainsi pour une tranche type de 1 000 ha la répartition des emplois avant et après la mise en valeur du périmètre, si on admet qu'un emploi peut faire vivre une famille moyenne.

<u>Type d'emploi</u>	<u>Nombre de familles pour 1 000 ha</u>		
	<u>Avant</u>	<u>Après</u>	<u>Proportion</u>
Agricole	123	333	62 %
Para-agricole	10	100	19 %
Autres	6	100	19 %
	<u>139</u>	<u>533</u>	

L'accroissement de la population est de 380 pour cent.

Comme on a proposé un système de production où le revenu de l'exploitant agricole serait supérieur ou égal au salaire minimum interprofessionnel, le revenu agricole per capita sera triplé (de 1 000 FCFA à 3 000 FCFA). Le revenu agricole global des 1 000 ha sera multiplié par 8. Le revenu monétaire paysan, compte tenu de l'autoconsommation sera multiplié par 10. Comme les autres revenus, monétaires eux aussi, seront globalement multipliés par 12,5, on voit comment la création d'un périmètre en double culture irriguée sera un pôle de développement économique puissant.

La considération de ces chiffres bruts peut faire douter qu'il soit possible d'obtenir une telle transformation, ne serait-ce qu'à cause du quadruplement de la population. C'est oublier le facteur temps. La mise en valeur d'un grand périmètre demande des années et le développement de la vallée demandera 30 ans au minimum ainsi que le développement des activités induites. Les migrations de faible amplitude permettront la concentration des populations dans les périmètres et la croissance démographique permettra de faire face à l'augmentation du nombre des emplois.

Dans la recherche de l'harmonisation du développement économique et de la croissance démographique dans la vallée, c'est cette dernière qu'il faut d'abord prendre en considération.

On doit d'abord évaluer la population active et le nombre de journées de travail qu'elle est capable de faire. La tranche d'âge de 15 à 59 est en général considérée comme formant la population active. Cela ne correspond pas exactement à la réalité car les enfants en-dessous de 15 ans ainsi que les personnes de plus de 60 ans peuvent participer à certains travaux saisonniers comme le gardiennage. Mais, avec le développement de l'instruction, les jeunes seront moins disponibles et on peut considérer que le gros du travail professionnel sera accompli par les adultes actifs. La femme ayant beaucoup d'obligations maternelles et ménagères est moins disponible que l'homme. Les taux de travail habituellement retenus en Afrique sont de 200 jours par an pour l'homme et 100 jours pour la femme.

En tenant compte du taux de masculinité (105 hommes pour 100 femmes) on obtient la disponibilité de travail en hommes/jour. Pour déterminer la disponibilité pour le travail agricole on fait varier la proportion d'emplois agricoles dans la vallée. Le cabinet d'études Beyrard a proposé le taux suivant:

<u>Pourcentage de la population active agricole</u>	
	<u>%</u>
1975	71
1980	74
1985	71
1990	68
1995	65
2000	60

La méthode est assez grossière mais elle permet d'éviter les grandes erreurs dans l'élaboration des rythmes de développement.

### vii. Les aptitudes professionnelles

Tous les emplois dont nous avons parlé supposent une technicité bien plus évoluée que celle pratiquée dans la vallée. L'agriculture et l'élevage sont plus des genres de vie que des professions et les travaux agricoles, comme les soins donnés aux animaux, ont surtout un rôle de protection; il n'y a pas à proprement parler de culture et d'élevage. Heureusement, on constate une très grande facilité d'adoption des techniques plus évoluées dès que les résultats n'apparaissent pas aléatoires. On dit habituellement qu'il faut une génération pour former des irrigants ou pour sédentariser l'élevage. Cela semble exagéré pour la population de la vallée.

Pour les autres emplois professionnels, les irrigants de la vallée ont réussi professionnellement dans les villes ou à l'étranger.

Finalement le point essentiel sera la formation des cadres techniques et administratifs. Cette question est liée à celle de l'éducation.

Le Sénégal, qui dépense 20 pour cent de son budget pour l'enseignement, a amélioré son équipement scolaire mais seulement 35 pour cent des effectifs des groupes d'âge profite de l'enseignement primaire, 11 pour cent de l'enseignement secondaire et 2,5 pour cent de l'enseignement technique.

La région du fleuve, grâce à la ville de Saint-Louis, a un bon équipement scolaire et le taux de scolarisation atteint le niveau national; dans les départements par contre il est beaucoup plus bas. Le département de Matam par exemple ne comptait que 4 800 élèves dont 800 filles pour un groupe d'âge de 26 000 enfants, soit seulement 18 pour cent de scolarisés. La situation pourrait rapidement s'améliorer dès que les conditions de vie deviendraient moins dures.

L'enseignement technique pour l'agriculture comprend : une école pour la formation des cadres ruraux qui forme 30 ingénieurs chaque année, une école pour les cadres moyens qui forme 30 cadres, une école pour les agents techniques (promotion de 60) et une école pour les agents de l'élevage (promotion de 30). Enfin la formation professionnelle agricole est dispensée par des services spécialisés (SODEVA) ou des missions étrangères (SATEC, BIT).

Les ingénieurs agronomes et les ingénieurs de travaux de génie rural sont formés uniquement à l'étranger.

La jeunesse de ces institutions et le peu d'expérience de ceux qui y sont formés posent actuellement des problèmes, mais après quelques années de fonctionnement, le système de formation devrait permettre au Sénégal de faire face à ses besoins.

### B. Mauritanie

Au plan administratif, l'aménagement de la vallée intéresse quatre cercles: Trarza, Brakna, Gorgol, Guldimaka.

La population, estimée lors de l'enquête SEDES en 1965, était la suivante:

<u>Cercles limitrophes</u>	<u>Ruraux nomades et semi-nomades</u>	<u>Ruraux sédentaires</u>	<u>Centres urbains</u>	<u>Ensemble 1/</u>
Trarza	171 200	18 700	21 900	211 800
Brakna	75 500	41 400	7 000	123 900
Gorgol	9 100	39 700	12 800	61 600
Guildimaka	<u>19 200</u>	<u>41 300</u>	<u>2 900</u>	<u>63 400</u>
Total	275 000	141 100	44 600	460 700

Les ruraux nomades et semi-sédentarisés correspondent aux Maures y compris les Haratins, ils pratiquent une nomadisation réduite, s'éloignant de 50 à 150 km du fleuve.

Les ruraux sédentaires correspondent aux ethnies noires, les mêmes qu'au Sénégal.

Il y a trois villes principales, Rosso, Boghé et Kaédi et quelques gros bourgs.

Tous ces chiffres sont anciens. La croissance démographique n'est pas la même dans les trois groupes. Le taux d'accroissement pour les nomades et sédentarisés est estimé à 1,6 pour cent, à 2,2 pour cent pour les sédentaires et pour les villes, compte tenu de l'urbanisation, à 3 pour cent.

On aurait donc les projections suivantes:

<u>Taux de croissance</u>	<u>Maures</u>	<u>Ethnies noires</u>	<u>Zones urbaines et semi-urbaines</u>	<u>Total</u>
<u>Années</u>				
1965	275 000	141 700	44 600	460 700
1970	297 289	157 988	51 704	506 981
1973	311 789	168 646	56 499	536 934
1975	321 846	176 148	59 940	557 984
1980	348 432	196 397	69 487	614 316
1985	377 213	218 973	80 555	676 741
1990	408 371	244 143	93 386	745 900
1995	442 103	272 206	108 260	822 569
2000	478 622	303 496	125 503	907 621

Ces chiffres représentent la population de droit. Quelle est la population de fait ? Si on appliquait les mêmes critères que pour la rive gauche, à savoir que 0,35 ha/hab. de culture oualo est cultivé en année normale, 60 000 ha permettraient de nourrir une population de 170 000 habitants, ce qui correspond à peu près aux ethnies sédentaires.

Mais il faudrait apporter de nombreux correctifs à cette estimation car les populations de la vallée disposent d'autres ressources que celles provenant de l'agriculture: les salaires des émigrés (60 pour cent des familles à Boghé et Kaédi comptent des

émigrés) permettent de pallier les insuffisances de la production agricole et les éleveurs tirent une grande partie de leur subsistance de leur troupeau ainsi que des revenus monétaires. Si bien que la vallée a plus d'habitants qu'elle ne peut nourrir. Pour serrer de plus près la réalité, il faut étudier le problème par région.

Le cercle de Guidimaka qui borde le Sénégal de Bakel aux environs de Matam jouit d'un climat (500 à 600 mm de pluie) qui permet des cultures pluviales de dieri assez régulières et on y trouve le long du Sénégal et de trois petits affluents du fleuve de bonnes terres de oualo, environ 15 000 ha, qui peuvent assurer la subsistance de 40 000 à 50 000 personnes, compte tenu des ressources du dieri. Une partie des nomades participe aux activités agricoles à côté de Sarakollés, Toucouleurs et Bambaras. De Matam à Kaédi, il n'y a pratiquement pas de cuvettes inondables en rive droite et peu d'activité agricole.

Entre Kaédi et Boghé (cercle de Gorgol et une partie du cercle de Brakna) se trouvent les meilleures terres de oualo de la Mauritanie, le long du Sénégal ou dans la vallée de son affluent le Gorgol. On peut estimer leur superficie à 18 000 ha le long du Sénégal et 10 000 ha dans le Gorgol.

Le taux d'utilisation de ces cuvettes est assez élevé puisque 23 000 ha ont été cultivés en 1970/71, année moyenne-faible. Les cultures de dieri sont encore possibles avec aléa et on trouve l'habituelle dualité des villages de dieri et de oualo. Mais il s'y ajoute un autre phénomène, c'est celui des villages doubles, l'un en rive droite, l'autre en rive gauche, occupés par les mêmes familles.

Les nomades participent assez peu à la mise en valeur de ces terres. Quinze pour cent de la cuvette de Boghé par exemple sont cultivés par des Maures et il s'agit de mauvaises terres. Par contre, près de 20 pour cent des terres de la cuvette de Boghé sont cultivés par des habitants de la rive sénégalaise. En dehors de Kaédi où il existe une forte majorité de Sarakollés, la population sédentaire est essentiellement Toucouleurs avec quelques Peuls. Dans cette région on doit nettement dépasser le taux de peuplement que permet l'économie de subsistance, à savoir 80 000 habitants, mais une bonne partie des cultivateurs est au Sénégal.

Après Boghé, le fleuve Sénégal amorce son tournant qui va lui donner un cours orienté de l'ouest à l'est. La vallée s'élargit et il existe en rive droite un ancien bras du Sénégal, le Koundi, présentement marigot intermittent, délimitant entre lui et le Sénégal une sorte d'île, le Chemama, équivalent de l'île Amorfil de la rive gauche.

La vallée recoupe presque à angle droit les dunes du Trarza au relief tourmenté; il n'y a plus de piste de dieri, ni village mais simplement des campements semi-permanents; la culture de dieri aux environs de l'isohyète 300 mm est extrêmement aléatoire et le nomadisme tempéré d'activités agricoles secondaires est le seul mode de vie possible au nord de la vallée. Les cuvettes inondables occupent à peine 20 pour cent de la superficie et, dans cette immense région de 130 000 ha entre Boghé et Rosso, il n'y avait en 1970/71 que 17 000 ha de cultures de décrue.

Les cuvettes en bordure du Sénégal sont essentiellement cultivées par des Toucouleurs avec le système des villages jumeaux de part et d'autre du fleuve. Les Toucouleurs pratiquent très souvent leur culture de décrue en territoire sénégalais plus favorisé par le climat.

Les cuvettes en bordure du Koundi sont cultivées par les Maures et les Toucouleurs.

Pour comprendre l'activité agricole des Maures, il faut rappeler leur organisation sociale. Ils sont divisés en tribus et les tribus en fractions de tribus. Une fraction de tribu comporte différentes castes, principalement celles qui s'adonnent à l'élevage, celles qui s'adonnent à l'agriculture (Haratin) ou à l'artisanat. Le groupement de base est l'aflat qui correspond un peu au "carré": famille élargie, bergers + haratins qui vivent ensemble sous la tente. Les tentes peuvent se grouper en campement.

Au moment de la saison sèche, la fraction de tribu se déplace vers la vallée où les uns cultivent et les autres font paître le bétail. Il y a une tendance marquée vers la sédentarisation des castes cultivant la terre, principalement haratin.

La MISOES a estimé qu'en 1958, il y avait dans la moyenne vallée 6 000 Maures sédentarisés et 50 000 nomades fréquentant la moyenne vallée. Il est très difficile de savoir quelle est la proportion de nomades qui cultivent pendant leur séjour dans la vallée.

Si on rapproche un sondage effectué par l'ORSTOM dans le département de R'Kiz, partie ouest du Chemama, et l'enquête sur les cultures de décrue, on constate que dans le territoire intéressé (40 000 ha) il y avait 5 300 ha de culture de décrue et que la population comprenait en cette saison (1973/74):

	<u>Habitants</u>
- 8 villages sédentaires Ouolof et Toucouleurs	3 891
- 3 villages semi-nomades Ouolofs et Peuls	705
- 7 fractions de tribus Maures nomades	4 225
- Cultivateurs venant du Sénégal	<u>3 179</u>
	12 000

Les surfaces cultivées devraient permettre de nourrir 15 000 personnes, ce qui s'explique car les cultivateurs Maures versent des redevances à leur tribu non présente dans la vallée et les cultivateurs sénégalais n'amènent pas toute leur famille avec eux pendant la migration saisonnière. On peut retenir la proportion de Maures cultivateurs (35 pour cent) représentative de l'ensemble de la région de Chamama.

Si l'on se réfère aux chiffres des cultures de dieri de 1970/71, on aurait donc 6 000 ha sur les 17 000 ha du Chemama cultivés par les Maures permettant de faire vivre 17 000 personnes. Mais comme la ration céréalière nomade est bien inférieure à celle des sédentaires, on peut à la rigueur doubler ce chiffre. En fait la vallée est utile aux nomades du Brakna et du Trarza beaucoup plus par ses ressources fourragères que par ses ressources agricoles. Ceci est encore plus évident dans la zone du delta mauritanien (63 000 ha) qui compte 6 500 sédentaires et 7 000 nomades saisonniers en moyenne avec des pointes pouvant arriver à 15 000 nomades, et ce, sans culture de dieri.

Au terme de cette analyse, il ressort que la population engagée dans l'exploitation agricole et pastorale de la vallée, villes comprises, devait être en 1973 de 280 000 habitants au maximum:

<u>Nomades</u>	<u>Sédentaires</u>	<u>Villes</u>	<u>Total</u>
75 000	150 000	55 000	280 000

i. Evolution récente de la Mauritanie

Elle a considérablement changé la situation de la vallée par rapport à l'ensemble du pays. Jusque vers les années soixante, la vallée avait un rôle politique et économique éminent puisque la capitale était à Saint-Louis de Mauritanie et le grand axe de communication était le fleuve.

Après l'indépendance et la fondation de Nouakchott, nouvelle capitale de la Mauritanie à 250 km au nord du fleuve, les centres de décision ne sont plus dans la vallée; l'axe routier S-N de Rosso à Nouakchott, Akjout et bientôt Nouadibou, complété par l'axe O-E en construction Nouakchott-Nema et le projet de port en eau profonde à Nouakchott ont accéléré le déclin du trafic fluvial si bien que la vallée se trouve maintenant en position marginale par rapport aux nouveaux centres et axes de gravité de la Mauritanie. C'est une situation transitoire qui cessera lorsque la restructuration de la Mauritanie sera terminée, d'ici quelques années; mais pour l'instant c'est un handicap et une sérieuse contrainte pour le développement de la vallée.

La nouvelle polarisation sur l'axe Rosso-Nouakchott a été particulièrement nette pendant la grande sécheresse; les nomades qui avaient perdu une bonne partie, sinon la totalité de leur troupeau, se sont rassemblés le long de la route et dans les deux villes, Nouakchott surtout qui a accueilli plusieurs dizaines de milliers de nomades. La vallée sévèrement touchée aussi par la sécheresse n'a plus joué son rôle de zone refuge.

ii. Structures économiques et administratives

Les structures foncières traditionnelles des ethnies noires sont les mêmes que celles qu'on trouve au Sénégal mais avec la complication que les ayants droit habitent des deux côtés du fleuve. Les structures foncières des nomades sont bien sûr des droits de parcours et de pâture plus que des droits de culture.

Le Gouvernement de la République islamique de Mauritanie envisage une restructuration totale par le biais d'une loi domaniale dont les principes seraient les suivants: expropriation totale à terme des zones intéressées, compensées par des indemnisations en nature (usufruit d'un périmètre) pour les bénéficiaires d'un droit de culture, et en nature et en espèces pour les titulaires d'un droit de terre, création d'une coopérative de production qui serait chargée de l'application de ces mesures. Les contrats d'utilisation du sol comporteraient un cahier des charges fixant les obligations de l'Etat et des cultivateurs.

La surface à attribuer aux familles tiendrait compte de la pression démographique afin d'obtenir une maximisation de l'emploi surtout en début d'exploitation d'un périmètre. L'attribution se fera d'après le nombre d'actifs par famille. On compte comme actifs les enfants dès l'âge de 12 ans, la surface à attribuer par actif est plus petite que celle qu'on attribuerait à l'adulte actif de plus de 15 ans. En fait, compte tenu de la pyramide des âges, l'exploitation familiale aurait à peu près la même taille avec les deux modes de calcul.

Avec cette réglementation, il sera assez facile de régler par indemnisation les maîtres de terre résidant au Sénégal, mais pour les bénéficiaires d'un droit de culture, il faudra une décision d'ordre politique si on veut restreindre l'usufruit du périmètre aux seuls résidents en Mauritanie.

Le Gouvernement de la République islamique de Mauritanie a dû faire face depuis dix ans à la tâche énorme de créer et d'implanter des structures administratives dans un pays immense ayant peu de ressources humaines, aussi la densité d'implantation est encore faible et il faudra attendre des années avant de disposer d'une infrastructure administrative et technique suffisante pour avoir un développement pleinement autonome. Pour l'instant le pays manque de cadres moyens et supérieurs et leur formation se heurte à des obstacles inhérents à la société mauritanienne. Le nomadisme rend très difficile l'enseignement primaire. Sur 28 000 élèves du primaire, 17 000 (60 pour cent) appartiennent aux régions limitrophes du fleuve dont la population ne représente que 30 pour cent de la population totale. En 1951, il n'y avait que 2 600 élèves et en 1961, 11 300. A partir d'une base de la pyramide scolaire si faible, les effectifs actuels du second cycle n'atteignent pas 400 et les baccalauréats obtenus sont de l'ordre de 20 par an. Cette situation s'améliorera dans les dix années à venir puisque la base de la pyramide scolaire aura doublé. La formation de cadres supérieurs et moyens pour l'agriculture se fait actuellement à l'étranger.

Un centre de formation de techniciens agricoles a été créé à Kaédi avec l'aide d'un projet FAO/PNUD qui pourra former une dizaine de techniciens par an.

La formation pratique d'encadreurs, de paysans pilotes, de conducteurs d'engins, de mécaniciens et le passage pour le paysan d'une activité traditionnelle à une activité technique évoluée ne devraient pas rencontrer d'obstacle majeur pour la population sédentaire. Mais il n'en sera pas de même pour les nomades que leurs activités antérieures et leur organisation sociale ne prédisposent pas précisément à ces tâches nouvelles.

### iii. Les disponibilités en main-d'œuvre

On peut tirer les conclusions suivantes des études précédentes. Il y aura un manque temporaire de cadres au début de la mise en valeur. Dans la région du Guidimaka la main-d'œuvre sera suffisante pour couvrir les besoins des premiers périmètres et on pourra régler la mise en valeur au rythme du croît de la population. Il en sera de même entre Kaédi et Boghé. Mais entre Boghé et Rosso apparaîtra très rapidement un déficit important de main-d'œuvre puisque la population actuelle permet de cultiver environ 15 000 ha et qu'il y a 72 000 ha à mettre en valeur. Il faudra donc prévoir soit une importante sédentarisation des nomades, soit l'immigration, soit des méthodes très mécanisées de mise en valeur.

### C. Mali

La zone intéressée par le projet: vallée du Sénégal et du Bafing jusqu'à Manantali et plus au Sud dépôts de bauxite et de fer, fait partie de la région de Kayes. D'après l'annuaire statistique du Mali (paru en 1973), la population était évaluée comme suit en 1970:

<u>Cercles</u>	<u>Superficies</u> (km <sup>2</sup> )	<u>Nombre de</u> <u>villages</u>	<u>Population</u>	<u>Densité</u> (hab./km <sup>2</sup> )
Kayès	22 188	312	165 718	7,5
Bafoulabé	22 125	255	92 016	4,6
Kéniéba	14 000	192	81 148	5,8
Kita	35 250	286	139 111	3,9
Nioro de Sahel	22 500	290	198 523	8,8
Yélimane	<u>5 750</u>	<u>87</u>	<u>71 632</u>	<u>12,5</u>
Total	121 813	1 422	748 148	

On peut distinguer une zone d'influence directe du projet composée des cercles de Kayès, Bafoulabé et Kéniéba qui groupe 339 000 habitants et une zone d'influence potentielle groupant l'ensemble des six cercles.

A partir de ces chiffres on a pu établir les projections suivantes en admettant un taux de croissance naturelle de 2,5 pour cent.

	<u>Zone du projet</u>	<u>Région de Kayès</u>
1970	338 882	748 148
1973	364 937	805 672
1975	383 411	846 458
1980	433 792	957 687
1985	492 946	1 083 533
1990	557 720	1 225 916
1995	631 007	1 387 009
2000	712 924	1 569 271

La population est essentiellement constituée de Sarakollés avec une minorité de Peuls répandus partout et de Bambaras au sud.

L'émigration est très forte dans la zone de la vallée. Elle est saisonnière vers les villes en saison sèche ou vers les zones arachidières (l'ouvrier saisonnier s'appelle un navétane). L'émigration de longue durée ou définitive vers l'étranger, en Afrique et surtout en France est fréquente. Les émigrés s'adaptent très bien à toutes sortes de tâches et ceux qui reviennent sont alors des travailleurs qualifiés.

Il ne fait aucun doute que ce réservoir de main-d'œuvre jouera un rôle régulateur dans le développement de la vallée.

La population est essentiellement rurale et la seule ville de quelque importance est Kayès (37 000 habitants).

La position géographique de la région en a fait une zone de passage entre la côte atlantique et le bassin du Niger. La navigation fluviale venant de Saint-Louis s'arrête à Kayès qui est en même temps une importante station ferroviaire de la ligne de chemin de fer Dakar-Niger. Par contre, le réseau routier est déficient.

Ce rôle de transit a perdu de son importance du fait du déclin de la navigation sur le fleuve et de la vétusté du réseau ferroviaire qui ne permet d'acheminer qu'une part de moins en moins importante du flux de marchandises et de voyageurs qui entrent et sortent du Mali.

Les structures administratives régionales sont en place. Les structures socio-économiques ont été profondément transformées depuis l'accession à l'indépendance. La propriété du sol revient à l'Etat, les droits de culture sont donc en situation usufruitière.

Dans la région de Kayès l'exploitation moyenne est de 3,5 ha pour une famille de neuf personnes. Le Gouvernement malien tient à garder la même dimension d'exploitation lors du passage à la culture irriguée. Celle-ci n'occupera que 40 000 ha.

Le type d'irrigation possible dans la région: petits périmètres sans endiguement destinés à fournir une irrigation d'appoint pendant la saison des pluies (700 à 900 mm de pluie) et une irrigation totale pendant la saison sèche, ne changera pas beaucoup la structure foncière ni la structure sociale.

L'encadrement sera léger sauf dans les petits périmètres pilotes qui diffuseront les techniques dans les villages voisins et il existe une école de cadres ruraux à Samé à 30 km au nord de Kayès suffisante pour assurer la formation de ces encadreurs. Quant aux cadres moyens et supérieurs, ils sont également disponibles au Mali.

Le problème des disponibilités de main-d'œuvre se pose d'une manière différente au Mali que dans les deux Etats voisins. Il s'agit d'une intensification de l'agriculture existante grâce à l'irrigation. Le travail agricole sera continu au lieu d'être saisonnier mais le nombre des actifs employés dans l'agriculture ne changera pas beaucoup. L'émigration saisonnière n'aura plus de raison d'être pour les bénéficiaires de l'irrigation, mais il restera toujours une disponibilité d'emploi supérieure aux offres du domaine agricole. Ce sera le rôle des secteurs amont et aval, des mines, de l'industrie et des transports d'absorber cet excédent de main-d'œuvre.

#### D. Conclusion sur les disponibilités de main-d'œuvre dans la vallée

Malgré toutes les réserves que nous avons exprimées concernant les données démographiques prises en compte, il faut bien, pour établir des modèles de développement, choisir les chiffres les plus vraisemblables.

Les tableaux 42, 43 et 44 font ressortir respectivement les données relatives à la population active, pour la population active agricole et pour l'évaluation des journées de travail potentielles. Le coefficient rectificatif du tableau 44 tient compte de l'irrégularité des points de main-d'œuvre.

#### 16.2 LES INFRASTRUCTURES ET INSTITUTIONS COMMUNES

Nous avons traité, pour chacun des trois pays, des infrastructures et physiques et institutionnelles qui leur étaient propres, mais la mise en valeur du bassin du Sénégal est une entreprise commune à trois Etats qui repose sur des institutions de

coopération et sur une infrastructure physique commune: le fleuve aménagé. Comme tous les problèmes institutionnels sont posés à propos de l'aménagement du fleuve Sénégal, nous étudierons d'abord ce point.

#### 16.2.1 Situation présente

Les ressources en eau du fleuve non aménagé ont été, jusqu'à très récemment, suffisantes en l'absence de techniques de détournement ou de pompage massif, pour qu'aucun conflit n'éclatât à propos de l'utilisation des eaux du fleuve. Les seules réglementations locales existantes touchaient les droits de pêche dans tel ou tel bief. Le seul aménagement d'ensemble qui avait été entrepris était le balisage du chenal de navigation et l'établissement d'un système de mesures hydrologiques et d'annonce des crues.

La réalisation et la gestion des aménagements étaient jusqu'en 1971 confiées à la Mission d'aménagement du Sénégal (MAS) dont la compétence s'étendait aux trois pays intéressés, ce qui ne posait aucun problème du temps de l'administration coloniale dans le cadre de l'Afrique occidentale française.

Après l'indépendance, les différents Etats ont créé leurs propres services et la MAS a été dissoute en 1971. Les aménagements très modestes qui existaient sont souvent tombés en désuétude d'autant plus que, comme nous l'avons souligné, le trafic routier a supplanté le trafic fluvial. Il n'existe plus que sept escales équipées de quai et de magasins, la circulation n'est possible sur les trois quarts du fleuve que pendant la crue et le début de la décrue à cause de l'existence de dix seuils rocheux et de 19 seuils sableux.

#### 16.2.2 Les futures infrastructures physiques

Les infrastructures physiques qui permettront la régularisation du fleuve et la production d'énergie ont déjà été décrites dans les précédents chapitres.

Les infrastructures nécessaires à la navigation sont très simples, elles ont pour but d'une part de permettre une navigation aisée entre la navigation fluviale et maritime par la création d'un chenal en eau profonde entre le fleuve et l'océan et d'autre part de créer un chenal dans le fleuve régularisé permettant une navigation fluviale ininterrompue au tirant d'eau voulu et ce, par creusement des seuils.

Les quais, les appontements et les magasins sont des ouvrages courant qui devront s'adapter aux nécessités du trafic. Il y aura trois types de trafic:

- un trafic pour l'approvisionnement des périmètres (produits chimiques et fuel) et l'écoulement des produits non périssables (grains, farine, sucre et autres produits de l'agro-industrie); ce trafic peut facilement atteindre 10 t à l'hectare sur des distances variables.
- un trafic commercial entre l'océan et le Mali de l'ordre de quelque centaines de milliers de tonnes.
- enfin le trafic de minerai de l'ordre de plusieurs millions de tonnes. Tout ceci est sans commune mesure avec le trafic actuel.

16.2.3 Les problèmes juridiques

L'aménagement du fleuve doit en faire un instrument privilégié de développement pour les Etats riverains, ce qui pose d'emblée de nombreux problèmes de droit. Le premier principe à retenir est que toutes les parties jouissent d'un droit égal sur le fleuve avec son corollaire que toute décision concernant le fleuve doit être prise à l'unanimité. C'est ce qui a été fait jusqu'à présent.

Le deuxième principe est celui de l'équité dans l'utilisation du fleuve qui tient compte des avantages antécédents aussi bien que des besoins et possibilités de chacun.

Ce sont ces deux principes qui ont guidé toutes les grandes décisions concernant l'aménagement du fleuve et son usage.

Le choix du barrage de Manantali assurant la première étape de la régularisation avec un débit de 300 m<sup>3</sup>/s à Bakel permettait de satisfaire les besoins en eau d'irrigation dont bénéficient surtout le Sénégal et la Mauritanie, de produire de l'énergie en quantité suffisante pour permettre l'exploitation des ressources minières du Mali et du Sénégal ainsi que l'électrification de la haute vallée et enfin de créer une voie d'eau navigable en toute saison donnant un accès à la mer au Mali et dont bénéficieront aussi les deux autres Etats.

La décision concernant le port de Saint-Louis donnant accès à l'océan par un chenal en eau profonde et le barrage du delta protégeant la basse vallée des remontées salines et améliorant l'exploitation de l'ensemble du système hydraulique a été prise avec le même souci d'équité.

L'ensemble des ouvrages permettant l'aménagement physique du fleuve est donc bien le fruit d'une volonté commune qui a pu s'exprimer à travers les différentes instances de l'organisation pour la mise en valeur de la vallée du Sénégal.

La réalisation de ces ouvrages et leur gestion supposent qu'un pas de plus est franchi dans le sens de la coopération et de la communauté entre les Etats riverains.

16.2.4 Les institutions

A la réunion des chefs d'Etat, au Conseil des Ministres et au Secrétariat général qui sont des organes de réflexion et de décision s'est ajouté un organe d'exécution, sous forme de Commissariat ayant délégation pour s'occuper des questions de financement et de réalisation d'infrastructures communes indépendamment du fait que ces structures se trouveront sur tel ou tel territoire national. Plus tard la gestion de l'eau, de la navigation, de l'énergie devra être prise en charge par des organismes communs, alors que la mise en valeur agricole pourra être exécutée par des agences nationales, la programmation des aménagements restant, elle, du domaine communautaire pour assurer un développement harmonieux.

Il se trouve d'ailleurs que les ressources dégagées par la première étape de travaux seront telles que les possibilités de conflit sont très lointaines, d'autant plus que l'adjonction de nouveaux ouvrages pourra toujours augmenter ces ressources.

Les techniques d'administration, de prévision, de gestion à mettre en œuvre par les nouvelles institutions supposent une amélioration par rapport à ce qui existe actuellement aussi importante que celle du passage de la culture traditionnelle à la double culture irriguée, si bien que dans ce domaine aussi la mise en valeur du bassin du Sénégal jouera le rôle de pôle de développement.

La très haute qualification requise pour l'accomplissement de telles tâches suppose évidemment un recrutement à l'échelle nationale et non plus régionale.

### 16.3 ECONOMIE DES TROIS ETATS RIVERAINS

Nous avons montré le dynamisme démographique et l'adaptabilité des institutions; il nous reste à examiner si nous trouvons les mêmes caractéristiques dans l'économie du pays.

#### 16.3.1 Les comptabilités nationales

On peut évidemment s'interroger sur la valeur de la comptabilité nationale lorsqu'une part importante de la population pratique l'économie de subsistance et le troc, mais il n'y a pas d'autre méthode pour avoir une idée globale de la vie économique. Les données concernant la comptabilité nationale sont assez disparates bien que rassemblées par la BIRD. Nous avons uniformisé les agrégats et exprimé tout en FCFA constants base 1969 bien que chaque pays ait sa propre monnaie. Les données manquent au-delà de 1969, sauf pour le Sénégal. Les données comparatives sont rassemblées dans le tableau 45. Le Sénégal a une économie assez diversifiée et un PIB per capita de plus de 250 dollars US qui fait classer ce pays parmi ceux qui ont déjà amorcé leur développement. Cependant il faut souligner que si le PIB a eu un taux de croissance d'un peu plus de 10 pour cent en dix ans cela n'a pas été suffisant pour éviter la détérioration du PIB per capita car la croissance démographique a atteint 28 pour cent pour la même période.

Les variations en dents de scie du produit de l'agriculture rappellent l'extrême dépendance de ce secteur vis-à-vis du climat. Sa contribution au PIB (au prix des facteurs) varie entre 33 et 35 pour cent. Le secteur secondaire est le plan dynamique puisque sa part est passée de 15 à 17 pour cent en dix ans.

Le secteur tertiaire a vu sa part diminuer légèrement passant de 31 à 29 pour cent pour les services et de 23 à 16 pour cent pour l'administration. Ceci reflète la perte du rôle de capitale de l'AOF depuis l'accession à l'indépendance. L'évolution après 1971 a confirmé ces tendances, la production agricole a été durement touchée par la sécheresse alors que la pêche, les mines, l'industrie et le tourisme ont connu une croissance de bon augure.

Avec une telle infrastructure économique le Sénégal devrait pouvoir faire face aux exigences d'un développement rapide de la vallée.

La Mauritanie a une structure économique bien différente. Presque exclusivement agricole en 1959, la production nationale s'est diversifiée, le PIB a plus que doublé en dix ans et le PIB per capita atteint 178 dollars US en 1969, c'est incontestablement l'amorce d'un développement.

La production agricole suit à peu près la progression démographique, mais sa contribution au PIB est passée de 58 à 31,5 pour cent. C'est le développement des mines dont la part passe de 0 à 30 pour cent du PIB qui a été le moteur de l'évolution alors que les secteurs secondaire et tertiaire sont restés à des niveaux assez bas passant de 29 à 31 pour cent du PIB. Au moment d'entreprendre une grande œuvre de développement agricole, la Mauritanie trouvera dans la bipolarisation un avantage financier certain.

Le Mali dont les trois quarts du pays sont en zone sahélienne, qui est enclavé et n'a pu encore mettre en valeur ses ressources minières n'a pu que maintenir un niveau de vie peu au-dessus de la subsistance. La croissance du PIB a suivi celle de la population si bien que le produit par capita est resté stable, aux environs de 60 dollars US.

La part de l'agriculture et de la pêche est passée de 54 pour cent à 44 pour cent. Le développement du PIB est venu du secteur secondaire. Le secteur secondaire passe de 9 à 14 pour cent, le secteur tertiaire est passé de 47 à 42 pour cent. Cette part importante du secteur tertiaire dans la comptabilité nationale signifie simplement que l'ensemble de l'économie traditionnelle qui permet de vivre à 87 pour cent de la population ne peut trouver une exacte valorisation comptable.

L'aménagement du fleuve, qui permettra le désenclavement du Mali et le développement de ses ressources minières tout en régularisant une petite partie de sa production agricole, apparaît comme le meilleur atout du développement de ce pays car même le développement agricole du bassin du Niger dépend de l'accroissement du volume des échanges, donc en fin de compte du désenclavement.

#### 16.3.2 Les productions nationales

Cet exposé n'est pas exhaustif, nous soulignerons simplement ce qui, dans ces productions, peut avoir un rapport avec le développement de la vallée.

##### A. Sénégal

###### i. La production agricole

La production agricole du Sénégal est extrêmement sensible aux aléas climatiques, la Casamance au sud était la plus favorisée et la région du fleuve la plus défavorisée. Depuis très longtemps déjà l'agriculture comporte un secteur vivrier et un secteur industriel (arachide, coton). Les surfaces cultivées peuvent varier annuellement de 20 à 30 pour cent pour le secteur vivrier et de 10 pour cent pour le secteur industriel. En année normale, 2,5 millions d'hectares sont cultivés, dont 1,1 million pour les cultures industrielles.

Les principaux produits récoltés sont les suivants:

	<u>1968</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>	<u>1971</u>
..... milliers de tonnes.....				
Mil, sorgho	450	635	401	602
Riz, paddy	58	156	90	104
Maïs	35	49	39	44
Fonio	3	4	3	4
Béref	3	9	2	8
Manioc	232	177	133	180
Patates douces	10	16	10	15
Niébé, haricots	17	22	18	22
Pommes de terre	4	5	6	6
Légumes	<u>113</u>	<u>116</u>	<u>120</u>	<u>125</u>
Total cultures vivrières	<u>925</u>	<u>1 189</u>	<u>822</u>	<u>1 110</u>
Arachide	1 191	953	983	1 050
Coton	10	11	12	21

La part de la région du fleuve dans cette production est infime, à savoir 10 pour cent de la production vivrière.

La valeur de la production était pour ces mêmes années:

	<u>1968</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>	<u>1971</u>
..... millions de FCFA .....				
Cultures vivrières	13 580	19 145	12 492	17 316
Cultures maraîchères	3 220	3 306	3 420	3 750
Arachide	17 513	24 222	19 705	28 428
Coton	<u>224</u>	<u>320</u>	<u>322</u>	<u>589</u>
	34 537	46 993	35 939	50 083

Le prix des produits vivriers est assez stable alors que le prix de l'arachide suit la fluctuation du cours mondial.

Cependant, les tableaux ci-dessus ne font pas ressortir que l'arachide et le coton sont des ressources de revenu monétaire alors que les cultures vivrières exceptées, les cultures maraîchères sont toutes autoconsommées. C'est également pour la culture de l'arachide et du coton que sont utilisés semences sélectionnées, engrains, pesticides et machines agricoles. Ces inputs représentent plus de 15 pour cent de la valeur de la production. La part revenant à l'Etat dans la valeur ajoutée est assez importante si bien que le revenu monétaire net à l'hectare est de 10 000 à 20 000 FCFA. Ce résultat serait satisfaisant si le paysan cultivait en même temps que l'arachide des plantes vivrières assurant son autoconsommation. Malheureusement, l'arachide est souvent une monoculture et en année sèche, le paysan n'a pas les ressources nécessaires pour acheter sa nourriture, ce qui oblige l'Etat à distribuer des vivres de soudure et accroît la dette des producteurs.

Cet endettement a atteint une telle ampleur lors de la sécheresse de 1972 qu'il a fallu annuler les dettes paysannes.

Les efforts faits pour améliorer la production ont été souvent annulés par les conditions climatiques.

Si la situation du producteur d'arachide (uniquement petits paysans) n'est pas toujours très confortable, elle est tout de même meilleure que celle des producteurs de produits vivriers qui bénéficient à peine de l'économie monétaire. De plus, la production arachidière qui a été le moteur du développement du Sénégal a toujours été encouragée alors que la production vivrière, jusqu'à cette dernière décennie, ne l'a pas été.

Il en est résulté un déséquilibre céréalier permanent de l'ordre de 30 à 40 pour cent qui ne fait que s'accentuer avec la croissance démographique. Le déficit est comblé par des importations.

	<u>1962</u>	<u>Moyenne 1968-72</u>		
	<u>Milliers de tonnes</u>	<u>Millions de FCFA</u>	<u>Milliers de tonnes</u>	<u>Millions de FCFA</u>
Riz	118	2 949	165	4 120
Blé, farine	70	1 265	115	2 415
Maïs			22	440
Sorgho, mil	<u>14</u>	<u>196</u>	<u>30</u>	<u>600</u>
	202	4 410	332	7 575

Notons que ces importations représentent 25 à 30 pour cent de la production arachidière. En dehors de la vallée du fleuve les extensions possibles sont limitées. En dessous de 600 mm de pluie les extensions seraient trop aléatoires. Seule la partie sud du pays, Sénégal oriental et Casamance, offre des conditions naturelles convenables, mais il n'y a aucune possibilité de double culture ni de mécanisation rentable. La production restera liée à l'accroissement de la main-d'œuvre et le surplus commercialisable restera faible. Le Sénégal oriental se prête à la culture du mil, du sorgho et du maïs et la Casamance à celle du riz, non sans aléas.

Finalement, seul le développement du fleuve en double culture irriguée intensive peut permettre de rompre le cercle vicieux de l'agriculture de subsistance et dégager assez de surplus pour rendre le Sénégal autosuffisant au plan alimentaire.

Ce qui est vrai pour les céréales l'est encore plus pour le sucre dont les importations atteignaient 75 000 t avant l'installation du casier sucrier de Richard-Toll et qui ne peut être produit que dans la vallée.

Par contre, il n'y aura que bien peu d'intérêt à faire de l'arachide ou du coton qui sont plus rentables en culture pluviale dans le reste du pays.

L'analyse de la situation de l'élevage (cf. tableaux 46 et 47) conduit à des options analogues. Le Sénégal importe le quart de sa consommation pour les bovins et la moitié pour les petits ruminants. Les deux tiers du cheptel se trouvent dans ce qu'on appelle la zone pastorale, entre le fleuve au nord et entre le 14<sup>e</sup> et 15<sup>e</sup> parallèles au sud. Les riches pâtures du sud sont inaccessibles, pour des raisons sanitaires, aux troupeaux de la zone pastorale. Les ressources de la zone pastorale sont limitées et dangereusement aléatoires. La destruction de la moitié du troupeau de la zone pastorale pendant la sécheresse de 1972 n'a fait que rétablir un équilibre naturel.

Aussi la seule issue possible pour le Sénégal est de développer les cultures fourragères dans la vallée (cf. chapitre 8).

Afin de déterminer les objectifs de production pour la mise en valeur du fleuve, on a établi des perspectives de consommation alimentaire à partir des données de la consommation per capita et de la démographie.

La consommation actuelle au plan national per capita et par an a été établie comme suit:

<u>Produits</u>	<u>Matières consommables</u>	<u>Produit brut</u>
	..... kg .....	
Mil/sorgho	85,5	136,0
Riz	60,9	96,8
Maïs	12,6	16,4
Blé (farine)	<u>17,8</u>	<u>22,9</u>
Total céréales	176,8	272,1
Tubercules		49,4
Légumes		32,1
Fruits		12,0
Sucre	17,7	
Viande		21,5
Lait	30,8	
Poisson		46,5
Oléagineux	9,8	

Diverses hypothèses concernant l'évolution de la consommation ont pu être faites à partir de ces données. En effet, les chiffres moyens ci-avant ne révèlent pas les profondes disparités entre les régimes alimentaires de type urbain (davantage de riz, de farine, de viande) et ceux de type rural (prédominance du mil-sorgho en-dessous de 900 mm de pluie et de riz au-dessus de 900 mm de pluie). Les données actuelles sont considérées comme un minimum; l'évolution vers le type urbain avec l'uniformisation des régimes fournissent des chiffres considérés comme un maximum.

Les perspectives de consommation ont été établies au plan national et pour la zone du projet. Les perspectives pour les productions intéressant la mise en valeur du fleuve peuvent être résumées de la façon suivante:

	<u>Perspectives de consommation</u>					
	<u>1970</u>		<u>1990</u>		<u>2005</u>	
	Base	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	..... Milliers de tonnes .....
<u>Céréales</u>						
Nationale	1 078	1 635	1 740	2 233	2 376	
Zone du projet	101	163	174	234	249	
<u>Sucre</u>						
Nationale	70	106	129	145	175	
Zone du projet	7	11	13	15	18	
<u>Viande</u>						
Nationale	85	129	135	176	185	
Zone du projet	8	12,8	13,5	18,4	19,4	

### ii. Production minière et industrielle

Un certain nombre d'entre elles intéressent le projet comme industrie d'amont et d'aval.

L'existence de gisement de phosphate de calcium près de Taiba permettra de faire face à tous les besoins en phosphate. Il existe une usine de production de superphosphate dont la capacité de production de 8 500 t/an, loin d'être utilisée, sera suffisante pour les premières étapes du développement de la vallée. Il existe également une unité de conditionnement d'engrais qui pourrait faire face aux besoins accrus. Parmi les grands projets à l'étude un complexe pétrochimique près de Kaylor permettrait d'assurer l'approvisionnement en engrais azotés.

La production de pesticides serait aussi possible puisqu'il existe déjà une petite usine de pesticides.

Une unité de production de matériel agricole orientée jusqu'à présent vers les outils adaptés à la traction animale légère pourrait servir de base à la production d'engins adaptés à la traction mécanique.

C'est dans le domaine des industries alimentaires que le Sénégal est le mieux équipé puisque leur chiffre d'affaires est de l'ordre de 40 à 50 milliards de FCFA, la moitié du chiffre d'affaires global des industries. La majeure partie de ces industries est liée à l'arachide, mais les minoteries (180 000 t/an) et les conserveries pourraient servir immédiatement à la production de la vallée.

Enfin, dans un tout autre domaine, l'exploitation des minerais de fer de la Falémé, affluent du Sénégal, dépendra des équipements hydro-électriques du fleuve Sénégal. En effet, le gisement évalué à 1 200 millions de tonnes comporte un milliard de tonnes de mineraux à faible teneur qui devra être transformé en pellets, ce qui n'est possible que grâce à l'énergie produite par lesdits équipements.

### iii. Activité commerciale

Les structures commerciales du Sénégal ont été mises en place au temps où ce dernier était la façade maritime de l'Afrique occidentale française. L'équipement du port de Dakar, le réseau commercial privé d'import-export comme le réseau commercial privé de distribution, dépassait les besoins du Sénégal. Une partie de ces réseaux a disparu avec la nationalisation du commerce de l'arachide, la suppression de la traite et l'éclatement de l'ancienne AOF. Mais maintenant encore les structures en place jouent un rôle très important pour l'approvisionnement du Sénégal, de la Mauritanie et du Mali et continueront à le jouer jusqu'à l'aménagement du fleuve pour la navigation permanente et la construction du port en eau profonde de Nouakchott, dans la décennie suivante.

Le port pétrolier de Dakar et plus tard celui de Kaylor ainsi que les réseaux privés de distribution de carburant seront longtemps indispensables. La plupart des grandes compagnies d'import-export implantées dans toute l'Afrique de l'Ouest sont représentées à Dakar. Le développement de la culture mécanisée dépendra longtemps encore des importations faites par les agences de Dakar.

Le port de Dakar joue aussi le rôle de transit pour les marchandises importées par le Mali et la Mauritanie.

B. Mauritanie

i. Production agricole

La production agricole de la Mauritanie est très peu diversifiée, elle est presque entièrement autoconsommée, seule la gomme arabique est exportée. Elle contribue pour 6 pour cent à la formation du PIB.

Les statistiques concernant cette production sont peu précises. Les estimations de 1969 sont les suivantes en milliers de tonnes):

Mil, sorgho	100
Niébé	10
Dattes	12
Divers	12
Gomme arabique	5

La production de la vallée (oualo + dieri) représente 30 à 35 pour cent du total.

En dehors de la vallée qui peut être aménagée, les conditions climatiques et l'absence d'un réseau de communications ne permettent pas d'envisager un développement de la production agricole autre que celui qui permet à la population de subsister dans des conditions d'isolement.

On estime à 20 pour cent la quantité commercialisée dans des micromarchés non reliés entre eux et le transport atteint des coûts prohibitifs. Seuls le sucre et le thé vert sont commercialisés dans l'ensemble du pays.

La production agricole ne couvre pas les besoins de la population et la Mauritanie a recours à des importations massives surtout destinées à la consommation urbaine mais il ne faut pas négliger les importations non contrôlées qui se font le long de la très longue frontière avec le Mali.

En 1971, les importations de produits alimentaires d'origine végétale étaient estimées comme suit:

	<u>Tonnes</u>	<u>Millions FCFA</u>
Céréales (contrôlé)	34 400	871
Sucre (contrôlé + non contrôlé)	25 000	1 750
Légumes	1 925	94
Fruits	655	53
Conсерves	860	76
Thé (contrôlé + non contrôlé)	1	500
	62 841	3 344

Les importations de céréales portent sur le riz: 15 000 t, les mil et sorgho: 13 000 t et la farine: 6 000 t.

Excepté pour le thé, seul le développement agricole de la vallée permettra à la Mauritanie de sortir de cette dépendance alimentaire.

L'élevage constitue la deuxième ressource mauritanienne après les mines, il représente environ 30 pour cent du Produit intérieur brut. Les données statistiques sur l'élevage sont assez peu sûres surtout depuis que le Gouvernement a institué un contrôle des abattages et des exportations, ce qui a entraîné une fraude dans les déclarations. La meilleure source est l'étude de la SEDES sur l'approvisionnement en viande de l'Afrique de l'Ouest (1973). Les derniers chiffres datent de 1970. A cette date la situation pouvait être considérée comme normale (cf. tableau 48).

La Mauritanie était en position exportatrice nette surtout vers le Sénégal ce qui rapportait près de 5,5 milliards de FCFA par an.

La sécheresse a fait périr près de la moitié du troupeau et en 1974, la Mauritanie, d'exportatrice, était devenue importatrice. On estime qu'il faudra dix ans pour rétablir la situation.

Pour éviter la répétition d'une pareille catastrophe il faudra que le programme de mise en valeur de la vallée prévoit très rapidement une intensification de la production fourragère afin de disposer de fourrage de soudure et de réserve.

On a établi pour la Mauritanie les mêmes perspectives de consommation que pour le Sénégal mais la situation de départ est bien différente; on a supposé qu'à la fin de la période d'aménagement la situation serait la même dans les trois pays riverains.

Consommation per capita et par an en 1970

<u>Produits</u>	<u>Matières consommables</u>	<u>Produit brut</u>
Mil/sorgho	55,0	81,7
Riz	10,0	15,4
Maïs	3,9	4,9
Blé (farine)	<u>3,4</u>	<u>4,3</u>
Total céréales	72,3	109,3
Tubercules		5,4
Légumes-légumineuses		13,2
Fruits		13,5
Sucre	22,8	22,8
Oléagineux	1,8	
Viande		36,0
Lait	212,0	212,0
Poisson		16,0

De ces données on a établi les perspectives de consommation à partir d'hypothèses analogues à celles utilisées pour le Sénégal, au plan national et au plan de la zone du projet. On a pour les principaux produits:

Perspectives de consommation

	1970 Base	1990		2005		
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum	
..... milliers de tonnes .....						
<u>Céréales</u>						
Nationale	122	167	272	212	565	
Zone du projet	43	59	131	74	197	
<u>Sucre</u>						
Nationale	25	35	45	44	57	
Zone du projet	9	12	14	16	20	
<u>Viande</u>						
Nationale	40	55	55	70	70	
Zone du projet	14	19	19	24	24	

ii. Production minière et industrielle

Les productions minières: minerai de fer au nord du pays et cuivre au centre du pays n'intéressent le développement du fleuve que par les facilités financières qu'elles donnent au Gouvernement pour établir les nouvelles structures administratives et économiques du pays.

Le gisement de Zouerate n'a que 138 millions de tonnes de réserve d'un excellent minerai de fer; l'exploitation qui a commencé en 1963 devrait se terminer en 1978, mais d'autres gisements sont exploitables qui permettraient de reporter l'échéance en 1985.

Enfin des gisements de quartzite à 30 pour cent de fer représentent des réserves de 2 milliards de tonnes.

La société qui exploite le gisement de Zouerate, la Miferma, a été nationalisée en 1974. Les exportations de la Miferma (17 milliards de FCFA) représentent 90 pour cent du total des exportations et les redevances payées couvrent 31 pour cent des recettes budgétaires.

La société minière de Mauritanie (Sonima) exploite à Akjout un gisement de minerai de cuivre de 22 millions de tonnes représentant 450 000 t de cuivre métal. La nature du minerai a exigé la construction d'une unité pilote de traitement qui fonctionne depuis 1970. La production devrait s'arrêter en 1990 et les exportations annuelles s'élever à 300 000 t de métal/an, soit 5,5 milliards de FCFA ou 1,1 milliard d'Ouguiya.

Les premiers résultats tangibles de la mise en valeur de la vallée devraient apparaître en 1985-90 de sorte que le développement de la vallée prendrait le relais du développement minier.

Il existe par contre un gisement de phosphate à Cive en face de Matam dont les réserves estimées à 4 millions de tonnes serviraient directement au développement de la vallée.

La seule industrie liée au développement de la vallée est l'abattoir de Kaédi dont la capacité est de 3 000 t/an de viande sur pied et qui pour l'instant est sous-utilisé faute d'approvisionnement et de débouchés réguliers.

### iii. Activité commerciale

Le secteur commercial moderne mauritanien en est à ses débuts. Jusqu'en 1973, le secteur privé à capitaux étrangers a joué un rôle important. Une société nationale d'importation et d'exportation, la Sonimex, a été créée en 1966. Elle importe uniquement par le warf de Nouakchott et son activité s'étend maintenant à la distribution. En 1973, l'ensemble du commerce devait passer sous contrôle national. La tâche d'organisation des nouvelles structures commerciales est immense mais le développement autonome de la rive mauritanienne de la vallée en dépend.

## C. Mali

Bien que la mise en valeur de la Haute Vallée renforcera assez peu le potentiel agricole du Mali, il est utile de situer cet apport vis-à-vis de l'ensemble.

### i. Productions d'origine végétale

Elles représentent 55 pour cent du secteur primaire et 27 pour cent du PIB, mais leur valeur absolue est faible: moins de 4 000 FCFA per capita. L'accroissement annuel de la production, 2,5 pour cent, est inférieur au taux annuel d'accroissement démographique. Le secteur traditionnel représente 87,6 pour cent des productions contre 81 pour cent en 1959 et le secteur moderne décroît.

Quatre-vingt-dix pour cent des surfaces sont utilisées pour des cultures vivrières et le taux d'auto consommation est très élevé: 97,2 pour cent pour le mil/sorgho et 69 pour cent pour l'arachide.

Les productions sont assez diversifiées. Le mil et le sorgho occupent la première place avec une production annuelle de 800 000 t en moyenne, ce qui n'est pas suffisant puisque les importations sont de l'ordre de 20 000 à 25 000 t/an.

Le riz vient ensuite avec une production moyenne de 150 000 t. Il est produit dans le périmètre de l'Office du Niger (35 000 ha - 45 000 t), dans les cuvettes naturelles le long du Niger (65 000 ha de riz flottant) et dans le sud du pays (72 000 ha de riz pluvial). Une partie du riz est exportée sans contrôle vers la Mauritanie, mais les importations sont nécessaires chaque année.

Le maïs (un peu plus de 100 000 t) et le fonio (20 000 t) sont autoconsommés.

Il existe une petite production de blé, 2 500 t, mais les importations de farine atteignent 11 000 à 12 000 t/an.

Le bilan céréalier est donc déficitaire; en 1971, les importations s'élèveront à 43 000 t auxquelles il faut ajouter 12 000 t de produits dérivés des céréales. La valeur totale était de 3 milliards de Francs maliens, soit 1,5 million de FCFA. Il faut ajouter à cela des dons qui ont atteint des chiffres très importants à partir de 1972, début de la grande sécheresse.

Le Mali est largement auto approvisionné en fruits et légumes et des exportations ont déjà eu lieu vers l'Europe.

La canne à sucre est produite dans le périmètre de l'Office du Niger, la production de sucre atteint 6 200 t/an, mais les importations s'élèvent à 26 000 t.

Un essai d'implantation de la culture du thé est en cours. Les importations portent sur 2 500 t/an dont une partie est réexportée vers la Mauritanie.

Les seules cultures industrielles sont l'arachide, le coton et le dah.

L'arachide qui couvre 110 000 ha (le long de la voie de chemin de fer) avec une production moyenne de 125 000 t est de plus en plus autoconsommée. En 1959, 70 pour cent (85 000 t) de la production était commercialisée et exportée en coques; en 1968, 25 pour cent de la production (30 000 t) a été commercialisée et 90 pour cent exportée. Une usine de trituration à Koulikoro a pu traiter en 1968 21 500 t produisant 6 500 t d'huile dont une partie a pu être exportée. Le développement de cette culture dépend essentiellement du prix d'achat de l'arachide au producteur.

Le coton est une culture traditionnelle qui a été développée récemment d'une manière moderne. Il couvre 65 000 ha en culture pluviale, les rendements sont faibles (572 kg/ha), mais de bonnes possibilités d'amélioration existent.

Le dah est une plante textile locale susceptible de remplacer le jute pour la fabrication des sacs; des essais sont en cours.

Actuellement la région de Kayes intéressant le projet a des rendements légèrement supérieurs à ceux de la moyenne nationale, mais la production de céréales per capita atteint à peine la moyenne nationale. La région est en tête pour l'arachide.

#### Production annuelle per capita

	<u>1966</u>	<u>1967</u>	<u>1968</u>	<u>1969</u>
	.....	kg	.....	.....
a) <u>Total céréales</u>				
Mali	209	225	155	186
Kayes	156	171	178	193
b) <u>Arachide</u>				
Mali	34	25	19	28
Kayes	108	61	68	95

#### ii. Productions animales

Elles représentent 22,5 pour cent du PIB. La pêche ne représente que 2,7 pour cent. L'élevage constitue donc la première richesse de l'économie malienne.

En 1970, d'après l'ouvrage déjà cité de la SEDES, le cheptel était composé de la façon suivante:

Bovins	5 350 000
Petits ruminants	11 250 000
Camelins	215 000

La production et la consommation de viande sont résumées au tableau 49.

Il est à noter que 10 pour cent du bétail seulement se trouve dans la région de Kayes mais l'alimentation carnée y est élevée: 39,7 kg/an per capita.

Le Mali est largement exportateur de bétail sur pied surtout vers la Côte-d'Ivoire mais aussi vers le Sénégal.

Après aménagement du fleuve Sénégal, le potentiel irrigable de la Haute Vallée, 40 000 ha, est assez faible comparé à celui du delta intérieur du Niger ou même à celui des périmètres dépendant du barrage de Sélingué actuellement en construction. Aussi on ne peut assigner d'autre objectif de production pour ces 40 000 ha que la couverture des besoins locaux et la couverture d'une part des besoins nationaux pour les secteurs déficitaires: les céréales et le sucre.

Pour préciser ces objectifs partiels, des prévisions de consommation ont été établies pour l'ensemble du Mali et pour la zone du projet.

On a supposé une évolution du régime alimentaire du Mali pour qu'il soit semblable à celui des deux autres pays déjà étudiés. Ceci suppose un doublement de la consommation de riz et une consommation de maïs croissante.

Les données de base pour 1970 sont les suivantes:

Consommation annuelle per capita (1970)

<u>Produits</u>	<u>Matières consommables</u>	<u>Produit brut</u>
	..... kg .....	
Mil/sorgho	106,7	164,3
Riz	23,4	36,0
Maïs	17,5	21,9
Blé (farine)	2,0	2,5
Fonio	2,5	3,7
Total céréales	152,1	228,4
Tubercules		44,0
Légumes légumineuses		27,3
Fruits		6,3
Sucre	6,1	
Oléagineux		31,5
Viande		21,8
Lait	87,9	
Poisson		11,9

Les perspectives ont été établies pour le Mali et la zone du projet:

<u>Céréales</u>	<u>1970</u>	<u>1990</u>		<u>2005</u>	
	Base	Minimum-Maximum	Minimum-Maximum	Minimum-Maximum	Minimum-Maximum
Mali	1 027	1 684	1 991	2 439	3 104
Zone du projet	77	126	150	183	233
<u>Sucre</u>					
Mali	27	45	68	65	98
Zone du projet	2	3	5	5	7
<u>Viande</u>					
Mali	98	160	167	233	243
Zone du projet	7	12	12,5	17	18

### iii. Production minière et industrielle

Il existe dans le Haut Bassin du Sénégal d'immenses gisements de bauxite et de fer aisément exploitables à condition de disposer d'énergie à bon marché et de voies d'évacuation. Ces deux conditions seront remplies après la mise en place des centrales hydro-électriques à Manantali, puis à Gouina, Félo, Galougo et l'aménagement du fleuve pour la navigation.

On estime à 800 millions de tonnes les réserves prouvées de bauxite. Le gisement le plus facilement exploitable est celui de Faléa à l'est de la Falémé supérieure non loin de la frontière guinéenne. Plus de 150 millions de tonnes de bauxite à 46 pour cent d'alumine se trouvent au site de Sitadima. La transformation en alumine se ferait sur place et l'évacuation de 600 000 t par an se ferait par route ou chemin de fer jusqu'à Kayes, puis par voie d'eau jusqu'à Saint-Louis. Une usine d'aluminium pourrait par la suite être installée à Kayes.

Les gisements de fer entre Kayes et Koulikoro concernent 2 milliards de tonnes. Le gisement de Balé au sud-ouest de Manantali avec des réserves de 95 millions de tonnes de minerai à plus de 50 pour cent de teneur en fer pourrait être exploité en premier lieu. Une partie de ce minerai devrait être enrichie et pelletisée sans doute à Kayes. Le transport de Balé à Kayes pourrait se faire par pipe-line. Le tonnage annuel de pellet à évacuer par le fleuve serait de 5 millions de tonnes, le chargement sur navire de mer devrait se faire au amont du barrage de Diama, peut-être par la dépression de l'Aftout-es-Sahel. Le minerai à haute teneur directement utilisable serait exploité en deuxième phase et évacué soit par le fleuve, soit par chemin de fer.

L'exploitation de ses ressources minières permettrait au Mali de diversifier son économie dépendant jusqu'à présent uniquement de l'agriculture et d'accéder à un développement harmonisé. L'industrialisation du Mali a commencé en 1962; un certain nombre de petites unités de transformation de produits végétaux ont été créées sous forme de sociétés nationales qui ont connu des débuts difficiles; aucune n'intéresse la zone du projet hormis l'usine de trituration d'arachide.

### iv. Activité commerciale

Le secteur commercial moderne est confié à des sociétés nationales mais le commerce traditionnel occupe la place la plus importante. Deux sociétés joueront un rôle essentiel dans le développement de l'agriculture: la Somiex (Société malienne d'importation-exportation), première entreprise du Mali seule habilitée à commercialiser les produits collectés par les organismes coopératifs ruraux et à les approvisionner et l'OPAM (Office des produits agricoles du Mali) qui s'occupe du marché des céréales.

### 16.3.3 Les problèmes financiers

Avec des économies si différentes, il est normal que les problèmes financiers soient aussi différents.

#### i. Les monnaies

Chacun des trois Etats riverains a sa propre monnaie et le pouvoir d'achat à l'intérieur des frontières diffère de celui qu'on peut tirer des taux de change. C'est pourquoi la comparaison des comptes économiques que nous avons faite à partir d'une monnaie unique ne reflète pas exactement la réalité.

La République du Sénégal a gardé le Franc CFA rattaché à la zone franc qui vaut 2 centimes. Ce rattachement bénéfique en période de stabilité monétaire a parfois présenté des inconvénients en période d'instabilité.

La République islamique de Mauritanie a eu le Franc CFA comme monnaie jusqu'au 30 juin 1973. Depuis cette date, elle s'est dotée d'une nouvelle monnaie, l'Ouguiya (UM), dont le taux de change a été fixé à 5 FCFA ou 0,10 Franc français. Cette monnaie n'était pas rattachée à la zone franc mais elle est garantie par des Etats exportateurs de pétrole. Ce changement ne s'est pas effectué sans difficulté à cause des relations étroites entre les deux rives du fleuve. Comme aucun compte n'a encore été publié en UM toutes nos données sont exprimées en FCFA.

La République du Mali depuis 1962 s'est dotée d'une monnaie, le Franc malien (FM), rattaché à la zone franc, dont la valeur est de 0,50 FCFA ou 0,01 Franc français.

Etant donné les prix pratiqués au Mali, le pouvoir d'achat intérieur du Franc malien est supérieur à celui que lui conférerait le taux de change et le PIB exprimé en FCFA est sous-estimé.

#### ii. Les budgets

Sénégal. Il a un budget de fonctionnement excédentaire et un budget d'équipement déficitaire, mais l'ensemble est presque équilibré.

#### Evolution du budget du Sénégal

	1967-68	1968-69	1969-70	1970-71	1971-72
..... Milliards de FCFA .....					
<u>Budget de fonctionnement</u>					
Recettes ordinaires	35 841	36 194	38 933	41 417	45 126
Dépenses	34 235	26 165	36 954	39 518	40 759
<u>Budget d'équipement</u>					
Recettes extraordinaire	224	2 674	75	30	2 030
Dépenses	3 881	5 924	1 169	2 784	5 801
Balance	-2 051	-3 241	+ 885	+ 855	+8 138

Les recettes ordinaires proviennent pour 69 pour cent des impôts indirects dont 60 pour cent de taxe d'importation, signe d'un protectionnisme générateur de distorsion des termes de l'échange. Les impôts directs, soit 25 pour cent du total, touchent les salaires car les capitulations, y compris les taxes sur le bétail, ne représentent que 12 pour cent du total des impôts directs. Il faut noter dans les dépenses la part très importante consentie pour l'éducation, 26 pour cent du total et l'accroissement de la part des services sociaux et économiques.

Les perspectives budgétaires établies par la BIRD jusqu'en 1980 prévoient un accroissement du budget de l'ordre de 7,4 pour cent pour les dépenses et de 7,9 pour cent pour les recettes, donc l'équilibre sera maintenu.

Mauritanie. Le budget général appelé communément budget comprend le budget de fonctionnement et le budget d'équipement, il a évolué comme suit depuis 1963:

Années	Budget de	Budget	Budget
	fonctionnement	d'équipement	général
	Milliards de FCFA		
1963	4 679	190	4.869
1967	5 113	500	5 613
1968	6 010	285	6 296
1969	6 648	435	7 083
1970	7 492	765	8 257
1971	8 296	892	9 188
1972	9 001	1 412	10 413
1973	10 325	2 108	12 433

Les recettes proviennent des impôts indirects (60 à 70 pour cent du budget de fonctionnement) et des impôts directs (20 à 25 pour cent).

Les redevances des sociétés minières représentent 31 pour cent du budget de fonctionnement.

Depuis 1971, le budget d'équipement a connu une croissance importante mais l'équilibre budgétaire a pu être assuré.

Mali. Le budget malien reste déficitaire depuis l'indépendance malgré le maintien de l'aide française.

Le budget d'équipement est autonome et dépend du Ministère du plan ce qui a conduit à un décrochage du budget d'équipement et permis un dépassement sans contrôle.

L'évolution du budget peut être résumée ainsi:

	Budget en milliards de FM				
	1968 réel	1969 réel	1970 réel	1971 est.	1972 est.
Recettes ordinaires	18,3	17,2	20,0	23,0	24,2
Recettes extraordinaires				1,8	1,5
Dépenses courantes	19,2	20,8	20,1	23,5	24,0
Équipement	2,0	1,4	1,6	2,4	1,7
Balance	- 2,9	- 5,0	- 1,7	n.a.	n.a.

La fiscalité est élevée, mais son assiette est faible en raison du type d'économie de subsistance qui prévaut au Mali. Le service de la dette et les subsides et allocations sont une lourde charge (plus de 20 pour cent) pour le budget.

A ce déficit du budget s'ajoute celui des caisses spéciales (caisse des hydrocarbures, caisse de stabilisation des arachides, caisse des matériels et travaux publics et de la santé) et de diverses opérations. Il en résulte un déficit du trésor qui est comblé par des emprunts intérieurs (surtout Banque centrale) et des dons et subventions extérieures.

#### 16.3.4 Les balances commerciales et les balances de paiements

Seule la Mauritanie a une balance commerciale positive, mais les trois pays ont des balances de paiements négatives.

##### i. Sénégal

Les échanges extérieurs occupent une place importante dans l'économie sénégalaise. A titre de comparaison, la valeur des importations représente 33 pour cent du PIB et celle des exportations 25 pour cent.

L'importance des échanges va en croissant malgré les variations en dents de scie des exportations arachidières.

Comme pour les trois autres pays, il y a les échanges contrôlés qui apparaissent dans les statistiques douanières et les échanges incontrôlés qui se font par trafic frontalier le long des immenses frontières non surveillées.

Globalement, on peut résumer ainsi l'évolution des échanges:

	<u>Echanges extérieurs</u>							
	<u>Exportation</u>		<u>Importation</u>		<u>Balance</u>			
	<u>contrôlé</u>	<u>incontrôlé</u>	<u>contrôlé</u>	<u>incontrôlé</u>	<u>contrôlé</u>	<u>incontrôlé</u>	.....	.....
Milliards de FCFA								
1968	37,4	7,6	44,7	7,5	-	7,3	+	0,1
1969	31,9	7,6	51,3	4,9	-	19,4	+	2,7
1970	42,2	6,6	53,6	6,3	-	11,4	+	0,3
1971	34,7	n.a.	60,6	n.a.	-	25,9	n.a.	
1972	54,4	n.a.	70,3	n.a.	-	15,9	n.a.	

Les importations croissent régulièrement alors que les exportations dépendantes des arachides évoluent en dents de scie, mais la tendance est tout de même à la croissance.

Selon les années, le secteur arachidier représente 33 à 55 pour cent du total des exportations. Depuis 1970, la part des arachides en coques ou décortiquées dans les exportations diminue rapidement, 14 pour cent en 1970, 4 pour cent en 1972 et elle deviendrait pratiquement nulle si il n'y avait les exportations non contrôlées par la Gambie.

Le secteur non arachidier comprend des produits bruts: gomme arabique, le sel et les phosphates; sauf pour la gomme arabique ces exportations sont en croissance mais ne représentent que 24 pour cent du secteur non arachidier.

Toutes les autres exportations proviennent de produits semi-finis, carburants, ciments et de produits manufacturés, ce qui reflète le développement industriel déjà signalé.

Les importations révèlent le même phénomène; les matières premières (pétrole brut, métaux, produits chimiques) et les biens d'équipement représentent 45 à 55 pour cent des importations. Cette dépendance est la conséquence inévitable de l'industrialisation, elle ne peut que croître.

Les produits alimentaires représentent 32 pour cent des importations, soit 20 milliards de FCFA, auxquels il faudrait ajouter les importations incontrôlées de bétail sur pied; ceci exprime ce qui a été exposé antérieurement.

Les importations de produits finis (20 pour cent du total environ) sont plus le fait d'une population de consommateurs étrangers vivant au Sénégal que de la consommation autochtone.

L'évolution des échanges après 1972 dont on ne connaît que des données partielles indique une tendance encourageante.

Le quadruplement du prix du pétrole brut a été compensé par le quadruplement du prix du phosphate et par la hausse des cours de l'huile d'arachide. Les exportations des produits de la pêche ont connu un accroissement spectaculaire et les recettes provenant du tourisme sont montées en flèche et ce, bien que la balance commerciale de 1973 et 1974 ait été plus équilibrée que les précédentes.

Enfin, il faut noter la diversification croissante des pays d'où proviennent les importations et de ceux à qui sont destinées les exportations. La France reste de loin le principal fournisseur du Sénégal (50 à 60 pour cent) et le principal client (50 pour cent) mais sa position s'effrite.

Il faut noter la position particulière du Mali et de la Mauritanie. Le commerce contrôlé se fait dans un seul sens mais le commerce non contrôlé se fait dans les deux sens.

Le commerce contrôlé comporte des produits pétroliers, du ciment, des engrains, des produits alimentaires et manufacturés. Le commerce non contrôlé porte surtout sur les produits alimentaires, dont le bétail sur pied et les tissus.

On peut comprendre le caractère spéculatif de ces échanges en considérant les anomalies de ce commerce (la plupart des produits échangés ont des prix taxés qui ne sont pas les mêmes dans les trois pays) et les problèmes de change.

Au moment de la mise en valeur de la vallée, il faudrait mettre sur pied un système de prix, de droits de douane, plus cohérent que celui existant actuellement.

La balance des paiements du Sénégal est structurellement déficitaire.

La balance des services est positive mais ne peut compenser le déficit du commerce, aussi la balance des biens et services est-elle déficitaire. Les revenus des investissements ont un solde négatif; de ce fait, la balance des opérations courantes est négative elle aussi.

Les transferts privés sont évidemment négatifs mais ils sont largement compensés par les transferts publics. Quant au capital net d'appoint, il est de plus en plus dépendant des apports publics. Le résultat de toutes ces opérations est un léger déficit en devises étrangères.

La dette publique totale est assez faible, elle ne représente qu'une année de recette budgétaire et son service annuel 3 pour cent seulement des dépenses budgétaires.

Néanmoins, la République du Sénégal ne pourra pas financer son développement à partir de son autofinancement qui restera limité et devra compter sur l'aide étrangère.

Celle-ci n'a pas manqué jusqu'à présent sous forme de dons, subventions et transferts publics; 5,1 milliards de FCFA par an, ou de prêts divers, 5,4 milliards de FCFA par an pour la période 1969-71. Ces sommes sont modestes comparées aux investissements totaux nécessaires pour la mise en valeur du bassin du Sénégal, mais elles suffiraient annuellement.

Les principales données sont résumées ci-dessous:

Balance des paiements 1968-71						
	1968		1969		1970	1971
	Milliards de FCFA					
	+	-	+	-	+	-
Balance commerciale	8,5		16,7		14,3	29,3
Balance des services	5,6		3,3		7,0	6,0
Revenus investissements	3,7		3,1		3,8	4,0
Balance des opérations courantes	9,3		16,5		11,1	27,3
Transferts et capitaux privés	0,1		0,3		0,8	0,6
Transferts Etat	6,5		6,4		5,1	6,7
Capitaux Etat dons	3,2		3,6		4,8	
prêts	4,3		5,0		1,6	11,3
divers	0,6		0,5			
Erreurs, omissions		9,8		3,9	4,8	8,2
Variations actif monétaire	5,1		4,7		5,8	0,5
Total opérations en capital	9,3		16,5		11,1	27,3

ii. Mauritanie

Depuis que les exportations de minerai de fer ont commencé en 1964 la balance commerciale est positive.

	Echanges extérieurs					
	Exportation		Importation		Balance	
	contrôlé	incontrôlé	contrôlé	incontrôlé	contrôlé	incontrôlé
..... Milliards de FCFA .....						
1968	18,2	2,8	9,3	6,4	8,9	- 3,6
1969	20,2	2,8	10,4	-	9,8	
1970	24,7	-	15,5	-	9,2	
1971	27,4	-	18,4	-	9,1	
1972	21,9	-	14,4	-	7,5	
(10 mois)						

Les produits miniers représentent 87 pour cent des exportations, le poisson et crustacés, en hausse, 5 à 8 pour cent. Le bétail et la gomme arabique sont les autres postes.

Les importations comportent des produits alimentaires (10 à 20 pour cent) et une part énorme de biens d'équipement indispensables au développement minier.

Cette situation changera peu car les projets routiers, industriels ou agricoles qui seront exécutés entraîneront aussi des importations de biens d'équipement.

Malgré la situation favorable de la balance commerciale, la balance des paiements était déficitaire et ceci à cause du solde négatif des services et des opérations de transfert privé. Après les nationalisations et la réforme de la monnaie survenues en 1974, la situation est certainement différente, mais on ne possède pas encore de données à ce sujet.

	Balance des paiements		
	1959	1964	1968
	.....	Milliards de FCFA	.....
Balance commerciale	- 3,6	+ 0,1	+ 5,2
Balance des services	+ 2,3	- 0,6	- 2,1
Solde des opérations privées	- 0,7	- 5,3	- 8,1
Erreurs, omissions	+ 0,4	+ 1,3	+ 2,5
 Solde des opérations courantes	 - 1,6	 - 4,5	 - 7,5

La couverture du déficit est assurée par l'aide publique étrangère (3,7 milliards en 1968), les apports de capitaux privés et, malheureusement, au détriment des réserves en devises.

La dette publique totale est légèrement inférieure aux recettes budgétaires et le service annuel de la dette représente 7 pour cent des dépenses budgétaires.

Heureusement, la Mauritanie a reçu des subventions importantes de la part des pays arabes riches en pétrole et le financement des projets de développement ne semble pas présenter de difficultés majeures.

Mais une sérieuse contrainte existe actuellement du fait de l'inconvertibilité de l'ouguiya et les sociétés étrangères s'engagent difficilement dans un travail à long terme en Mauritanie.

### iii. Mali

Les données sur le commerce extérieur malien sont peu précises. Nous nous référerons à celles présentées par la BIRD.

	Echanges extérieurs							
	Exportation		Importation		Balance			
	contrôlé	incontrôlé	contrôlé	incontrôlé	contrôlé	incontrôlé	contrôlé	incontrôlé
	fob							
	..... Milliards de FCFA .....							
1966/67	9,0	8,9	22,5	3,0	- 13,5	+ 5,9		
1968	8,8	5,2	19,7	2,0	- 10,9	+ 3,2		
1969	13,3	8,7	25,3	4,0	- 12,0	+ 4,7		
1970	17,7	4,0	25,2	1,0	- 7,5	+ 3,0		

On remarquera que la part des exportations non contrôlées a diminué fortement.

Les exportations contrôlées sont essentiellement agricoles, le coton vient en tête suivi du bétail et des produits agricoles.

Les importations sont les suivantes:

	1966/67	1968	1969	1970
	Milliards de FM .....			
Produits alimentaires	2,2	4,2	6,8	6,4
Biens d'équipement	4,9	9,0	10,3	12,0
Divers	5,5	6,7	8,2	6,8

Le déficit de la balance des paiements provient essentiellement du déficit du commerce contrôlé qui est en voie de diminution.

L'endettement total du Mali représente six années de recette budgétaire, mais le service de la dette ne représente que 7 pour cent des dépenses budgétaires annuelles. Il faut noter que sur les 160 milliards de Francs maliens de dettes, 60,2 milliards sont dus à la Chine, 45,3 à l'URSS, 22,1 à la France et 9,3 à l'AID. Les conditions de remboursement ne sont pas dures.

Le développement du Mali ne pourra être financé que par l'aide étrangère et comme les bénéfices miniers n'apparaîtront qu'assez tard, il y aura une période d'endettement sévère; mais l'intérêt pour le Mali de diversifier son économie est une condition si essentielle de son développement que certaines contraintes doivent être acceptées.

Au terme de ce rapide exposé sur les données de base du développement des trois Etats de l'OMVS, on pourra faire les remarques suivantes.

Pour chacun des pays l'aménagement de la vallée présente un intérêt vital sans alternative possible, couverture des besoins alimentaires d'abord, diversification de l'économie, création d'un axe de communication permettant le développement des échanges.

Les ressources humaines pour la mise en valeur existent, les contraintes sociologiques ne sont pas des obstacles insurmontables et la formation technique des travailleurs est possible pour l'OMVS.

Les trois Etats riverains ont déjà résolu les principaux problèmes juridiques et institutionnels permettant la création d'infrastructures communes et le développement harmonisé des économies.

Les économies des trois pays sont à des stades différents de développement, mais les infrastructures économiques sont suffisantes pour permettre le démarrage de la mise en valeur. La situation financière des trois Etats pourrait être meilleure, mais elle n'est pas un obstacle à une aide étrangère qui seule permettrait l'équipement de la vallée et du bassin du Sénégal.

Chapitre 17

## LES OPTIONS POUR LE DEVELOPPEMENT

Les options du développement du bassin du fleuve Sénégal étaient déjà définies lors de la conférence tenue à Bamako en 1963 où les Chefs d'Etat de la République de Guinée, de la République du Mali, de la République islamique de Mauritanie et de la République du Sénégal décidèrent d'entreprendre en commun la mise en valeur de cette vaste région. A la suite de cette réunion fut constitué le Comité inter-Etats pour l'aménagement du fleuve Sénégal auquel succédèrent en 1968 l'Organisation des Etats riverains du fleuve Sénégal (OERS), et enfin en 1972 l'Organisation de la mise en valeur du fleuve Sénégal (OMVS) groupant les trois pays les plus intéressés par la première phase de développement, le Mali, la Mauritanie et le Sénégal.

La tâche de ces trois Organismes successifs était de préparer un plan de développement général intégré du bassin et un dossier de financement de la première phase, avec l'aide de plusieurs projets financés par le Fonds spécial et le PNUD et des services nationaux miniers. Les objectifs assignés à ces projets contenaient déjà les grandes lignes de ce développement intégré. Au fur et à mesure du déroulement des études ces objectifs ont été précisés sans qu'il y ait de changement fondamental dans les options.

Comme les prises de décision se sont échelonnées sur quatre ans et ont porté sur des points très variés il a paru utile de les grouper par sujet.

## 17.1 LA REGULARISATION ET L'EQUIPEMENT DU FLEUVE SENEGAL

La pièce maîtresse du développement devait être constituée par des barrages régulateurs ayant la triple fonction de fournir l'eau nécessaire à une agriculture irriguée non assujettie aux aléas climatiques, de fournir l'énergie hydro-électrique nécessaire au développement des mines et de l'industrie et d'assurer un débit minimal du fleuve suffisamment élevé pour permettre une navigation permanente.

Les études furent confiées à deux projets complémentaires financés par les Nations Unies, le projet RAF 52 "Etude des possibilités d'exécution d'un projet de régularisation du régime du fleuve Sénégal" et le projet RAF 80 "Etude d'un projet d'utilisation rationnelle des eaux du bassin supérieur du Sénégal".

Les travaux furent menés assez rapidement et diverses esquisses d'un programme de développement intégré purent être présentées en 1969.

### i. Première phase de régularisation

Le Conseil des Ministres et la réunion des Chefs d'Etat qui suivit décidaient en janvier 1970 que la première phase du développement intégré du bassin du fleuve Sénégal serait basée sur une régularisation du fleuve assurant un débit minimum de 300 m<sup>3</sup>/s à Bakel, obtenue par la construction d'un barrage hydro-électrique, d'une capacité de 10 milliards de mètres cubes, construit sur le Bafing à Manantali. Cette régularisation devait permettre l'irrigation d'environ 400 000 ha et assurer pendant les premières années d'exploitation une crue artificielle pour les cultures de décrue. Les usines hydrauliques devaient fournir 800 millions de kWh par an avec une puissance de 150 MW. La navigation, moyennant aménagement, serait possible de Kayes à Saint-Louis.

On peut dire que tout était déjà contenu dans cette résolution qui est encore la trame du rapport de synthèse paru en 1974.

### ii. Les barrages de reprise

Il avait été prévu que des barrages de reprise seraient construits entre Bakel et l'embouchure pour relever les plans d'eau et faciliter le remplissage des marigots. L'étude de ces barrages avait été confiée au projet d'étude hydro-agricole. Mais il est vite apparu que si on adoptait une régularisation à 300 m<sup>3</sup>/s, on obtiendrait le même effet de remplissage, et ce, sans créer d'obstacle à la navigation. Aussi les études ne furent pas entreprises sauf pour le barrage du delta qui avait deux fonctions, celle de barrage de reprise et celle de barrage antisel.

Les études commencèrent en 1971 et un rapport intérimaire fut présenté en juillet 1972. Les choix sur l'emplacement du barrage et la nature de l'ouvrage furent facilement faits mais les choix sur le mode d'exploitation du barrage et sa date de construction étaient plus délicats.

En effet, le barrage du delta exploité à une cote suffisante pourrait servir de barrage d'accumulation et on pouvait envisager une exploitation autonome du barrage en attendant la construction du barrage de Manantali. Mais en élevant le plan d'eau, on perturbait profondément les conditions naturelles, surtout en rive droite.

Pour rester dans la ligne de la résolution précédente, le Conseil des Ministres demanda que l'étude du barrage du delta soit complétée dans la perspective d'une régularisation à 300 m/s et, pour bien marquer la volonté des Etats de promouvoir un développement intégré, l'OMVS devait entamer des démarches pour le financement des trois ouvrages majeurs: le barrage de Manantali, le barrage du delta et le port de Saint-Louis.

La décision finale concernant les caractéristiques du barrage du delta fut prise en août 1973 après que le rapport technique final de sous-contractant et l'étude de factibilité faite par le projet eussent été examinés par les responsables nationaux.

Il fut décidé d'exploiter le barrage du delta à la cote 1,50 m IGN, mais l'ouvrage lui-même pourrait éventuellement permettre une exploitation à 2,50 m IGN.

Ainsi les périmètres existant en rive gauche bénéficieraient tout de suite d'une réserve d'eau douce suffisante pour la double culture et les conditions naturelles ne seraient que peu perturbées en rive droite.

Cette décision était d'ailleurs justifiée économiquement. Les diverses hypothèses de séquences de construction de barrage faites dans l'étude de préfactibilité du barrage du delta montraient que pour un développement agricole équivalent les séquences, barrage du delta à 1,50 m avant ou après le barrage de Manantali ou barrage du delta à 1,50 m commencé en même temps que le barrage de Manantali, étaient plus avantageuses que les mêmes séquences avec le barrage du delta exploité à 2,50 m.

A vrai dire, la différence était minime, 0,5 point pour un taux de rendement interne de l'ordre de 12 à 14 pour cent.

Cette étude de préfactibilité devait révéler un autre aspect du développement du bassin du fleuve Sénégal.

Dans les études de synthèse précédentes la rentabilité du développement semblait attachée aux programmes miniers et industriels ainsi qu'au développement de la navigation.

Après que le projet d'étude hydro-agricole eût mis au point son modèle d'exploitation agricole en double culture (cf. chap. 11), il est apparu que l'activité agricole était capable de rentabiliser les infrastructures de base.

En effet, au moment de l'étude de préfactibilité du barrage du delta on ne disposait d'aucune donnée chiffrée sur le développement minier et industriel. On s'est donc contenté de considérer comme bénéfice la seule vente d'électricité et pour la navigation on a considéré comme seul bénéfice le prix de substitution du transport des marchandises par voie fluviale au lieu des transports terrestres.

Ainsi, la seule variable du système intégré était l'activité agricole. Le développement de 350 000 à 400 000 ha qui permettait la construction des barrages entraînait des investissements de l'ordre de 150 à 200 milliards de FCFA alors que les investissements pour les barrages représentent 25 à 28 milliards de FCFA, de 12 à 14 pour cent du total.

Le coût à l'hectare des barrages est faible, de l'ordre de 60 000 FCFA/ha alors que le coût des aménagements à l'hectare est de l'ordre de 500 000 FCFA/ha. Pour cette raison, puisque les deux barrages sont nécessaires, les effets de la séquence de construction sont très faibles.

La rentabilité du système dépend donc essentiellement de celle du modèle agricole. Comme il a été dit au chapitre 11, la rentabilité agricole dépend des rendements, du rapport des prix entre inputs et outputs et du rythme de mise en valeur. En effet, les investissements de base, digues, canaux principaux, sont très lourds et la rapidité de la mise en valeur d'un périmètre est un facteur déterminant de rentabilité. Pour l'ensemble de la vallée, c'est le rythme d'équipement qui importe. Si 400 000 ha peuvent être équipés et mis en valeur en 40 ans, la rentabilité du système est assurée même avec un rapport de prix défavorable.

Placés dans une perspective d'ensemble, les choix à faire sur le barrage du delta apparaissent donc comme secondaires, mais les études entreprises pour éclairer ce problème ont permis de montrer que les choix fondamentaux étaient dans d'autres domaines.

Les derniers problèmes concernant la date de construction des ouvrages ont trouvé leur solution dans la décision du Conseil des Ministres en 1974 de construire en même temps les deux barrages et le port de Saint-Louis après que les efforts en vue de trouver un financement global eussent été couronnés de succès.

### iii. Les phases ultérieures de l'équipement et de la régularisation du fleuve Sénégal

Les deux barrages précités suffisent aux besoins de l'agriculture et de la navigation pour une quarantaine d'années, aussi les phases ultérieures de la régularisation dépendent-elles essentiellement du développement minier et industriel.

Un certain nombre d'hypothèses d'exploitation minière ont été étudiées. Les choix qui ont été faits à ce sujet entraînaient automatiquement les choix sur la construction des nouvelles centrales hydro-électriques au fil de l'eau à Gouina et à Félou.

En fait, les Etats intéressés ont choisi des hypothèses de travail mais n'ont pas pris de décisions comparables aux précédentes car on ne savait à peu près rien sur les possibilités de financement dans le secteur minier. Les phases ultérieures de la régularisation obtenue par la construction des barrages de Gourbassi et de Galougo ne devraient pas intervenir avant l'an 2000.

## 17.2 LE DEVELOPPEMENT DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE

Dans ce domaine, les travaux de la recherche agronomique et les études hydro-agricoles ont permis un changement vraiment radical des options. Jusque vers 1970, les hypothèses de mise en valeur agricole étaient caractérisées par une sous-évaluation des potentialités agricoles de la vallée et des besoins à couvrir. Les premiers objectifs envisagés étaient principalement l'amélioration des cultures traditionnelles, spécialement celles de décrue et l'extension de la riziculture avec des variétés rustiques à faible rendement et ne nécessitant pas une technique évoluée. Les techniques proposées pour la riziculture: grands ou petits périmètres en submersion contrôlée, petits périmètres alimentés par pompage sur les berges insubmersibles, ou même grands périmètres insuffisamment nivelés alimentés par pompage, présentaient toutes les mêmes défauts: manque de maîtrise de l'eau à la parcelle, soumission trop grande aux aléas climatiques.

Un tel type de mise en valeur était orienté vers la subsistance améliorée et les excédents commercialisables des grands périmètres n'auraient jamais permis, à cause des faibles rendements, de couvrir les besoins alimentaires nationaux.

Ce schéma de mise en valeur trop modeste a été abandonné et un autre a pu lui être substitué pour les raisons suivantes.

La décision des Etats Membres, en janvier 1970, concernant la première phase de la régulation à  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  impliquait diverses conséquences:

- Les cultures traditionnelles de décrue étaient appelées à disparaître car la crue résiduelle ne permettait plus leur réalisation. En délivrant une crue artificielle pendant les premières années d'exploitation du barrage de Manantali et en se contentant d'un débit régularisé de  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ , on pourrait ménager une période transitoire où les cultures de décrue subsisteraient dans les secteurs non encore aménagés, mais cette période devrait être assez brève car le débit de  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  serait nécessaire pour le développement des cultures irriguées, le développement minier et celui de la navigation.

- Le débit régularisé à  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  ne mettrait pas à l'abri des crues fortes les périmètres irrigués, un endiguement important desdits périmètres étant nécessaire et l'aménagement des petits périmètres sur les plus hautes levées se trouverait limité à quelques milliers d'hectares alors que l'eau disponible permettait d'envisager l'irrigation de 300 000 à 400 000 ha. Donc la solution consistait à aménager de grands périmètres endigués assurant une sécurité totale; les petits périmètres ne seraient que des palliatifs pendant la période transitoire. Le modèle technique des unités naturelles d'équipement répondait à cet impératif.

- Comme on trouverait dans ces UNE toutes les catégories de terrain dont le tiers seulement était à vocation rizicole on pourrait envisager une diversification des cultures irriguées.

Les autres options découlaient des acquis de la recherche agronomique et d'une étude plus approfondie des besoins nationaux et de l'économie des pays intéressés.

- Les possibilités d'améliorer les cultures traditionnelles étaient très faibles et aléatoires, paradoxalement c'est en régime de crue artificielle qu'on pourrait obtenir quelques résultats valables.

- Les variétés issues de la "révolution verte" étaient parfaitement adaptées à la culture irriguée dans la vallée du Sénégal et la double culture était partout possible.

- La condition sine qua non de la réussite de ces variétés à haut rendement était la maîtrise totale de l'eau à la parcelle.

- Les études des aménagements hydro-agricoles avaient par ailleurs montré que le coût élevé des investissements: endiguement, pompage, réseaux, planage, était parfaitement supportable en double culture irriguée intensive.

- Enfin les études économiques étaient assez avancées pour voir que l'adoption d'une telle action permettait la couverture des besoins alimentaires et permettait le passage à l'économie monétaire dans toute la zone du projet.

C'est l'ensemble de ce nouveau schéma de mise en valeur agricole qui a été entériné lors de la réunion de la "Table Ronde" tenue en mars 1971.

Tous les autres choix qui ont été faits depuis cette date ne portaient que sur des mises au point du schéma et de son application.

Les études faites par la SOGREAH sur les aménagements hydro-agricoles ont permis une évaluation plus précise des travaux et des investissements à effectuer pour obtenir cette protection sûre et cette maîtrise totale de l'eau à la parcelle sans qu'on ait à changer les principes proposés.

Les travaux du projet de recherche agronomique ont permis de choisir les variétés dont les caractéristiques de rendement et de cycle végétatif correspondaient aux contraintes de la double culture intensive et d'orienter l'ingénierie génétique vers la découverte de variétés encore plus adaptées.

La mise au point des techniques culturales a permis la mise au point d'une organisation de la production tenant un compte exact du calendrier cultural, des contraintes dues aux sols et à la vitesse d'exécution des travaux.

Cette organisation du travail basée sur la meilleure utilisation des facteurs de travail, l'homme, l'animal et la machine, a été particulièrement controversée entre partisans du travail manuel, du travail animal et de la mécanisation. Mais, dépouillée de cet aspect passionnel, l'organisation du travail n'est que la conséquence logique des choix antérieurs sur les variétés, la double culture et des contraintes naturelles.

Il y a deux périodes de travaux de nature différente qui requièrent une organisation différente du travail.

- Les travaux pendant la période d'irrigation concernent les soins aux plantes; ils sont mieux exécutés manuellement qu'avec les engins motorisés ou la traction animale d'autant que l'accès aux terres est très difficile.

- Les travaux pendant la période d'assèche concernent des travaux de force à réaliser dans des délais brefs et précis, il faut donc concilier les impératifs de rapidité et de puissance en ayant recours à la mécanisation lourde et à la traction bovine. Il faudra donc envisager une organisation du travail mixte alliant la motorisation, la traction bovine et le travail manuel et impliquant une certaine collectivisation du matériel et de la gestion des périmètres.

Ces options de principe ont été agréées par l'OMVS pour servir de base à l'élaboration du programme de développement dans la vallée en aval de Bakel et pour l'élaboration des projets pilotes commencés en 1972.

Les autres modèles d'aménagement hydro-agricole assez voisins de celui des petits périmètres ont été par la suite élaborés pour les périmètres du Mali en amont de Bakel où les endiguements sont inutiles.

La réalisation des périmètres dépend de chaque Etat et les choix de détails ne relèvent pas de l'OMVS.

Par contre, ce qui relève de l'OMVS sont les besoins en eau des périmètres qui dépendent des plans de culture, le rythme d'aménagement et de mise en valeur et la localisation des périmètres.

Pour l'ensemble de la vallée, on a admis le principe des semis étalés en un mois ou en un mois et demi, ce qui a permis d'éviter les pointes de pompage. D'autre part, les études d'hydrogéologie ont montré qu'au bout de quelques années d'exploitation

d'un périmètre le drainage serait nécessaire et que l'eau qui reviendrait ainsi au fleuve représentait 20 à 30 pour cent de la consommation brute. C'est ainsi qu'on a pu envisager d'irriguer 420 000 ha au lieu de 350 000. Les plans de cultures ont été choisis pour satisfaire les besoins alimentaires des Etats riverains, en céréales, en sucre, en légumes, en fruits, en viande. Seuls quelques produits de haute valeur marchande seraient exportés.

Le programme et les rythmes d'aménagement étaient finalement les questions les plus importantes et les plus sujettes à controverse. Trois périodes sont à envisager:

- avant la mise en service des barrages
- période transitoire où les cultures de décrue sont encore pratiquées.
- période après l'abandon des cultures de décrue.

A chacune de ces périodes correspond un débit disponible différent.

- Avant la mise en eau des barrages, les débits d'étiage à partir de février sont extrêmement faibles et peuvent tomber à 1 m<sup>3</sup>/s entre Bakel et Boghé. Entre Boghé et l'embouchure, on dispose d'une réserve d'eau importante, mais si les pompages sont trop forts et non compensés par les apports d'amont, on accélère la remontée de la langue salée ce qui gêne tous les périmètres installés en aval de Podor.

Dans ces conditions, la double culture ne peut être pratiquée que sur 3 000 à 4 000 ha. Le modèle de mise en valeur agricole proposé ne pouvait donc pas être étendu au-delà et c'est la raison pour laquelle a été proposée la création de trois projets pilotes qui seraient la première tranche de périmètres plus vastes à Nianga et Matam en rive gauche et Boghé en rive droite. En même temps, était étudié un projet pilote de plus faible dimension à Kaédi lié au futur périmètre de Gorgol.

Si les grands périmètres devaient être réalisés, ils pourraient fonctionner en simple culture en attendant la mise en eau des barrages.

Le programme a été adopté et en partie réalisé pendant la vie du projet.

- Après la mise en eau des barrages, on pourrait passer à la double culture dans les périmètres déjà existants et on pourrait aménager de nouveaux périmètres immédiatement exploitables en double culture.

La localisation de ces périmètres est très importante; il s'agit en effet de créer une série de pôles de développement dans la vallée, susceptibles de nourrir et d'accueillir la totalité de la population de la vallée; on pourrait alors supprimer les cultures de décrue.

- Pendant la troisième période, on aménagerait des périmètres pour couvrir la totalité de la surface irrigable avec le débit régularisé disponible.

Le rythme d'aménagement correspondant aux trois périodes n'est pas le même. On suppose qu'il irait en s'accélérant d'une manière linéaire.

Ce rythme d'aménagement devrait permettre en outre le remboursement des dettes, le développement normal des exploitations minières et de la navigation, et enfin de ne pas excéder les possibilités en main-d'œuvre des pays intéressés.

Seule une étude d'optimisation sur ordinateur pouvait permettre de proposer quelques hypothèses. Pour l'ensemble des trois pays, le rythme qui essaie le "décollage économique" est de 7 000 ha/an à partir de la mise en eau des barrages, atteint 14 000 ha 17 ans après et se maintient ainsi pendant les quelques années suivantes.

Un rythme différent a été choisi pour chaque pays. C'est lors d'une réunion extraordinaire du Conseil des Ministres, tenue en février 1974, que le choix de ce rythme minimal fut adopté. Mais, compte tenu des aléas du financement et de la mise en valeur, un tel choix ne pouvait avoir un caractère impératif pour les Gouvernements. C'est simplement une hypothèse de travail optimale qui a permis de bâtir le programme de développement.

En effet, une fois que les choix fondamentaux sur le modèle agricole et les rythmes d'aménagement sont faits, ils entraînent tous les autres choix concernant les activités d'amont et d'aval de la production agricole ainsi que ceux concernant les activités récurrentes.

### 17.3 LE DEVELOPPEMENT MINIER ET INDUSTRIEL

Les études concernant ce secteur accusaient un certain retard par rapport à celles des deux précédents secteurs. Les rapports de prospection n'étaient pas tous publiés, aussi c'est à partir d'indices certains plus qu'à partir de données exhaustives qu'ont été élaborés les schémas de développement minier pour la bauxite et le minerai de fer. Les sites les mieux connus ont été choisis comme les premiers emplacements d'exploitation, mais il se peut que la publication des résultats des prospections en révèle d'autres plus intéressants.

C'est un modèle standard d'exploitation, de traitement de minerais, de transport qui a été adapté aux conditions locales des sites choisis, mais il est possible que les projets différeront beaucoup des schémas présentés.

Ceux-ci étaient cependant suffisamment étoffés pour que les Gouvernements intéressés puissent définir leurs options de principe. Cé n'est guère qu'au mois d'avril 1974 que ces options purent être connues et incluses dans le programme intégré de développement. La hausse du prix du pétrole rendait soudain intéressantes des solutions qui, sans elle, auraient pu paraître quelque peu intemporelles. Dans un avenir immédiat ces gisements devenaient compétitifs, donc exploitables. On a donc pu proposer des dates et des quantités. La rentabilité s'est avérée intéressante, mais inférieure à celle des projets agricoles.

Le secteur minier avec ses caractéristiques propres est apparu comme susceptible de devenir un deuxième pôle de développement à peu près équivalent et contemporain du pôle de développement agricole. Le lien entre les deux pôles était l'équipement du fleuve.

Alors que le programme agricole avait été discuté pendant des années et avait connu un début de réalisation, le programme minier n'a été formulé qu'au moment de l'étude de synthèse et ne sera réalisé qu'après la construction du barrage de Manantali. L'importance des investissements initiaux, le peu de main-d'œuvre nécessaire, l'orientation vers les exportations, en font un programme très différent du programme agricole.

basé sur des investissements progressifs intéressant une nombreuse population et orienté vers la satisfaction des besoins nationaux. C'est la prise de conscience de cette spécificité qui a été l'élément essentiel des options pour le programme minier.

Les choix faits pour le programme minier entraînent ceux faits pour les industries liées aux mines.

#### 17.4 LES OPTIONS POUR LES AUTRES PROGRAMMES

La navigation étant au service des deux précédents programmes, son développement dépendant d'eux est intéressant, et on distingue un trafic agricole, un trafic minier et un trafic de marchandises importées pour le Mali par Saint-Louis. Chaque trafic a ses caractéristiques techniques différentes qui impliquent des aménagements bien spécialisés qu'on ne peut guère discuter. Les véritables décisions ont été prises en 1971 lorsqu'on a choisi l'emplacement du port de Saint-Louis et décidé de faire commencer la navigation à Kayes malgré les seuils rocheux peu en aval de cette ville.

A Saint-Louis, le percement d'un chenal en eau profonde à travers la langue de Barbarie pourrait avoir des conséquences écologiques assez graves et il a paru utile de construire le barrage du delta en même temps que le port pour éviter des remontées imprévisibles d'eau salée.

Une autre suggestion a été faite. Pour éviter le contexte complexe du port de Saint-Louis, on pourrait créer le port minéralier en amont du barrage et se servir pour cela de la dépression de l'Aftout-es-Sahel.

Les autres programmes récurrents: pêche, forêt, route, équipement administratif et social, ne sont que des conséquences du développement agricole et minier et de l'équipement du fleuve; ils n'ont pas donné lieu à des choix fondamentaux.

#### 17.5 LA METHODOLOGIE DES CHOIX

Pendant toute l'étude de synthèse, grâce à des programmes traitables à l'ordinateur, on a pu réellement mesurer à tout instant les conséquences des choix proposés sur l'ensemble du développement; aussi le programme intégré qui a été l'aboutissement de cette étude de synthèse est-il un programme extrêmement cohérent et on peut savoir d'avance quelles seraient les conséquences d'un changement d'orientation ou d'un retard dans l'échéancier.

Le programme peut être modifié sans perdre sa cohérence et sa plasticité fait que la version qui a été approuvée et présentée en source de financement est plus une hypothèse de schéma directeur qu'un plan impératif.

Chapitre 18

## LE PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT INTEGRE DU BASSIN DU FLEUVE SENEGAL ET SON FINANCEMENT

Comme on l'a rappelé au chapitre précédent, l'objectif des différentes instances créées pour la mise en valeur du bassin du Sénégal était de préparer un plan de développement intégré du bassin et un dossier de financement. C'est ce qui a été fait lors de l'étude de synthèse confiée par le PNUD au Bureau d'études Norbert Beynard.

Le programme agricole préparé par le projet d'étude hydro-agricole forme une part importante du programme intégré et il est difficile de le dissocier du tout. Nous présenterons donc une analyse du programme intégré de développement du bassin du Sénégal en insistant sur certains aspects du programme agricole. Ce programme s'étale sur une période de 35 ans et met en oeuvre un volume considérable d'investissements dont:

	<u>Millions de FCFA</u>
- Pour l'agriculture et l'élevage d'embouche	282 605
- Pour l'infrastructure	75 959
- Pour les industries non minières	155 609
- Pour le secteur minier	213 861
- Pour la pêche, les forêts, le tourisme	16 000
- Pour l'infrastructure administrative, économique et sociale	107 000
Soit	851 625
au taux actuel du dollar US environ (250 FCFA)	
soit 3 400 millions de dollars US	

Le caractère productif de ces investissements est tel qu'il suffit de l'ordre de 800 millions de dollars US d'emprunts extérieurs pour permettre la réalisation de la totalité du programme.

Les grandes lignes de l'hypothèse de schéma directeur

Ce schéma est articulé autour de deux secteurs d'activité jouant un rôle essentiel dans le programme intégré:

- A) Le secteur agricole dont le développement entraîne celui de l'industrie, de l'élevage, de la navigation, du commerce, etc., c'est-à-dire tout un ensemble polarisé par ce secteur.

B) Le secteur minier dont le développement est lié à la production d'électricité et qui nécessite des moyens considérables tant pour l'extraction des minerais que pour leur transformation et leur transport, autre ensemble polarisé par ce secteur.

On peut dire que lorsque les choix principaux sont faits dans ces deux secteurs, ils entraînent nécessairement la quasi-totalité des choix dans les autres secteurs.

C'est dans ce sens que l'on peut parler de système bipolaire. Ces deux secteurs ont un certain degré d'autonomie l'un vis-à-vis de l'autre mais en fait, à cause du caractère intégré du programme, les avantages de l'un rejoaillissent sur l'autre.

#### A) Développement du secteur agricole

Sur un montant global d'investissements de 800 milliards de FCFA, la part de l'agriculture n'est que de 280 milliards, mais 70 pour cent de la population se trouvent dans cette activité qui permet aux pays d'assurer la couverture de leurs besoins alimentaires et d'échapper aux aléas de la sécheresse.

Les principales caractéristiques de ce secteur sont les suivantes:

##### - Rythme d'aménagement

Les études préliminaires d'optimisation avaient montré qu'un rythme d'aménagement de 6 500 ha, au début, passe à 13 000 ha au bout de 30 ans permettant ce qu'on appelle le décollage économique sans rencontrer de goulets d'étranglement. Pour tenir compte des irrigations du Mali, le rythme a été porté à 7 000 et 14 000 ha. C'est cette hypothèse de travail qui a été recommandée par le Conseil des Ministres de février 1974.

Ce rythme s'entend à partir du moment où l'on peut commencer la double culture vers 1980. Il permet alors d'aménager 428 000 ha d'ici l'année 2010.

Pour les besoins des calculs on a supposé une accélération homogène du rythme de développement. Mais dans la réalité le développement se fait en marches d'escalier et on est tantôt en avance tantôt en retard sur la courbe théorique.

Les prévisions indicatives de surfaces mises en valeur sont les suivantes:

<u>Années</u>	<u>Mali</u>	<u>Mauritanie</u>	<u>Sénégal</u>	<u>Total</u>
1980	3 000	7 200	41 500	51 700
1990	21 000	42 800	94 700	158 500
2000	45 000	86 800	168 400	300 200
2005	45 000	110 700	200 300	356 000
2011	45 000	140 600	242 400	428 000

- Régionalisation du développement

Pour concrétiser ces chiffres sur le terrain on s'est servi du découpage en Unités naturelles d'équipement; 72 unités ont été regroupées en zones gravitant autour des pôles de développement.

- 3 zones au Mali
- 6 zones en Mauritanie
- 9 zones au Sénégal

Les différentes zones du Sénégal sont les suivantes:

- 1) La zone 1S est celle du Delta  
Elle comprend les terres de la Saed, les cuvettes et Richard-Toll.  
Les villes principales sont Diamal et Saint-Louis.
- 2) La zone 2S comprend les périmètres de Guidarar, de Dagana et de N'Galanga 1.  
La ville principale est Dagana.
- 3) La zone 3S comprend les périmètres de N'Galanga 2,3,4 et celui de Morfil 1.  
La ville principale est Podor.
- 4) La zone 4S comprend les périmètres de Morfil 2 à 9.
- 5) La zone 5S comprend les périmètres de Morfil 10 à 14 et ceux de Doué 1 et 2.
- 6) La zone 6S comprend les périmètres de Morfil 15 à 18 et celui de Doué 3.  
La ville principale est Saldé.
- 7) La zone 7S comprend les périmètres de Orefonde, Tilogne 1 à 6 et de Diamel 4 à 6.
- 8) La zone 8S comprend les périmètres de Diamel 1,2,3 et 5 et ceux de Matam-Kanel 1, 2 et 3.  
La ville principale est Matam.
- 9) La zone 9S comprend les périmètres de Tiangol-Bannel 1, 2 et 3 et ceux de Dembakane 12 et 3.  
La ville principale est Bakel.

Les différentes zones de la Mauritanie sont les suivantes:

- 1) La zone 1M comprend les périmètres de Garراك 1 et 2, les terres du projet FED à Rosso et les terres de M'Pourie.  
La ville principale est Rosso.
- 2) La zone 2M comprend les périmètres de Kaoundi 1 à 6.

- 3) La zone 3M comprend les périmètres de Kaoundi 7 et 8 et les périmètres de Boghé 1, 2 et 3.  
La ville principale est Boghé.
- 4) La zone 4M comprend les périmètres de Tiangol M'Bagné 1, 2 et 3.
- 5) La zone 5M comprend le périmètre de Kaédi et les terres du Gorgol.  
La ville principale est Kaédi.
- 6) La zone 6M comprend le périmètre de Grali, celui de Dao et ceux de Maghama, Demba-Bakané 1 à 5.

Les différentes zones du Mali sont les suivantes:

- 1) La zone KY 1 s'étend d'Ortigotel à Gouina sur les deux rives du fleuve.  
La ville principale est Kayes.
- 2) La zone KY 2 s'étend d'Ortigotel à la frontière sur les deux rives du fleuve.  
La ville principale est Ambidédi.
- 3) La zone KY 3 s'étend de Gouina à Bafoulabé sur les deux rives du fleuve.  
Les villes principales sont Gouina et Bafoulabé.

Du point de vue agricole, le projet a été construit pour que, partant de quelques pôles centraux, on puisse progressivement effectuer la mise en valeur de l'ensemble de la vallée.

Au Mali, on effectue d'abord l'aménagement de la zone de Kayes 1 puis de la zone Kayes 2 (Ambidédi) puis enfin la zone Kayes 3 (Bafoulabé, Petit Gouina).

Au Sénégal on démarre le développement:

- . des zones 1S, 2S (Delta et Dagana)
- . de la zone 3S (Podor)
- . de la zone 6S (Saldé)
- . de la zone 8S (Matam)

En Mauritanie, on commence par les zones:

- . 1M (Rosso)
- . 3M (Boghé)
- . 5M (Kaédi)

- Production

Les plans de cultures ont été choisis en fonction des sols et des besoins prioritaires des pays. Ils sont à base de céréales et de fourrages. La part des produits exportables est faible au début.

### Les Assolements

Les assolements retenus pourront varier dans le temps en fonction des résultats des campagnes de cultures et des recherches entreprises. Ils pourront aussi varier en fonction des besoins en cultures vivrières et en cultures fourragères.

### Sénégal

	Hivernage	Contre-saison
	.....%	.....
Hollaldé :	Riz 87 Sorgho fourrager 13	Riz 87 Sorgho fourrager 13
Faux hollaldé:	Riz 19 Maïs 18 Sorgho 42 Niébé fourrager 5 Maïs fourrager 5 Sorgho fourrager 11	Riz 19 Blé 55 Niébé 17 Sorgho fourrager 4 Maïs fourrager 5
Fondé:	Mais 40 Sorgho 50 Agrumes 5 Maïs fourrager 3 Légumes 2	Blé 55 Légumes 8 Agrumes 5 Niébé fourrager 20 Maïs fourrager 12

La production de canne à sucre est prévue à Richard-Toll (10 000 ha) dans la région 7S (5 000 ha) et dans la région 8S (5 000 ha) et sur fondé.

### Mauritanie

Hollaldé:	Riz 85 Sorgho fourrager 15	Riz 85 Sorgho fourrager 15
-----------	-------------------------------	-------------------------------

Si la Mauritanie n'exporte pas de riz vers le Sénégal, on pourra diminuer le pourcentage de sols affectés au riz et substituer au riz du sorgho fourrager dans les limites permises par l'assölement.

Faux hollaldé:	Mais 20 Sorgho 70 Niébé fourrager 5 Sorgho fourrager 5	Blé 60 Niébé 15 Niébé fourrager 10 Sorgho fourrager 15
Fondé: (dans les zones sans coton)	Mais 40 Sorgho 40 Agrumes 5 Légumes 5 Maïs fourrager 10	Blé 50 Agrumes 5 Légumes 15 Niébé fourrager 5 Maïs fourrager 25

	Hivernage		Contre-saison	
	.....	%	.....	.....
Fondé: (dans les zones avec coton)				
<u>Période avant l'introduction du coton</u>				
	Maïs	45	Blé	60
	Sorgho	45	Niébé fourrager	15
	Maïs fourrager	10	Maïs fourrager	35
<u>Période après l'introduction du coton</u>	Une année sur deux			
	Coton	40	Blé	60
	Niébé fourrager (chaque année)	40	Niébé fourrager	40
	Mais en fait le niébé fourrager n'occupera le sol que 5 mois sur 6		Mais en fait le niébé fourrager n'occupera le sol que 5 mois sur 6	
	Mais	20		

Le coton nécessite un assolement biennal avec le niébé fourrager et le blé. Le coton occupera le sol en hivernage sept mois, le niébé fourrager neuf à dix mois à cheval sur la contre-saison et l'hivernage suivant, et enfin le blé occupera le sol en contre-saison la seconde année.

Le coton est prévu dans les régions 3M et 6M à raison de 4 000 à 5 000 ha dans chaque zone.

En Mauritanie, la canne à sucre est prévue sur faux hollaldé dans la région du Gorgol (3 500 ha).

#### Mali

Les sols ont été répartis en deux catégories que nous assimilerons à du faux-hollaldé et du fondé.

Faux hollaldé:	Riz	70	Riz	30
	Sorgho	10	Blé	50
	Sorgho fourrager	20	Sorgho fourrager	20
Fondé:	Maïs	25	Blé	50
	Sorgho	45	Niébé	10
	Agrumes	5	Agrumes	5
	Légumes	5	Légumes	5
	Niébé fourrager	10	Niébé fourrager	10
	Maïs fourrager	10	Sorgho fourrager	10
			Maïs fourrager	10

La canne à sucre est prévue dans la région de Kayes sur 3 750 ha de fondé.

### Les régions cotonnières

Le coton ne sera cultivé qu'en Mauritanie dans les régions 2M, 3M et 6M sur une surface totale de fondé de 12 500 ha.

Les régions retenus sont:

- la région 2 Legeah
- la région 3 Boghé
- la région 6 Maghana

Ces régions ont une superficie en fondé suffisante.

Dans les régions cotonnières, nous n'avons pas prévu la culture de légumes et d'agrumes pour tenir compte des besoins en main-d'œuvre qui sont grands pour la région.

### Les régions sucrières

Nous avons retenu cinq régions principales:

- Trois pour le Sénégal:

- . la région 1 Richard-Toll
- . la région 8 Matam
- . la région 7 Tilogne

La production totale du Sénégal prévue est de 2 000 000 t de canne à sucre, au bout de 30 ans.

- La région retenue en Mauritanie est:

- . la région 5 Région du Gorgol, sur 3 500 ha - Démarrage en 1986.

Production maximale dès 1989 de 350 000 t..

- La région retenue au Mali est:

- . la région KY 1 Région de Kayes, sur 3 750 ha.

Production maximale dès 1987.

Les rendements prévus à partir de 1980 sont ceux obtenus actuellement en milieu paysan encadré. On a prévu leur croissance.

### Rendements t/ha par culture

	<u>Actuels</u>	<u>Futurs</u>
Riz	4,5	6,0
Blé	3,4	5,0
Sorgho	3,5	5,0
Maïs	3,5	5,0
Niébé	1,5	2,5
Canne à sucre	100,0	100,0
Légumes	30,0	30,0

La couverture des besoins régionaux est assurée dès le passage à la double culture.

La couverture des besoins nationaux est assuré à des degrés variables selon les productions et les pays.

Le tableau suivant résume les productions et les balances nationales.

Balance de la couverture des besoins nationaux (Unité/t)

	Années	<u>Mali</u>		<u>Mauritanie</u>		<u>Sénégal</u>	
		Production	Balance	Production	Balance	Production	Balance
Blé	1980	2 000	- 47 600	2 000	- 13 700	29 000	- 115 400
	1990	38 000	- 84 500	41 000	+ 7 143	113 000	- 87 500
	2000	97 000	- 138 000	121 000	+ 58 900	217 000	- 37 000
	2005	99 000	- 166 900	177 000	+ 109 700	287 000	- 4 100
Riz	1980	3 000	- 95 500	51 000	- 46 300	167 000	- 307 900
	1990	29 000	- 235 400	217 000	+ 35 700	403 000	- 310 300
	2000	68 000	- 483 500	382 000	+ 122 300	664 000	- 282 600
	2005	69 000	- 521 800	436 000	+ 154 700	839 000	- 227 700
Sucré	1980		- 37 500		- 34 374	120 000	+ 23 200
	1990	45 000	- 14 800	42 000	- 2 581	129 000	+ 900
	2000	45 000	- 33 800	42 000	- 10 300	208 800	+ 50 400
	2005	45 000	- 45 200	42 000	- 14 570	240 000	+ 64 200
Légumes	1980	6 000	- 28 000	1 000	- 8 000	19 000	+ 317
	1990	35 000	- 40 400	17 000	- 2 300	75 000	+ 40 100
	2000	87 000	- 35 500	39 000	+ 6 200	130 000	+ 62 500
	2005	87 000	- 63 700	62 000	+ 26 400	169 000	+ 86 400

Comme on le voit, la Mauritanie, dont toute l'agriculture productive sera dans la vallée, peut devenir rapidement exportatrice.

Le Sénégal a d'autres territoires agricoles productifs qui combleront facilement le déficit apparent.

Le Mali a la plus grande partie de son territoire agricole productif hors de la zone du projet qui cependant contribuera dès 1985 à la couverture des besoins nationaux.

Des échanges inter-États, de même que des ajustements de plans de cultures, permettront d'améliorer ces résultats.

- Aménagement et système de production

Deux grands types d'aménagements ont été retenus dans la vallée sédimentaire avec endiguement coût moyen HT: 532 000 FCFA/ha. La haute vallée sans endiguement ni planage : 310 000 FCFA/ha.

Le pompage est toujours nécessaire.

Différents **systèmes** de production ont été testés. Ils sont mixtes mais la proportion de travail manuel (entre 140 jours/an/ha et 240 jours/an/ha) de culture attelée et de culture mécanisée variée.

Quels que soient les systèmes, le Sénégal rencontrera des contraintes de main-d'œuvre, le Mali aura toujours son surplus de main-d'œuvre. La Mauritanie, selon les systèmes, aura ou n'aura pas de contraintes de main-d'œuvre.

- Economie du programme agricole

Les investissements jusqu'en 2011 représentent:

	<u>Aménagement</u> .... Millions de FCFA .....	<u>Matériel</u>
Mali	13 959	10 059
Mauritanie	81 959	17 633
Sénégal	122 137	22 858
<hr/>	<hr/>	<hr/>
Total	218 055	50 550

Les coûts d'investissement sont majorés par rapport aux coûts réels de la période de référence pour tenir compte de l'évolution des prix.

Les mêmes majorations ont été faites pour le coût des facteurs de production. Les prix des produits agricoles sont inférieurs de moitié aux cours actuels pour tenir compte de la baisse probable des prix agricoles. Ces prix varient selon les régions et sont calculés à partir des produits consommables: farine, riz, sucre, etc.

Prix moyens pour l'ensemble de la vallée (FCFA/kg)

Paddy grain	27,50	Riz : 46,50
Blé "	41,00	Farine : 61,60
Sorgho "	27,50	
Maïs "	27,50	
Niébé "	40,00	
Canne à sucre	2,92	Sucre : 60,00

Les taux de rendement interne par pays sont les suivants:

	<u>%</u>
Mali	36,8
Mauritanie	19,5
Sénégal	29,6
Ensemble des trois pays	21,3

- Flux financier

Le flux financier de l'agriculture fait apparaître un cash-flow. Ce cash-flow n'est autre que la différence entre la valeur de la production brute et le coût des facteurs de production. Par convention, le travail, qu'il soit effectué par des exploitants ou par des salariés, est évalué sur la base d'un prix de 250 FCFA par journée de travail. Le calcul du cash-flow se fait hors taxe.

Le cash-flow dégagé sert d'une part à améliorer le revenu des paysans au-delà de la seule rémunération de son travail et d'autre part à couvrir les charges financières des projets et à assurer l'autofinancement des projets à venir.

Lors de la réunion du Conseil des Ministres à Dakar, les Ministres sont convenus que la Firme Beynard prendrait l'hypothèse d'un taux de réemploi du cash-flow de 75 pour cent, ce taux permettant au programme agricole de se passer d'emprunt extérieur au bout de dix ans.

Quelques valeurs caractéristiques du flux financier pour tout le bassin (en millions de FCFA):

Année	Prod. brut	Cash-flow	75 % CF	25 % CF	Travail	Revenu paysan
1980	24 100	16 539	4 904	1 635	2 308	3 943
1990	48 000	23 236	17 427	5 809	6 959	12 768
2000	12 000	47 194	35 395	11 799	12 043	23 842
2005	134 000	59 793	44 844	14 949	14 408	29 357
2011	183 000	73 240	54 930	18 310	18 379	36 669

Comme on le voit, l'amélioration du revenu paysan correspond à une valorisation du travail de 70 pour cent en 1980 à 100 pour cent vers l'an 2000.

Comme le calcul est fait hors taxe, le prélèvement du cash-flow peut se faire soit en percevant une taxe directe soit par des moyens fiscaux directs ou indirects.

Il est à noter que la méthode de calcul utilisée par le Bureau d'études ne préjuge pas du mode d'exploitation (propriétaire exploitant, fermage, salariat), ni de la densité d'occupation du sol (c'est le revenu per capita qui change mais pas le revenu paysan global).

- Le programme d'élevage

Malgré les pertes survenues lors des années de sécheresse, il existe encore un capital productif important que les cultures irriguées permettront de valoriser au maximum.

A côté du troupeau transhumant se développeront dans la vallée: un troupeau sédentaire, un troupeau d'embouche et un troupeau de réélevage.

D'après les indications données par les responsables gouvernementaux, les liens entre les différents troupeaux ne seront pas les mêmes dans chaque pays.

En Mauritanie, il est envisagé d'apporter une complémentation de soudure au troupeau transhumant, à partir des ressources fourragères des périmètres irrigués.

La constitution de stock de paille permettra de faire face à la diminution des pâturages naturels en période de sécheresse. Jusqu'à la fin de la période envisagée le troupeau transhumant restera prédominant.

Au Mali, la production fourragère des périmètres sera réservée a priori à l'embouche qui accueillera les bêtes du troupeau transhumant laissé dans les conditions naturelles.

Au Sénégal, l'effort sera porté sur la sédentarisation du troupeau. Les ressources fourragères le permettent facilement. Le troupeau transhumant sera spécialisé dans le rôle de naisseur. Un gros effort d'amélioration des pâturages naturels est prévu (le coût de cette amélioration est évalué à 40 milliards en 40 ans) qui permettrait d'éviter l'emploi de complémentation de soudure, les déstockages auront lieu le plus rapidement possible, les bêtes seront accueillies dans le troupeau de réélevage. Que ce schéma soit appliqué, ou le schéma mauritanien, il y aura un déficit de bêtes à élever ou à emboucher au Sénégal.

Les bases techniques qui ont permis de mener le calcul sont les suivantes:

	Production fourragère	10 à 20 % des assolements	
	t/ha	UF/t	Prix FCFA/UF
Sorgho fourrager	90 - 100	140 }	
Mais fourrager	90 - 100	220 }	6,33
Niébé	40 - 45	200	6,33
Paille	4 à 6	360 - 400	6,33
Issues diverses: son, mélasse, etc.			12
Prix viande			
		: 120 FCFA/kg vif pour bêtes maigres	
		: 140 FCFA/kg vif pour bêtes d'embouche	
Gardiennage transhumant		: 1 000 FCFA/bête/an	
		: 2 000 FCFA/bête/an	
Réélevage		: 1 200 UF	
Embouche 100 à 120 jours à 1 kg/j	375 UF	fourrage + 375 UF issues	

Tableau de production d'unités fourragères

<u>Années</u>	<u>Mali</u>	<u>Mauritanie</u>	<u>Sénégal</u>	<u>Total</u>
1980	23 298	55 656	247 802	326 756
1990	101 874	329 552	652 748	1 084 174
2000	383 768	681 072	1 132 074	2 196 914
2005	387 134	886 535	1 450 224	2 723 893
2011	339 570	1 145 360	1 788 234	3 273 164

La production de viande couvre dès le début les besoins régionaux et très rapidement les besoins nationaux.

Viande (t)

<u>Années</u>	<u>Mali</u>		<u>Mauritanie</u>		<u>Sénégal</u>	
	Production	Balance	Production	Balance	Production	Balance
1980	10 880	+ 7 474	29 900	+ 22 800	37 700	+ 4 475
1990	30 600	+ 21 413	71 100	+ 65 155	91 900	+ 45 818
2000	36 700	+ 16 646	97 800	+ 83 661	119 800	+ 53 679
2005	33 300	+ 2 474	112 600	+ 96 439	139 200	+ 61 377

La production de lait couvre au-delà les besoins régionaux mais pas les besoins nationaux.

#### - Economie de l'élevage

Les investissements propres à l'élevage d'embouche sont très faibles: 14 milliards de FCFA pour les trois pays en 40 ans.

Le cash-flow dégagé est très important, la valeur ajoutée créée par l'élevage est de l'ordre de:

- 12 milliards de FCFA en 1985
- 25 milliards de FCFA en 2005
- 45 milliards de FCFA en 2008

Le taux de rentabilité interne est très élevé: 32,5 pour cent pour l'ensemble des spéculations. Mais ce mode de calcul laisse de côté une grosse part des frais de la production fourragère, aussi il s'avère plus exact de parler de rentabilité de l'ensemble agriculture-élevage qui s'élève à 26,8 pour cent pour les trois pays au lieu de 21,3 pour cent pour l'agriculture seule.

- La pêche

La régularisation du fleuve et l'endiguement entraîneront une diminution des surfaces inondées.

Or l'alevinage est étroitement lié aux surfaces inondées, il y aura donc diminution de la production de poisson dans le fleuve. Enfin la pollution risque encore de diminuer la production. Cette diminution sera globalement compensée par l'extension de la pêche dans le réservoir de Manantali ou dans l'Aftout-es-Sahel. Mais dans ces lieux assez éloignés des centres de consommation, il faudra envisager des installations de traitement de poissons.

Le bilan de tous ces changements laisse espérer une augmentation de la production de 4 000 t et une production annuelle de 30 000 t; cette quantité sera insuffisante pour couvrir les besoins de la population prévue. Il sera donc nécessaire de faire de la pisciculture artificielle dans les quelque 20 000 ha de mares qui existent dans la vallée. Faute de données expérimentales, ce type de production n'a pas été chiffré.

Le flux financier dégagera un cash-flow de l'ordre d'un milliard par an. Les installations nécessaires sur l'Aftout-et-Manantali sont de l'ordre de 3 milliards.

- Les forêts

On trouve actuellement dans la vallée une couverture arborée très irrégulièrement répartie. Les seuls groupements forestiers qui méritent le nom de forêt sont ceux constitués par le gonakié (Acacia nilotica) qui a besoin, pour prospérer, d'une submersion assez longue. Il y a 60 000 ha de forêts de gonakié dont 23 000 dans les Unités naturelles d'équipement. Une partie de la forêt à l'intérieur des endiguements devra être défrichée. La partie à l'extérieur des endiguements souffrira de la régularisation qui diminuera l'importance de l'inondation.

Par ailleurs, les besoins en bois de feu des populations représentent 1 st/personne/an, soit 1 200 000 st vers l'an 2000. Le reliquat de forêt de gonakié ne pourra fournir que 30 000 st d'où la nécessité de faire des boisements artificiels, principalement avec des eucalyptus, soit à l'intérieur des endiguements dans les parties laissées pour compte soit à l'extérieur.

Les surfaces à planter se répartiraient ainsi:

	<u>ha</u>
Intérieur endiguement.....	48 400
Extérieur endiguement.....	114 800
 TOTAL.....	 163 200

Le coût de cette opération à répartir sur 40 ans est de 11 424 millions de FCFA.

- Industries liées à l'agriculture

Deux cent trente-deux de ces industries ont été envisagées. Ce sont les industries de traitement de produits agricoles:

Rizeries (97), minoteries (14), sucreries et industries annexes (28), abattoirs et établissements annexes (29), conserveries (3), textiles (29), quelques industries d'amont (8), etc., diverses (4). Elles se développeront au même rythme que l'agriculture.

- Répartition géographique

Mali	37
Mauritanie	97
Sénégal	98

Elles emploieront: 400 cadres supérieurs  
2 069 cadres moyens  
21 939 ouvriers.

Elles consommeront 600 millions de kWh et 100 000 t de fuel par an.

Le montant des investissements nécessaires est évalué à 157 milliards de FCFA. La valeur ajoutée créée atteindra 58 milliards de FCFA.

Les taux de rendement interne reposent sur des prévisions de système de prix. En retenant les prix un peu faibles pour les produits agro-industriels on atteint des taux de 15 pour cent avec d'assez grosses variations selon le type et la localisation de l'industrie.

B) Le développement minier

La mise en place d'un grand développement minier constitue le deuxième pôle de développement du bassin du Sénégal.

Trois zones minières ont été prospectées qui ont fourni des indices assez sérieux pour envisager leur exploitation.

Au Mali: au sud-est de Manantali, un gisement de fer important à Balé. En surface on trouve un minerai qui a besoin d'être enrichi et transformé en pellets.

Sous cette couche se trouve un minerai de fer de plus haute teneur pouvant être utilisé directement dans les hauts fourneaux.

Au Sénégal: de part et d'autre de la Falémé se trouve un important gisement de fer dont la partie supérieure à haute teneur est directement exploitable, la partie inférieure de faible teneur devrait être pelletisée.

En Mauritanie, citons le gisement de phosphate de Civé.

Le plan d'exploitation arrêté par les experts de l'OMVS prévoit une production d'alumine de 600 000 t en 1982.

Au Mali une production de 5 millions de tonnes par an de pellets en 1985, ou de 5 millions de tonnes de minerais en 1990.

Au Sénégal, 5 millions de tonnes de minerais en 1985 auxquels s'ajouteront 5 millions de tonnes de pellets en 1990.

Les mines de phosphate de Civé seront développées (5 000 à 10 000 t/an) selon le rythme de l'agriculture.

La réalisation de ces exploitations dépend d'un plan d'équipement énergétique et d'un plan de transport.

Le plan de transport prévoit:

- Pour l'alumine: transport routier jusqu'à Kaves, transport fluvial Kayes-Saint-Louis sur barge directement embarcable sur bateau spécial.
- Pour le fer du Mali: transport par pipe-line jusqu'à Kayes où se trouve l'usine d'enrichissement. Transport fluvial par barge jusqu'à l'Aftout-es-Sahel mis en eau. Chargement des bateaux par tapis roulant et wharf.
- Pour le fer du Sénégal: on prévoit la construction d'un chemin de fer rejoignant la côte à Cayar au nord de Dakar.

Ce chemin de fer pourrait également assurer le transport du minéral de fer malien après la construction d'une bretelle Balé-Falémé.

Le plan d'équipement hydro-électrique prévoit:

- La construction de la centrale de Manantali 1978-82: 800 millions de kWh/an,
- La construction du barrage de Gouina 1989-90 et de Félo 1994-95: 700 millions de kWh.

Certaines variantes: développement de la fabrication d'alumine ou d'une usine sidérurgique, nécessiteraient la construction de Galougo vers 1995.

Une ligne électrique desservira Sitadina et la Falémé avec un axe secondaire pour Balé. Une autre desservira Kayes puis à partir de 1992 sera prolongée jusqu'à Kaédi.

Les consommations d'énergie prévues sont:

		<u>Millions de kWh</u>
Alumine		200
Fer malien	pellets	390
	minerais	50
Fer sénégalais	minerais	50
	pellets	300

Les investissements se décomposent ainsi:

	Bauxite	Fer malien	Fer sénégalais	Total
	.....	Millions de FCFA	.....	
Exploitation	810	4 690	6 986	
Broyage	500	2 000	12 000	
Cités	3 000	5 000	4 000	
Usine alumine	35 000			
Pelletisation		15 000	15 000	
Transport	5 020	33 700	43 500	
	<hr/> 44 330	<hr/> 70 390	<hr/> 81 486	<hr/> 196 206

Les études sont estimées à 16 000 millions de FCFA.

Les prix suivants ont été retenus:

	<u>FCFA/t</u>	<u>Taux R.I.</u>
		%
Pellets du Sénégal	4 000	15,9
Pellets du Mali	4 000	25,8
Fer sénégalais	3 000	25,1
Fer malien	2 250	23,7
Alumine du Mali	30 000	12,4

Les prix semblent en accord avec les prévisions à long terme de la Banque mondiale.

Les mines créent une valeur ajoutée de l'ordre de 51 milliards.

L'emploi créé est faible:

732	cadres
<u>5 368</u>	ouvriers
Total	6 100

### Le programme de navigation

Il est la conséquence des précédents programmes.

#### Quatre plans de transport sont proposés:

- Pour les marchandises allant directement de Saint-Louis à Kayes.
- Pour les fournitures et les exportations liées au programme agricole et agro-industriel.
- Pour l'alumine.
- Pour les pellets de fer.

#### Les tonnages globaux sont les suivants:

	<u>1975</u>	<u>1980</u>	<u>1985</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2011</u>
Tonnage lié au développement agricole	300	800	1220	1600	2140	2660	3310	3980
Tonnage lié au développement minier			6000	6000	6000	6000	6000	6000
t/k lié au développement agricole	160	280	480	680	965	1090	1370	1660
t/k lié aux mines			5600	5600	5600	5600	5600	5600

### Le programme d'aménagement

Chenal de navigation : Il est prévu d'avoir des enfoncements suivants

1,60 m en 1980 pour une exploitation économique des barges.

2,00 m en 1985 pour l'exportation de fer.

Le chenal aura 60 m de large ce qui entraîne les travaux suivants:

		<u>Coût</u> millions de FCFA
- déroctage	200 000 m <sup>3</sup>	1 300
- dragage seuils sableux	350 000 m <sup>3</sup>	<u>275</u>
		1 575

### Ports :

Le port minéralier de l'Aftout est compté en programme minier. Les deux ports principaux sont donc:

- Saint-Louis 1982
- Kayes 1982

Le trafic du port de Saint-Louis est estimé à:  
(1 000 t)

	<u>1977</u>	<u>1980</u>	<u>1985</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2011</u>
Entrées et sorties	280	460	700	940	1350	1720	2060	2420
Transferts	240	270	340	440	570	670	760	920

Le trafic du port de Kayes sera encore plus important :

(1 000 tonnes)

	<u>1975</u>	<u>1980</u>	<u>1985</u>	<u>1990</u>	<u>1995</u>	<u>2000</u>	<u>2005</u>	<u>2011</u>
Divers	80	96	131	152	1 233	250	266	282
Fuel	50	64	94	92	103	119	132	137
Silos		6	19	38	66	80	80	80
Alumine fer			700	700	700	700	700	700
		5 300	5 300	5 300	5 300	5 300	5 300	5 300

Il y aura en outre 42 escales et appontements.

Les travaux s'échelonneront sur 40 ans. L'investissement pour les ports et escales est estimé à 21 624 millions de FCFA dont 6,5 milliards environ pour la première phase du port de Saint-Louis.

La batellerie : composée surtout de pousseurs et de barges exigera un investissement de 20 milliards dont 11,5 pour la batellerie minière.

Les tarifs de navigation retenus sont:

t/km produits divers 0,50 FCFA.

t/km produits miniers 0,20 FCFA.

Ces prix assurent un taux de rentabilité interne de 8 pour cent à la navigation. Les emplois créés sont de l'ordre de 1 500 en fin de période.

C) Programme d'équipement hydro-électrique

C'est la condition du développement de l'ensemble des programmes.

Etant donné la date rapprochée de la construction du port de Saint-Louis qui augmentera la remontée de la langue salée, la construction du barrage de Diama a été prévue en même temps que celle du barrage de Manantali.

Ce dernier aura un volume utile de 13,5 milliards de mètres cubes pour garantir l'irrigation de 428 000 ha à raison de 20 500 m<sup>3</sup>/ha (restitution escomptée) à 98 pour cent. Il permet aussi d'assurer une crue modulée pour continuer les cultures de décrue pendant les premières années du développement.

La navigation a la même garantie de 98 pour cent.

L'électricité n'est garantie qu'à 80 pour cent ce qui est tout à fait compatible avec les exploitations minières prévues.

Les barrages du Petit Gouina et Féloù sont destinés uniquement à la production électrique.

Echéanciers et coûts

Milliards de FCFA

Diamma	1978 - 1980	5,2
Manantali	1978 - 1982	23,6
Gouina	1990	8
Féloù	1995	5

A ces investissements s'ajouteront 13 300 millions de FCFA pour les lignes électriques.

La tarification pour les différents usagers, calculée d'après la méthode des coûts marginaux est la suivante:

	<u>FCFA</u>
$m^3$ d'eau pour l'agriculture	0,50
kWh pour les mines	2,50
kWh pour les industries	5,00

Le coût assez bas du kilowatt-heure pour les mines permet d'améliorer le taux de rendement interne de l'exploitation de bauxite qui est faible (12,4 pour cent contre 21,3 pour cent pour l'agriculture).

- Programmes récurrents

Milliards de FCFA

Routes - aéroports	57
Administrations	15
Santé, formation	35

- Equilibre financier de l'ensemble

Le total des investissements atteint 800 milliards de FCFA, dégageant un taux de rentabilité interne de 16,4 pour cent. Sans les programmes récurrents on atteint 19 pour cent.

Le programme de financement a prévu selon la nature des investissements huit types de financements à condition variable tant pour les délais de remboursement que les taux d'intérêt.

Les principales hypothèses retenues sont les suivantes:

1) Infrastructure production - 37 milliards à investir en 20 ans.

Hypothèse I : conditions IDA 0,75 % + 0,25 % frais  
délai de grâce 10 ans, remboursement sur 30 ans. La totalité du cash-flow est utilisée pour le remboursement. Dès 1993 les disponibilités sont égales à la dette totale.

Autres hypothèses : systèmes d'inspiration française, suivant les taux d'intérêt l'équilibre se fait entre 1993 et 1996.

2) Agriculture - 280 milliards à investir en 45 ans.

Prêt à long terme pour les aménagements (intérêt 2 à 6 pour cent) différé de remboursement cinq ans suivi de 20 ans de remboursement.

Prêt à moyen terme pour les équipements (taux 4 à 8 pour cent) différé cinq ans suivi de dix ans de remboursement.

Utilisation du cash-flow 75 pour cent :

Selon les six hypothèses envisagées, les disponibilités et les dettes s'équilibrent entre 1989 et 1991.

3) Elevage - 14 milliards en 40 ans.

La haute rentabilité de l'élevage permet d'envisager toutes les possibilités de financement.

4) Industrie - 157 milliards à investir en 40 ans.

Prêt à 15 ans, cinq ans de différé, 70 pour cent d'emprunt, réutilisation du cash-flow 75 pour cent.

La rentabilité de l'industrie permet d'utiliser les modes de financement qui correspondent au mécanisme actuel du marché international des capitaux.

5) Mines - 196 milliards à investir en 40 ans.

90 milliards de renouvellement à prévoir.

18 hypothèses ont été examinées.

L'équilibre a lieu entre 1992 et 1998 selon les hypothèses dont certaines seraient assez défavorables.

6) Batellerie non minière - 2 milliards dans les premières années, différé de remboursement cinq ans, durée de remboursement dix ans. Intérêt 6 à 10 pour cent. Un financement par des moyens locaux reste possible.

7) Infrastructure économique - 57 milliards en 45 ans. Prêts aux conditions IDA jusqu'en 1990 puis financement par les Etats.

8) Infrastructure sociale - 52 milliards en 45 ans. Financement par voie de dons ou par voie budgétaire dès 1990.

En prenant les hypothèses centrales on aurait:

<u>Secteur non minier</u>	:	dette maximale	108 milliards en 1985
	:	équilibre	1995
<u>Secteur minier</u>	:	dette maximale	102 milliards en 1988
		équilibre	1990

Avec une dette de 800 millions de dollars en 1988 on met en route un immense programme d'investissement. A titre de comparaison la seule aide aux pays du Sahel a atteint 150 millions de dollars en 1973 auxquels viennent s'ajouter 100 millions de dollars de pertes.

Un autre aspect qui se dégage de cette étude est l'intégration des activités ainsi que l'intégration des économies nationales dans cette sous-région, intégration qui sera grandement facilitée par le traité de la CEAO.

Tableau 1

POURCENTAGE DES SURFACES SELON LES COTES RELATIVES  
DANS LES ENSEMBLES D'UNITES NATURELLES D'EQUIPEMENT (AM/27)

Rive	Ensemble	Nom bre d'UNE	Surface (ha)	Cote du 0 IGN	Cotes relatives (m) (mares = 0)							%
					0	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	
D	Garak	2	17 200	0-1	0,1	11,7	32,3	40,2	14,9	0,1		
G	Guidarar	1	3 404	0	1,3	7,4	28,8	43,7	16,8	0,9	1,1	
G	Dagana	1	3 990	0	2,2	5,2	24,4	32,1	27,2	6,9	2,0	
G	N'Galenka	4	28 975	1	0,3	2,8	21,9	34,2	27,1	11,3	2,1	0,3
D	Koundi	8	84 414	0-4	0,6	2,0	19,1	36,7	26,2	10,7	4,0	0,7
G	Morfil (1-9)	9	63 300	2-5	2,0	5,1	21,9	31,3	27,4	9,8	2,0	0,5
G	Morfil (10-18)	9	48 120	3-7	1,7	2,3	13,3	26,3	29,4	19,8	6,8	0,4
D	Boghé	3	8 570	3-5	1,0	0,5	6,6	41,1	31,9	13,1	4,4	1,5
G	Doué	3	12 377	4-8	0,8	6,0	30,6	33,6	20,4	6,2	2,4	0,1
D	Tiangol	3	19 529	6	0,8	5,7	19,7	29,9	27,4	14,8	1,4	0,3
	M'Bagne											
D	Kaédi	1	11 480	6	1,3	5,6	10,8	17,8	27,8	23,2	11,7	1,8
G	Oréfondé	6	61 047	6-10	1,8	1,9	15,3	31,6	27,4	15,1	5,6	1,3
	Tilogné											
G	Diamel	6	42 561	9-11	0,7	0,9	7,5	26,1	36,8	21,4	4,9	1,4
G	Matam Kanel	3	22 760	11-13	1,1	3,4	10,7	25,4	24,8	18,7	11,9	4,0
D	Garli	1	2 790	11	8,0	1,2	11,3	30,4	26,6	14,9	5,1	2,5
D	Dao	1	5 200	13	1,2	15,7	34,1	30,5	13,5	4,3	0,5	0,2
G	Tiangol	3	26 843	11-13	1,0	0,3	3,3	14,5	32,6	28,9	14,2	5,2
	Ballel											
D	Maghana	5	31 108	11-14	0,6	1,2	7,5	23,9	28,5	19,7	11,3	7,3
	Dembakané											
G	Dembakané	3	10 567	13-14	1,2	2,0	6,7	23,0	23,0	16,7	3,6	0,8
	<b>TOTAL</b>	<b>72</b>	<b>504 245</b>	<b>0-14</b>	<b>1,1</b>	<b>3,1</b>	<b>16,0</b>	<b>29,8</b>	<b>27,5</b>	<b>15,2</b>	<b>5,7</b>	<b>1,6</b>

Tableau 2

SURFACES OCCUPEES PAR LES DIFFERENTES UNITES DE CARTOGRAPHIE DES SOLS  
(EN km<sup>2</sup> ET EN %)

Unités de cartographie des sols	Bakel	Selibabi	Matam	Kaédi	Podor	Dagana	St-Louis	Louga	Total
	km <sup>2</sup>	%							
<b>SOLS PURS</b>									
<u>Minéral brut</u>									
d'apport fluviatile	2	15	8	7	1	-	-	-	33 0,2
d'apport éolien	-	3	-	-	-	-	137	-	140 1,2
<u>Peu évolué d'apport</u>									
hydromorphe	16	199	195	284	724	443	131	37	2 029 18,0
vertique	-	-	-	-	-	17	-	-	19 0,1
<u>Vertisols topomorphes</u>	-	189	375	566	659	337	-	-	2 129 18,9
<u>Isohumiques bruns rouges subarides</u>	-	4	-	9	39	151	531	39	773 6,8
<u>Halomorphes</u>									
<u>Salins:</u>									
à horizon superficiel friable	-	-	-	-	1	-	118	5	124 1,1
non différenciés	-	-	-	-	4	350	782	10	1 146 10,2
acidifiés peu acides	-	-	-	1	5	12	375	9	402 3,5
très acides	-	-	-	-	-	253	400	15	728 6,4
acidifiés à croûte saline de surface	-	-	-	-	-	-	9	7	16 0,1
salé à alcalisé	-	-	-	-	2	6	43	-	51 0,4
<u>ASSOCIATIONS</u>									
<u>Peu évolué hydromorphe</u>									
a) pseudogley à taches et concrétions									
1. peu évolués dominants	2	111	108	132	138	48	-	-	539 4,7
1. pseudogley dominants	-	108	218	103	618	13	-	-	1 150 10,2
b) quelques pseudogley	14	60	137	28	13	9	-	-	261 2,3
c) salin à horizon superficiel friable	-	-	-	-	-	11	2	-	13 0,1
<u>Pseudogley à taches et concrétions +</u>									
a) peu évolué vertique	-	-	-	12	25	14	-	-	51 0,4
b) vertisol topomorphe	-	-	8	118	142	170	-	-	438 3,8
c) gley de surface et d'ensemble	-	-	-	-	-	6	-	-	6 -
d) gley salé	-	-	-	-	-	3	12	-	15 0,1
e) gley salé + salins acidifiés	-	-	-	-	-	12	21	-	33 0,2
f) très salés à alcalisé	-	-	-	-	-	2	15	-	17 0,1
<u>Salin acidifié + salin à horizon superficiel friable</u>	-	-	-	-	-	-	51	-	51 0,4
<b>TOTAL</b>	44	863	1 245	1 387	2 445	2 189	2 940	122	11 235 98,6

Tableau 3

## TABLEAU RECAPITULATIF DU CLASSEMENT DES TERRES

Caractère du terrain	Classe 1	Classe 2	Classe 1 R	Classe 2 R	Classe 6	Classe 6 R
S O L						
Texture (voir triangle fig. 15)	Moyenne: 15 à 35% d'argile Moins de 85% de sable	Fine à très fine 35 à 60% d'argile et grossière 0 à 15% d'argile, 70 à 85% de sable	Plus de 60% d'argile	Plus de 50 % d'argile	Sable: moins de 10% d'argile, plus de 85% de sable	Plus de 50% d'argile
pH	de 4,5 à 9	de 4,5 à 9	de 4,5 à 9	4,5 à 9	4,5 ou 9	4,5 à 9
SALINITÉ						
(extrait 1/10 an $\mu$ mhos)	< 500 > 1 000 + draina- ge facile	500 à 1 000 ou > 1 000 + draina- ge facile	< 500	500 à 1 000 ou > 1 000 + draina- ge	> 1 000 + draina- ge difficile	> 1 000 + draina- ge difficile
TOPOGRAPHIE						
Pente	0,25 à 2%	2 à 5% + mesures anti-érosives	< 0,5 %	< 0,5 %	> 5%	< 0,5%
Relief	Peu de nivelle- ment Labours	Nivellement bulldozer	Très peu de ni- vellement < 350 m <sup>3</sup>	Très peu de ni- vellement < 350 m <sup>3</sup>	Nivellement important - scraper	Très peu de niveling < 350 m <sup>3</sup>
Couvert végétal		Vetiver				
DRAINAGE						
Colature	Moins de 50 m/ha	50 à 300 m/ha	Assurée par gravité	Assurée par gravité	Difficile par gravité	Assurée par gravité
Drainage	Non nécessaire	Nécessaire et pos- sible, terre sa- blée, avec draina- ge facile	Non nécessaire	Nécessaire et pos- sible (couche fil- trante à moins de 50 cm)	Nécessaire et diffi- cile	Nécessaire et diffi- cile (pompage)

Tableau 4

## SURFACES OCCUPEES PAR LES DIFFERENTES CLASSES DE TERRAINS

Famille de carte	Classes d'aptitudes												Total
	1		2		1 R		2 R		6		6 R		
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
Bakel													
4 c	2 796	74,4	656	17,5	-	-	-	-	305	8,1	-	-	3 757
Sélibabi													
1 a	4 879		6 078		2 737		-		4 791		-		18 485
1 b	12 810		1 650		4 058		-		3 144		-		21 662
1 c	15 051		8 831		7 675		-		7 312		-		38 869
3 a	1 780		2 155		2 375		-		78		-		6 388
	40,4		21,9		19,7		-		17,9		-		
Matam													
2 d	7 083		2 779		5 282		-		1 838		-		16 982
3 d	2 017		4 758		406		-		341		-		7 522
4 a	7 388		6 792		3 954		-		1 246		-		19 380
4 b	9 867		3 283		10 122		-		8 051		-		31 323
4 c	20 762		18 772		942		-		7 148		-		47 624
	38,0		29,3		16,7		-		15,0		-		
Kaédi													
1 a	15 539		8 261		4 391		-		5 283		-		33 474
1 b	12 114		11 794		17 038		-		6 290		-		47 266
1 c	4 272		1 136		3 905		76		1 288		-		10 677
2 a	4 271		10 548		13 238		-		4 678		-		32 735
2 b	1 740		4 434		6 300		-		152		-		12 626
	27,7		26,4		32,8		0,05		12,9		-		
Podor													
2 b	1 028		2 028		-		-		514		-		3 570
2 c	2 622		7 390		3 896		-		680		-		14 588
2 d	13 252		21 231		9 750		-		3 384		-		47 617
3 a	18 790		21 504		13 518		3 420		3 257		-		60 489
3 b	26 292		20 394		8 699		-		4 780		-		60 165
4 a	18 240		15 160		11 262		114		5 048		-		49 824
4 b	2 040		1 516		614		-		1 136		-		5 306
	34,0		36,9		19,7		1,4		7,7		-		
Dagana													
1 c	1 488		33 652		2 374		154		10 814		74		48 556
1 d	512		7 992		1 570		-		440		-		10 514
3 a	421		10 566		1 373		2 185		3 885		-		18 430
3 b	3 782		18 674		5 756		-		12 340		-		40 552
4 a	4 028		24 039		5 467		296		12 022		-		45 852
4 b	14 205		26 114		12 107		156		2 932		-		55 514
4 c	-		-		-		-		6 120		-		6 120
	10,9		54,2		12,8		1,2		21,7		0,03		
Saint-Louis													
2 a	-		6 180		-		320		55 280		6 110		67 890
2 b	-		2 238		120		214		26 166		-		28 738
2 c	470		24 144		136		4 776		25 271		9 031		63 828
2 d	706		41 538		240		13 446		10 381		5 098		71 409
4 a	54		10 792		-		2 840		8 804		3 216		25 706
4 b	376		10 976		2 594		5 944		4 290		3 744		27 924
	0,5		33,5		1,0		9,6		45,6		9,5		
Louga													
4 c	-		3 433		28,1		-		8 850		72,6		12 183
Surface totale	230 675		401 488		161 929		33 941		258 339		27 273		1 113 645
% du total	20,7		36		14,5		3,0		23,2		2,4		

Tableau 5

**SURFACES NETTES IRRIGABLES SELON LES PLANS DE CULTURE**  
**UNITES NATURELLES D'EQUIPEMENT RIVE DROITE**  
**(SN. = 75 % DE LA SURFACE BRUTE AGRICOLE - UNITE = ha)**

Nom	Sigle	F 1/	FH 1/	H 1/	Total irrigable	Surface endiguée
Garak	GA 1	1 294	4 001	2 314	7 609	10 400
	<u>GA 2</u>	<u>982</u>	<u>2 224</u>	<u>1 830</u>	<u>5 036</u>	<u>6 800</u>
	1-2	2 276	6 225	4 144	12 645	17 200
Koundi	KO 1	514	1 875	1 579	3 968	5 480
	KO 2	735	5 051	1 461	7 247	10 068
	KO 3	1 147	7 811	2 310	11 268	15 400
	KO 4	264	1 952	1 738	3 954	5 400
	KO 5	3 488	3 735	3 727	10 950	15 300
	KO 6	5 126	2 178	1 541	8 845	12 750
	KO 7	2 516	827	9	3 352	4 600
	<u>KO 8</u>	<u>5 879</u>	<u>2 203</u>	<u>2 511</u>	<u>10 593</u>	<u>15 416</u>
	1-8	19 669	25 632	14 876	60 177	84 414
Boghé	BO 1	1 177	215	2 411	3 803	5 325
	BO 2	1 140	349	187	1 676	2 325
	<u>BO 3</u>	<u>243</u>	<u>144</u>	<u>288</u>	<u>675</u>	<u>920</u>
	1-3	2 560	708	2 886	6 154	8 570
Tiangol	MB 1	865	575	1 505	2 945	3 990
M'Bagne	MB 2	1 204	598	2 916	4 718	6 365
	<u>MB 3</u>	<u>3 733</u>	<u>692</u>	<u>1 860</u>	<u>6 285</u>	<u>9 174</u>
	1-3	5 802	1 865	6 281	13 948	19 529
Kaédi	KI	1 999	1 515	4 106	7 620	11 480
Garli	GI	589	236	772	1 597	2 792
Dao	DAO	1 201	669	1 334	3 204	5 200
Maghama Dembakané	MD 1	618	2 149	3 210	5 977	8 190
	MD 2	1 365	855	3 225	5 445	7 475
	MD 3	1 204	1 150	588	2 942	4 268
	MD 4	2 083	892	478	3 453	5 465
	<u>MD 5</u>	<u>2 314</u>	<u>521</u>	<u>1 039</u>	<u>3 874</u>	<u>5 710</u>
	1-5	7 584	5 567	8 540	21 691	31 108
<u>Total</u> vallée		41 681	43 108	42 252	127 041	180 293
Delta		33%	34%	33%		
Gorgol			3 100	6 200	9 300	
<u>Total</u> bassin		41 681	49 708	54 952	146 341	
		28,5%	34%	37,5%		

1/ F = Fondé H = Hollaldé FH = Faux hollaldé.

SURFACES NETTES IRRIGABLES SELON LES PLANS DE CULTURE  
UNITES NATURELLES D'EQUIPEMENT RIVE GAUCHE  
(SN. = 75 % DE LA SURFACE BRUTE AGRICOLE - UNITE = ha)

Nom	Sigle	F 1/	FH 1/	H 1/	Total irrigable	Surface endiguée
Guidarar	GU	404	886	1 238	2 528	3 404
Dagana	DA	367	1 314	1 139	2 820	3 990
N'Galanka	NG 1	311	1 432	877	2 620	3 640
	NG 2	1 048	676	956	2 680	3 635
	NG 3	2 113	1 200	1 513	4 826	6 800
	NG 4	2 989	4 399	3 064	10 452	14 900
	1-4	6 461	7 707	6 410	20 578	28 975
Norf 11	MO 1	439	416	1 174	2 029	2 800
	MO 2	885	2 100	3 210	6 195	8 950
	MO 3	4 159	5 329	2 636	12 124	16 950
	MO 4	931	1 470	595	2 996	4 300
	MO 5	456	829	1 515	2 800	3 850
	MO 6	435	675	574	1 684	2 550
	MO 7	2 438	2 392	1 860	6 690	9 500
	MO 8	1 851	598	67	2 516	4 000
	MO 9	1 312	3 499	2 461	7 272	10 400
	1-9	12 906	17 308	14 092	44 306	63 300
	MO 10	1 331	907	1 078	3 316	4 800
	MO 11	1 654	3 928	3 397	8 979	12 650
	MO 12	2 239	2 077	1 012	5 328	7 550
	MO 13	877	1 684	1 097	3 658	5 150
	MO 14	1 924	1 485	630	4 039	5 650
	MO 15	1 185	1 095	1 282	3 562	5 050
	MO 16	565	319	877	1 761	2 630
	MO 17	276	748	504	1 528	2 390
	MO 18	664	649	281	1 594	2 250
	10-18	10 715	12 892	10 158	33 765	48 120
	1-18	23 621	30 200	24 250	78 071	111 420
Doué	DO 1	1 245	1 777	2 449	5 471	7 830
	DO 2	639	967	374	1 980	2 890
	DO 3	322	498	362	1 182	1 657
	1-3	2 206	3 242	3 185	8 633	12 377
Orefondre	OT 1	1 028	2 000	4 290	7 318	11 447
Tilogne	OT 2	2 576	2 869	5 535	10 980	15 370
	OT 3	1 335	1 102	653	3 090	4 380
	OT 4	2 269	1 286	2 775	6 330	8 800
	OT 5	2 473	2 593	2 972	8 038	11 450
	OT 6	1 770	2 182	2 531	6 483	9 600
	1-6	11 451	12 032	18 756	42 239	61 047
Diamel	Di 1	2 355	604	2 291	5 250	7 310
	Di 2	775	103	112	990	1 495
	Di 3	896	86	78	1 060	1 450
	Di 4	2 810	596	690	4 096	5 812
	Di 5	3 630	1 869	974	6 473	9 800
	Di 6	5 415	3 302	2 638	11 355	16 700
	1-6	15 881	6 560	6 783	23 174	42 562
Matam	MK 1	2 992	202	1 552	5 076	7 000
Kanel	MK 2	3 337	844	4 215	8 396	12 385
	MK 3	1 305	84	962	2 351	3 375
	1-3	7 634	1 130	7 059	15 823	22 760
Tiangol	TB 1	3 206	926	3 540	7 672	10 990
Ballel	TB 2	3 062	1 841	1 140	6 043	8 825
	TB 3	3 366	889	319	4 574	7 030
	1-3	9 634	3 656	4 999	18 289	26 845
Dembakané	DE 1	903	1 271	937	3 112	4 665
	DE 2	712	746	349	1 807	2 790
	DE 3	1 106	94	784	1 984	3 112
	1-3	2 721	2 111	2 070	6 903	10 567
Total rive gauche		80 380	68 838	75 889	225 107	323 952
Delta non salé			36%	30%	34%	
Dessallement facile					9 500	9 500
Dessallement difficile					24 000	24 000
Total delta				5 000	43 500	48 500
Total bassin		80 380	73 838	119 382	272 607	
		30%	27%	44%		

1/ F = Fondre  
H = Hollalé  
FH = Faux hollalé

Tableau 7

## TEMPERATURE DE L'AIR

Stations	M O I S												Moyenne annuelle	Période d'observation
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
Matam Tx	33	36	39	42	43	41	36	34	34	36	37	33	37	
Tn	14	17	19	23	26	27	25	24	24	24	20	16	21,6	1939-64
<u>Tx + Tn</u> 2	23	26	29	33	35	34	30	29	29	30	29	24	29,3	
Podor Tx	31	33	37	43	41	41	37	35	35	37	35	31	36,3	
Tn	15	16	19	21	23	24	24	24	25	25	20	16	21	1939-64
<u>Tx + Tn</u> 2	23	25	28	32	32	33	30	29	30	31	27	23	28,6	
Rosso Tx	29	31	33	37	39	40	39	36	34	35	36	35	35,3	
Tn	14	16	17	19	20	22	24	24	27	23	18	15	19,5	1939-64
<u>Tx + Tn</u> 2	22	23	25	28	29	31	32	30	30	29	27	25	27,4	
Saint-Louis Tx	28	29	28	26	26	29	31	31	32	31	30	29	29,3	
Tn	16	16	17	18	19	23	25	25	25	24	21	18	20,7	1926-64
<u>Tx + Tn</u> 2	22	23	23	22	23	26	28	28	29	27	26	23	25	

Tableau 8

## HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR

Stations	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle	
<u>Matam</u>	Ūx	65	59	55	51	52	70	86	94	93	89	83	73	72
	Ūn	18	17	12	15	16	26	44	57	55	43	26	23	29
	Ū	37	34	30	28	31	45	63	75	74	65	52	44	48
<u>Rosso</u>	Ūx	58	59	65	71	76	83	89	91	93	87	74	65	76
	Ūn	16	16	18	12	17	26	41	49	48	35	26	22	27
	Ū	34	34	36	38	43	53	64	70	70	61	49	41	49
<u>Saint-Louis</u>	Ūx	82	88	91	93	95	94	91	92	92	91	87	83	90
	Ūn	36	45	51	61	73	76	74	73	70	62	48	39	59
	Ū	54	63	68	78	80	80	78	79	79	74	64	59	71

Ūx = humidité relative maximale journalière

Ūn = humidité relative minimale journalière

Ū = moyenne journalière : Ū 8 h + Ū 13 h + Ū 18 h + Ūx + Ūn

Tableau 15

## MODULES ET APPORTS ANNUELS

Stations	Année médiane		années humides						années sèches					
			décennale		centennale		millennale		décennale		centennale		millennale	
	Q m <sup>3</sup> /s	V 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	Q m <sup>3</sup> /s	V 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	Q m <sup>3</sup> /s	V 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	Q m <sup>3</sup> /s	V 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	Q m <sup>3</sup> /s	V 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	Q m <sup>3</sup> /s	V 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>	Q m <sup>3</sup> /s	V 10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup>
SOUKOUTALI ou MANANTALI	367	11,9	472	14,9	589	18,6	694	21,9	275	8,7	221	7	190	6
OUALIA (Bakoye)	167	5,3	247	7,8	380	12	520	16,4	85	2,7	53	1,7	41	1,3
GORBASSI (Falémé)	165	5,2	234	7,4	326	10,3	415	13,1	114	3,6	76	2,4	60	1,9
CALOUGO	616	19,4	881	27,8	1 243	39,2	1 604	50,6	381	12	269	8,5	209	6,6
BAKEL	771	24,3	1 144	36,1	1 709	53,9	2 260	71,3	440	13,9	298	9,4	221	7

Tableau 16

DEBITS ET NIVEAUX DU FLEUVE PENDANT LES CRUES  
AVANT ET APRES AMENAGEMENT

	Millennale		Centennale avant aménagement					Après aménagement				
	$Q_c$	Niv <sub>c</sub>	$Q_c$	Niv <sub>c</sub>	$Q_o$	Niv <sub>o</sub>	$\Delta Q$	$\Delta h$	$Q_o$	Niv	$\Delta h$	
	$m^3/s$	m	$m^3/s$	m	$m^3/s$	m	$m^3/s$	m	$m^3/s$	m	cm	
BAKEL	13 000	26,60	10 100	25,15		24,61	+ 52			25,15	0	24,61
MATAM		17,70		16,85		16,82	+ 3			17,60	75	17,57
KAEDI		14,50		13,70		13,30	+ 40			14,00	30	13,60
SALDE				12,45		12,24	+ 21			12,90	45	12,69
N'GOUÏ		13,00		12,20		12,01	+ 19			12,90	70	12,71
BOGHE		10,50		9,70		9,48	+ 22			9,90	70	9,68
GUEDE		8,55		7,75		7,22	+ 53			8,20	45	7,67
PODOR		7,85		7,00		6,51	+ 49			7,25	25	6,76
DAGANA		5,50		4,80		4,61	+ 19			5,05	25	4,86
R.-TOLL		4,95		4,30		3,99	+ 31			4,50	20	4,19
ROSSO		4,60		4,08		3,77	+ 31			4,25	17	3,94
DIANA	6 000	2,40	5 000	1,90		1,90				1,90	0	1,96
ST.-LOUIS		6 200		1,75		1,45				1,45	0	1,45

1964

1966

	$Q_c$	Niv <sub>c</sub>	$Q_o$	Niv <sub>o</sub>	$\Delta Q$	$\Delta h$	$Q_c$	Niv <sub>c</sub>	$Q_o$	Niv <sub>o</sub>	$\Delta Q$	$\Delta h$
BAKEL	6 500	23,66	6 600	23,72		- 6						
MATAM	5 616		5 620		- 4	- 4		15,50		15,59		- 9
KAEDI	2 743		2 650		+ 93	+ 3		12,41		12,38		+ 3
SALDE	1 452		1 430		+ 22	0		10,95		10,99		- 4
N'GOUÏ	2 774		2 730		+ 44	- 7		10,79		10,83		- 4
BOGHE	1 728		1 855		+127	-12		8,41		8,55		-14
GUEDE	919		1 000		- 81	- 5		6,50		6,62		-12
PODOR	1 761		1 810		- 51	-10		5,52		5,64		-12
DAGANA	3 213		3 190		+ 23	(+12)		3,71		3,60		+11
ROSSO	3 535		(3450)		+ 85	(+ 7)		2,94		2,94		+ 3

1969

1968

	$Q_c$	Niv <sub>c</sub>	$Q_o$	Niv <sub>o</sub>	$\Delta Q$	$\Delta h$	$Q_c$	Niv <sub>c</sub>	$Q_o$	Niv <sub>o</sub>	$\Delta Q$	$\Delta h$
BAKEL		21,52		21,27		+ 25		20,13		20,12		+ 1
MATAM		14,80		14,81		- 1		13,71		13,81		- 10
KAEDI		11,88		11,95		- 77		10,82		10,85		- 3
SALDE		10,33		10,59		- 26		9,11		9,18		- 7
N'GOUÏ		10,24		10,23		+ 1		9,13		9,12		+ 1
BOGHE		7,90		8,00		- 10		6,86		7,01		- 15
GUEDE		-		-		-		-		-		-
PODOR		5,07		5,14		- 7		4,02		3,94		+ 8
DAGANA		3,34		3,20		+ 14		2,36		2,36		0
ROSSO		(2,66)		(2,61)		+ 15		1,83		1,92		- 9

 $Q_c$  = débit calculéNiv<sub>c</sub> = niveau calculé $Q_o$  = niveau calculé

() = valeur approximative

 $\Delta Q$  =  $Q_c - Q_o$  $\Delta h$  = Niv<sub>c</sub> - Niv<sub>o</sub>Niv<sub>o</sub> = Niveau observé

Tableau 17

## DEBITS MENSUELS ET ANNUELS A BAKEL

261

Année	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	Module annuel	$10^9 \text{m}^3$ volume annuel
1903	10	120	746	1 937	2 759	1 060	476	202	124	74	40	15	630,25	19,888
1904	10	29	682	2 626	3 187	1 113	583	272	144	86	50	22	733,66	23,152
1905	10	235	919	2 740	2 284	2 381	1 077	375	192	113	64	30	868,33	27,401
1906	15	143	1 121	5 831	4 186	1 607	825	465	250	140	80	40	1 225,25	38,665
1907	10	120	403	905	2 194	1 282	613	340	185	110	62	28	521,00	16,441
1908	10	81	799	2 195	3 691	1 395	500	235	130	75	42	18	764,25	24,117
1909	10	286	949	2 967	4 144	1 296	590	255	140	83	46	20	898,83	28,364
1910	10	120	590	2 134	3 004	1 221	472	215	120	70	38	16	667,50	21,064
1911	10	120	590	1 455	2 439	930	431	220	125	72	28	16	537,16	16,951
1912	10	120	590	1 425	2 348	1 305	436	230	135	78	43	18	561,50	17,719
1913	10	120	333	704	918	680	251	121	64	30	10	4	270,41	8,533
1914	10	120	590	1 323	1 423	1 035	360	200	115	70	40	16	441,83	13,942
1915	10	90	636	1 896	2 442	1 261	350	190	105	62	34	12	590,66	18,639
1916	5	4	726	1 782	3 223	1 664	400	210	120	70	38	16	688,16	21,716
1917	10	20	293	2 130	3 393	1 185	330	185	100	58	32	11	645,58	20,372
1918	10	200	836	3 447	5 216	2 573	645	335	202	122	65	30	1 140,08	35,977
1919	10	140	404	1 704	2 261	1 026	356	210	115	70	38	15	529,08	16,696
1920	10	120	540	2 535	4 252	1 311	596	290	160	95	52	23	832,00	26,255
1921	10	120	396	1 201	2 100	736	270	150	90	50	26	10	429,91	13,566
1922	10	40	402	3 213	6 746	2 778	778	316	158	95	53	23	1 217,66	38,425
1923	10	90	628	1 808	3 764	1 463	741	272	138	80	44	19	754,75	23,817
1924	10	144	1 385	3 973	5 300	2 463	796	384	210	125	70	32	1 241,00	39,162
1925	14	101	397	2 280	3 275	2 506	765	325	185	110	65	30	837,75	26,436
1926	10	140	507	1 607	1 741	973	715	270	130	76	43	18	519,16	16,383
1927	10	120	777	2 800	4 745	2 743	878	380	205	120	70	32	1 073,33	33,871
1928	10	50	351	2 973	4 568	1 679	696	240	130	77	39	15	902,33	28,474
1929	10	300	864	2 948	4 399	1 340	434	217	123	71	38	15	896,58	28,293
1930	10	170	649	2 621	3 412	1 929	605	290	167	97	58	25	836,08	26,384
1931	10	170	940	1 755	2 715	2 119	550	270	155	90	50	22	737,16	23,262
1932	10	130	780	2 780	3 181	1 369	445	227	130	75	43	19	765,75	24,164
1933	10	153	1 087	3 302	3 571	1 066	386	200	115	68	35	12	833,75	26,310
1934	10	20	270	2 339	3 496	1 315	440	220	130	75	43	19	698,08	22,029
1935	10	120	896	4 269	4 971	2 487	630	265	152	88	50	20	1 163,16	36,706
1936	10	85	599	4 593	5 825	2 261	707	334	172	105	62	25	1 231,50	38,862
1937	10	120	397	1 748	3 108	1 339	504	230	130	75	41	17	643,25	20,299
1938	10	120	479	1 826	3 995	1 870	800	270	150	88	48	21	806,41	25,448
1939	2	28	362	1 935	2 089	1 377	435	220	125	72	40	16	558,44	17,622
1940	10	50	210	1 316	1 343	1 254	529	200	120	68	38	15	429,41	13,551
1941	10	120	339	1 158	2 115	740	247	130	75	44	19	7	416,95	13,157
1942	10	120	385	1 896	1 715	539	266	140	80	45	25	8	435,75	13,750
1943	10	120	366	1 867	2 951	1 801	443	195	110	65	35	14	664,75	20,977
1944	10	120	225	814	1 444	663	339	160	95	55	28	10	330,25	10,421
1945	10	120	396	3 260	4 738	1 909	464	195	110	65	35	14	943,00	29,758
1946	10	120	362	2 505	3 024	1 819	580	238	130	75	41	17	743,41	23,459
1947	10	120	343	1 860	3 363	1 509	397	180	105	60	32	12	665,91	21,014
1948	5	31	591	1 836	2 656	961	398	168	105	60	32	12	571,25	18,026
1949	5	9	325	2 052	1 912	809	216	123	73	42	20	10	466,33	14,716
1950	5	3	545	2 914	5 891	3 071	778	304	153	86	43	13	1 150,50	36,306
1951	4	57	387	1 418	2 331	3 581	1 455	423	214	125	64	27	840,50	26,523
1952	5	22	524	1 395	2 421	3 126	597	246	134	71	37	17	716,25	22,602
1953	3	101	788	1 547	2 926	1 236	464	219	140	81	41	13	629,91	19,878
1954	12	253	963	3 987	4 419	1 655	681	396	197	116	68	42	1 065,75	33,631
1955	32	207	612	3 563	4 004	2 615	770	347	203	119	69	34	1 047,91	33,069
1956	13	40	495	2 210	5 237	2 159	634	285	163	99	60	24	951,58	30,029
1957	8	215												

Tableau 18

## DEBITS MENSUELS ET ANNUELS A KAYES

263

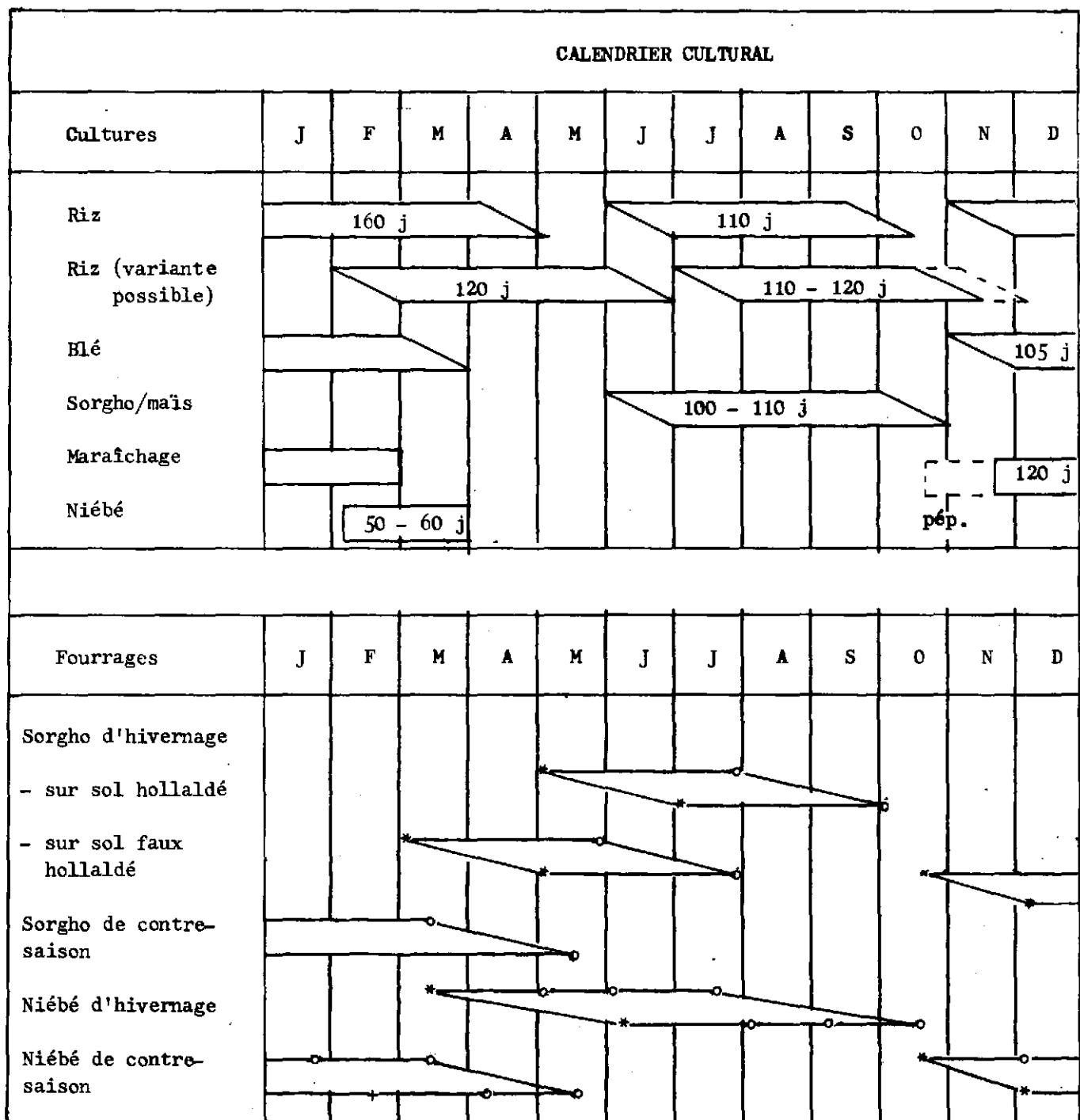
Année	Jan	Feb	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Module annuel	$10^9 \text{m}^3$ volume annuel
1903	9	108	526	1 794	2 318	810	280	160	90	48	16	5	513,67	16,210
1904	10	54	562	2 261	2 243	862	405	170	105	58	24	8	563,49	17,782
1905	15	210	862	2 448	1 980	1 776	725	280	155	92	44	17	717,00	22,626
1906	9	108	1 050	3 783	3 279	1 196	520	230	130	75	35	13	869,00	27,423
1907	9	108	296	813	1 823	968	433	200	112	64	28	9	405,25	12,788
1908	9	120	823	2 352	3 156	1 214	473	250	140	80	38	14	722,42	22,797
1909	15	377	921	3 024	3 279	1 114	703	290	165	96	47	18	837,41	26,426
1910	9	108	503	1 951	2 692	1 023	410	190	106	60	26	9	590,59	18,637
1911	9	108	425	1 418	2 041	756	342	170	96	54	22	7	454,00	14,327
1912	7	60	491	1 326	2 057	978	298	140	78	42	16	4	458,08	14,455
1913	7	90	214	532	747	472	215	115	65	35	13	3	209,00	6,595
1914	10	124	539	1 283	1 404	914	237	130	75	40	15	4	397,91	12,556
1915	9	108	597	1 931	2 049	1 008	382	220	125	70	32	12	545,25	17,206
1916	9	108	811	1 883	2 723	1 238	383	215	120	68	31	11	633,34	19,986
1917	9	108	243	1 903	2 626	870	295	180	102	56	24	8	535,34	16,893
1918	9	190	730	2 580	3 180	1 723	540	300	170	100	48	19	799,09	25,216
1919	10	140	362	1 469	1 819	750	313	192	105	61	28	10	438,07	13,824
1920	9	108	376	2 041	3 128	998	310	180	102	56	24	8	611,67	19,302
1921	9	108	295	1 189	1 908	646	270	155	85	48	19	6	394,84	12,460
1922	9	108	490	2 724	4 525	2 100	612	237	136	78	37	14	922,50	29,111
1923	9	108	450	1 635	2 960	1 055	625	300	170	100	48	20	623,34	19,670
1924	10	143	1 394	3 301	3 876	1 767	626	292	163	95	41	19	977,60	30,850
1925	9	108	555	2 063	2 812	2 204	638	270	155	90	43	16	746,92	23,570
1926	9	108	555	1 505	1 536	800	420	210	120	70	30	10	447,75	14,129
1927	9	108	578	2 371	3 440	2 130	761	310	175	105	50	20	838,09	26,447
1928	9	108	341	2 534	3 439	1 442	660	275	155	90	44	17	759,50	23,967
1929	9	305	660	2 383	3 294	1 147	481	235	130	75	35	13	730,59	23,055
1930	9	135	491	2 005	2 477	1 432	478	215	122	68	32	11	622,92	19,657
1931	9	140	707	1 465	2 400	1 641	414	225	127	72	34	12	603,84	19,055
1932	9	145	992	2 792	2 840	1 147	485	245	138	80	37	14	743,67	23,468
1933	9	250	1 258	2 873	2 652	884	342	200	112	64	28	9	723,42	22,829
1934	9	108	249	2 103	2 559	1 104	388	190	110	60	31	8	576,59	18,195
1935	9	109	889	3 730	3 610	1 883	491	230	130	75	34	13	933,59	29,461
1936	9	108	499	3 803	4 204	1 727	528	260	148	86	40	15	952,25	30,050
1937	9	108	308	1 573	2 327	969	365	180	100	56	24	8	502,25	15,849
1938	9	108	437	1 801	3 199	1 329	579	230	130	75	34	13	662,00	20,890
1939	9	108	281	1 711	1 544	1 004	320	160	70	50	20	6	441,09	13,919
1940	9	108	195	997	1 096	931	375	190	105	60	26	8	341,67	10,782
1941	9	108	304	907	1 651	535	220	125	70	38	14	4	332,04	10,478
1942	9	109	370	1 672	1 269	447	260	150	84	46	18	5	369,92	11,673
1943	9	108	281	1 705	2 269	1 358	315	175	98	55	23	7	533,59	16,838
1944	9	137	220	768	1 283	484	260	140	78	43	21	5	287,29	9,066
1945	9	108	300	2 545	3 473	1 439	460	255	145	85	39	15	739,42	23,334
1946	9	109	415	2 251	2 397	1 439	456	210	118	67	30	10	625,92	19,752
1947	99	108	255	1 362	2 157	779	300	170	95	53	22	7	443,09	13,982
1948	9	109	544	1 656	2 264	864	400	220	124	70	32	11	525,25	16,575
1949	4	20	331	2 027	1 487	621	285	165	93	52	21	7	426,08	13,445
1950	3	19	466	2 224	3 856	2 492	642	242	125	62	30	11	847,58	26,747
1951	7	69	356	1 368	1 999	2 625	1 147	346	190	119	53	23	692,02	21,838
1952	8	32	437	1 259	2 180	2 006	431	199	112	62	28	13	566,83	17,887
1953	4	133	852	1 467	2 412	1 047	402	201	133	76	38	13	564,79	17,823
1954	22	229	972	3 600	3 204	1 366	575	341	177	104	57	39	890,48	28,100
1955	44	199	625	2 899	3 214	1 916	655	306	176	109	56	23	851,83	26,882
1956	11	51	451	2 191	3 495	1 750	503	234	136	77	39	14	745,97	23,540
1957	5	199	523	2 562	3 295	2 451	752	295	168	98	48	19	867,95	27,390
1958														

Tableau 19

## CULTURES RETENUES PAR TYPES DE SOL POUR CHAQUE CLASSE D'APTITUDE CULTURALE

Type de sol	Hollaldé	Faux hollaldé	Fondé	
Teneur en argile (%)	sup. à 55	40 à 55	30 à 40	
			30 à 55	
			inf. à 30	
Alcalinité	-	-	-	
			alcalin	
Pente (%)	inf. à 1	inf. à 1	inf. à 1	
			inf. à 1	
			inf. à 5	
Classe d'aptitude culturelle	1 R	2 R	2 F	
			6 Ra	
			1,2 M, 2 G	
Potentialités retenues	Riz, fourrages à base de graminées	Riz, fourrages à base de graminées	Riz, blé, céréales secondaires (maïs sorgho) niébé, fourrages à base de graminées, maraîchage éventuel	Riz, fourrages secondaires, niébé, maraîchage, fourrage à base de légumineuses.

Tableau 20

CALENDRIER CULTURAL UTILISE POUR LES AMENAGEMENTS  
DES CASIERS PILOTES ET DES PERIMETRES

\* semis

○ récolte

Tableau 21

## ELEMENTS DE BASE POUR LA DETERMINATION DES BESOINS EN EAU

BESOINS MENSUELS PENNMAN (hors K) en mm														
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	
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	
VALEUR DU COEFFICIENT K SELON LE STADE DU CYCLE VEGETATIF														
Nombre de jours après semis	0		30	45	60	—		90			120		150	
Riz									1					
Fourrage ou maraîchage		0,4							0,8					
Blé		0,7						1,2		1				
Maïs		0,6		0,8				1,2		1				
Sorgho		0,7		1				0,7						
Coton		0,6						1,2				0,8		

Tableau 22

BESOINS EN EAU MENSUELS BRUTS A LA PARCELLE  
POUR LES CULTURES FOURRAGERES EN  $m^3/ha$  (PLUVIOMETRIE EXCLUE)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total $m^3/ha$
ETP ( $K = 0,8$ )	1200	1280	1840	2000	2080	1920	1700	1300	1280	1520	1280	1120	
Sorgho sur faux hollaldé (52 F)													
Cycle végétatif (120 j)													
ETP ( $K = 0,4$ à 0,8)													5940
Besoins à la plante			460	1500	2080	1680	220						
Besoins à la parcelle			710	2300	3200	2600	340						9150
Sur hollaldé (1R) et faux hollaldé (2R - 6Ra)													
Cycle végétatif (120 j)													
ETP ( $K = 0,4$ à 0,8)													
Besoins à la plante			620	1440	1760	1190	160						5070
Besoins à la parcelle			800	2210	2700	1830	200						7800

Tableau 22 (suite)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total m <sup>3</sup> /ha
ETP (K = 0,8)	1200	1280	1840	2000	2080	1920	1700	1300	1280	1520	1280	1120	
Sorgho de contre-saison													
Cycle végétatif (150 j)													
ETP (K = 0,4 à 0,8)													
Besoins à la plante	1160	1280	1380	500							50	360	805
Besoins à la parcelle	1780	1970	2120	765							80	555	1230
Niébé de saison													
Cycle végétatif (120 j)													
ETP (K = 0,4 à 0,8)													
Besoins à la plante			20	375	1040	1560	1430	680	215				5340
Besoins à la parcelle			60	570	1600	2400	2200	1040	330				8200
Niébé de contre-saison													
Cycle végétatif (150 j)													
ETP (K = 0,4 à 0,8)													
Besoins à la plante	1160	1280	1380	500							50	360	805
Besoins à la parcelle	1780	1970	2120	765							80	555	1230

Source: SOGREAH - Schéma de principe détaillé. Casier pilote de Boghé . Annexe V.

Tableau 23

BESOINS EN EAU MENSUELS BRUTS A LA PARCELLE  
POUR LES CULTURES AUTRES QUE LE RIZ EN  $m^3/ha$  (PLUVIOMETRIE EXCLUE)

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total $m^3/ha$
ETP (K = 1)	1500	1600	2300	2500	2600	2400	2200	1700	1600	1900	1600	1400	
<b>Blé</b>													
Cycle végétatif (105 j)													
ETP (K = 0,7 à 1,2)													
Besoins à la plante	1706	1405	13								560	1066	4750
Besoins à la parcelle	2620	2160	20								860	1640	7300
<b>Sorgho grain</b>													
Cycle végétatif (110 j)													
ETP (K = 0,7 à 1)													
Besoins à la plante								840	1870	1445	870	75	
Besoins à la parcelle								1295	2880	2220	1340	115	
<b>Mais grain</b>													
Cycle végétatif (110 j)													
ETP (K = 0,6 à 1,2)													
Besoins à la plante								720	1540	1700	1445	105	
Besoins à la parcelle								1110	2360	2615	2160	106	
<b>Niébé grain</b>													
ETP (K = 0,4 à 0,8)			400	1400									1800
Besoins à la parcelle			620	2150									2770
<b>Legumes</b>													
ETP (K = 0,8)	1200	1280	1840	2000	2080	1920	1760	1360	1280	1520	1280	1120	
Besoins à la parcelle	1850	1970	2830	3080	3200	2950	2710	2090	1970	2340	1970	1720	

Source: SOGREAH. Schéma de principe détaillé, Cahier pilote de Boghé. Annexe V.

Tableau 24

BESOINS EN EAU MENSUELS BRUTS A LA PARCELLE POUR RIZ SUR SOLS TRES IMPERMEABLES  
EN m<sup>3</sup>/ha (SEMIS ETALÉS SUR UN MOIS, PLUVIOMÉTRIE EXCLUE)

Mois	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	Total	Hiver-	Contre-
														sage	saison
ETP (K = 1)	2400	2200	1700	1600	1900	1600	1400	1500	1800	2300	2500	2600			
Cycle végétatif															
1. Riz d'hivernage (110 j)															
2. Riz de contre- saison (160 j)															
ETP															
1. Riz d'hivernage (85 j)	530	2080	1700	960									5270		
2. Riz de contre- saison (135 j)							355	1320	1500	1600	2270	860		7905	
Imbibition (2 j)															
1. Riz d'hivernage	1100							1000					1000		1000
2. Riz de contre- saison															
1 <sup>er</sup> Remplissage (20 j)															
1. Riz d'hivernage	665	1335											2000		
2. Riz de contre- saison							665	1335						2000	
2 <sup>e</sup> Remplissage (20 j)															
1. Riz d'hivernage	625	875											1500		1500
2. Riz de contre- saison							625	875						1500	
Pertes par drainage 0,20 l/s/ha															
1. Riz d'hivernage	115	510	535	310	5								1475		
2. Riz de contre- saison							115	510	535	485	530	180		2355	
Renouvellement 0,15 l/s/ha															
1. Riz d'hivernage	200	405	235										840		
2. Riz de contre- saison							200	405	365	400	140			1510	
Préirrigation PM										(335)	(665)				(1000)
Besoins en eau à la parcelle															
1. Riz d'hivernage	2310	4750	3515	1505	5								12085		

Tableau 25

BESOINS EN EAU BRUTS A LA PARCELLE POUR SEMIS ETALES SUR UN OU DEUX MOIS, EN  $m^3/ha$ 

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Riz H h						2310	4750	3515	1505	5			12 085
Riz H cs 160 j	3315	2450	3200	1180							2135	3990	16 270
Riz FH h						2705	5270	3780	1665	5			13 425
Riz FH cs	3850	2695	3470	1265							2530	4510	18 050
Blé	2620	2160	20								860	1640	7 300
Sorgho grain h						1295	2880	2220	1340	115			7 850
Mais grain h						1110	2360	2615	2160	160			8 405
Niébé grain cs		620	2150										2 770
Légumes F	1850	1970	2830	3080	3200	2950	2710	2090	1970	2340	1970	1720	(9 700)
Sorgho FH h						800	2210	2700	1830	260			7 800
Sorgho FH cs			710	2300	3200	2600	340						9 150
Sorgho cs	1780	1970	2120	765						80	555	1230	8 500
Niébé h			60	570	1600	2400	2200	1040	330				8 200
Niébé cs	1780	1970	2120	765						80	555	1230	8 500

h = Hivernage

F = Fondé

cs = Contre-saison

H = Hollaldé

Tableau 26

BESOINS EN EAU NETS A LA PARCELLE DES ASSOLEMENTS  
PLUIE DEDUITE -  $m^3/ha$ 

Mois	Nianga			Matam			Boghé			Option aspersion
	RF	P	RF	RC	P	RF	RC	P	Pm	
Janvier	3 165	1 945	3 005	2 113	2 113	3 005	3 220	2 113	2 113	1 310
Février	2 405	1 914	2 355	1 952	1 952	2 355	2 550	1 952	1 952	960
Mars	3 090	1 405	2 985	1 108	973	2 085	3 200	1 108	973	670
Avril	1 138	532	1 100	612	266	1 100	1 165	612	266	
Mai	80	640	160	640	320	160	160	640	320	
Juin	2 222	1 621	2 050	2 163	1 257	2 205	2 520	2 305	1 372	
Juillet	4 208	2 192	3 720	3 211	2 026	4 005	4 420	3 464	2 266	725
Août	2 705	1 358	2 215	1 992	1 374	2 570	2 785	2 270	1 654	650
Septembre	986	926	725	891	1 041	935	1 055	1 074	1 214	1 275
Octobre	8	115	15	43	124	15	20	43	126	1 290
Novembre	1 982	668	1 820	728	728	1 820	2 135	728	728	1 175
Total	25 703	14 634	23 585	16 853	13 574	23 690	27 085	17 709	14 384	9 230
débit de pointe l/s/ha	2,66	1,84	2,66	2,66	1,50	2,66	3	2,66	1,90	2 1/s/ha
par quartier	2 x 15 ha	15 ha	2 x 15 ha	3 x 15 ha	15 ha	2 x 15 ha	2 x 15 ha	3 x 15 ha	15 ha	15 ha
Main d'eau l/s	2 x 20	30	2 x 20	3 x 25	30	2 x 20	2 x 25	3 x 25	30	30
Appoint l/s	+ 20		+ 20	+ 30		+ 20	+ 20	+ 30		
Par quartier l/s	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Quantité annuelle pompée (besoin net parcellle x 115)										
		Nianga		Matam			Boghé			
Total $m^3$		24 457 000		17 286 000			24 002 000			
$m^3/ha$		25 798		23 171			24 592			
Fictif continu/ha		0,81 l/s/ha		0,73 l/s/ha			0,76 l/s/ha			

Tableau 29

ESTIMATIONS PROVISOIRES DES BESOINS EN EAU MOYENS DES CULTURES DE RIZ  
(SEMIS DIRECT)

Les informations contenues dans ce tableau sont données à titre indicatif; il importe de tenir compte des autres contraintes météorologiques imposées aux cultures de contre-saison. Il est également important de noter que les chiffres représentent des besoins nets en eau et ne tiennent pas compte des pertes dans les systèmes d'irrigation.

#### A - Besoins en eau en mm par mois

Culture d'hivernage (semis mi-juin)		Culture de contre-saison froide (semis première quinzaine de novembre)	
Juin	220 ± 50	Novembre	200 ± 50
Juillet	390 ± 80	Décembre	200 ± 60
Août	360 ± 40	Janvier	230 ± 40
Septembre	140 ± 40	Février	310 ± 60
<u>Total</u>	<u>1 110 ± 150</u>	Mars	400 ± 40 2/
		Avril	380 ± 100 3/
		Mai	190 ± 40 3/
		<u>Total</u>	<u>1 720 ± 200</u>

B - Rapport (R) entre l'évapotranspiration et l'évaporation du bac classe A

Contre-saison		Hivernage	
Semaines		Semaines	
après le	R	après le	R
semis		semis	
1-6	0,8	1,2	0,6
Pendant le		3	0,8
reste de la		4	1,0
saison	1,0	5-13	1,2 à 1,4 4/
Les dernières		14-16	1,0 à 0
deux semaines	0,5 5/		

- 1/ Source: Rijks, D.A. Agrométéorologie. AGP:SF/REG 114 - Rapport technique 2. FAO, Rome 1976.
  - 2/ Très sensible à la vitesse du vent nocturne.
  - 3/ Selon le régime thermique subi par la culture durant les mois précédents (se référer également au texte).
  - 4/ Selon la fréquence des jours de pluie.
  - 5/ La longueur de la saison dépend de la durée de la période froide, variable selon la situation en amont ou en aval et d'une année à l'autre.

Tableau 30

ESTIMATIONS PROVISOIRES DES BESOINS EN EAU MOYENS DES CULTURES D'HIVERNAGE  
(SEMIS DE LA PREMIERE QUINZAINE DE JUIN) 1/

Les informations contenues dans ce tableau sont données à titre indicatif; il importe de tenir compte des autres contraintes météorologiques imposées aux cultures de contre-saison. Il est également important de noter que les chiffres représentent des besoins nets en eau et ne tiennent pas compte des pertes dans les systèmes d'irrigation.

A - <u>Besoin en eau en mm par mois</u>					
	<u>Mais</u>	<u>Coton</u>	<u>Niébé</u>		
Juin	140	110	120		
Juillet	260	210	240		
Août	200	230	220		
Septembre	40	150	160		
<b>Total</b>	<b>640 ± 60</b>	<b>700 ± 70</b>	<b>740 ± 100</b>		

B - <u>Rapport (R) entre l'évapotranspiration et l'évaporation du bac classe A</u>					
	<u>Mais</u>	<u>Coton</u>	<u>Niébé</u>		
Semaines après le semis	R	Semaines après le semis	R	Semaines après le semis	R
1-3	0,4	1-4	0,3	1-4	0,3 à 0,8
4-12	0,9	5-6	0,6	5-12	0,8
13-14	0,5	7-15	0,8	13-14	0,6
-	-	16-18	0,4	15-18	0,5

1/ Source: Rijks, D.A. Agrométéorologie. AGP:SF/REG 114 - Rapport technique 2. FAO, Rome, 1976.

Tableau 31

SURFACES FORESTIERES DANS LA VALLEE DU SENEGAL DE BAKEL A ROSSO  
ET DANS LES UNITES NATURELLES D'EQUIPEMENT (UNE)

	Forêts classées (1)		Peuplements non classés (2)		Ensemble (1 + 2)	
	Total	Compris dans UNE	Total	Compris dans UNE	Total	Compris dans UNE
..... ha .....						
<b>Rive droite:</b>						
Rosso	7 173	2 700	400	150	7 573	2 850
Boghé	8 579	3 630	2 200	1 020	10 779	4 650
Kaédi	4 452	420	2 080	900	6 532	1 320
Sélibaby	-	-	600	-	600	-
<b>Total R.D.</b>	<b>20 204</b>	<b>6 750</b>	<b>5 280</b>	<b>2 070</b>	<b>25 484</b>	<b>8 820</b>
<b>Rive gauche:</b>						
Dagana	1 360	80	50	40	1 410	120
Podor	17 252	5 811	5 080	2 750	22 332	8 561
Matam	5 870	4 260	3 550	1 300	9 420	5 560
Bakel	-	-	450	-	450	-
<b>Total R.G.</b>	<b>24 482</b>	<b>10 151</b>	<b>9 130</b>	<b>4 090</b>	<b>33 612</b>	<b>14 241</b>
<b>Ensemble vallée</b>	<b>44 686</b>	<b>16 901</b>	<b>14 410</b>	<b>6 160</b>	<b>59 096</b>	<b>23 061</b>

Tableau 32

PERSPECTIVES DE LA POLITIQUE FORESTIERE

<u>Couverture des besoins</u>	<u>Besoins horizon 2015 : 1 800 000 st</u>					
	Bas rendement			Haut rendement		
	Surface (ha)	Rendement (st/ha)	Production (st)	Surface (ha)	Rendement st/ha	Production (st)
<u>Peuplements naturels</u>						
Gonakiés rénovés	40 000	8	320 000	40 000	10	400 000
Dieri			400 000			700 000
<u>Peuplements artificiels</u>						
10 % de 500 000 ha endigués ( <u>Prosopis</u> , <u>Eucalyptus</u> )	50 000	7	350 000	50 000	10	500 000
Brise-vent (1%)	5 000	15	75 000	5 000	20	100 000
500 000 ha						
Hors périmètres ( <u>Eucalyptus</u> )	93 000	7	65 100	12 500	8	100 000
			1 210 100			1 800 000

Tableau 33

## COUT DE L'INFRASTRUCTURE HYDRAULIQUE ET DE L'EQUIPEMENT

	Coût/ha TTC 10 <sup>3</sup> FCFA									
	Nianga			Matam			Boghé			Saldé-Wala
	PP	Pér.	T	PP	Pér.	T	PP	Pér.	T	T
Digues	585	10	63	274	123	137	191		49	216
Stations de pompage	158	92	98	232	101	113	153	83	100	90
Réseaux	224	317	308	295	235	240	242	208	218	212
Parcelles	258	182	190	248	189	195	201	134	154	174
Pistes	27	11	12	23	11	12	34	19	20	22
Total	1 252	612	671	1 072	659	697	811	447	541	714
Bâtiments VRD	203	11	29	237	11	33	167	11	51	42
Matériel agricole	100	109	108	111	98	99	75	93	88	100
Equipements divers	57	23	26	78	23	28	53	24	30	28
Total partiel	360	143	163	426	132	160	295	126	169	170
Total	1 612	755	834	1 498	791	857	1 106	573	710	884
Coût/ha HT 10 <sup>3</sup> FCFA										
	Nianga			Matam			Boghé			Saldé-Wala
	PP	Pér.	T	PP	Pér.	T	PP	Pér.	T	T
	395	6	42	174	78	87	123		31	137
Stations de pompage	113	69	72	169	74	83	113	61	74	67
Réseaux	153	215	208	200	158	162	165	141	147	142
Parcelles	164	116	120	158	120	124	133	89	100	111
Pistes	17	7	7	14	7	8	15	12	14	14
Total	842	413	449	715	437	464	549	303	366	471
Bâtiments VRD	146	8	21	172	8	23	121	8	36	31
Matériel agricole	80	85	85	86	76	77	66	80	77	78
Equipements divers	45	16	18	45	16	20	43	15	22	21
Total partiel	271	109	124	303	100	120	230	103	135	130
Total	1 113	522	573	1 018	537	584	779	406	501	601

Tableau 34

**CASIERS-PILOTES DE NIANGA ET MATAM**  
**ELEMENTS DU COMPTE D'EXPLOITATION A L'HECTARE CULTIVE (FCFA)**

		Riz		Blé		Maïs-grain		Sorgho-grain		Niébé		Sorgho	Niébé	Pommes
		1ère campagne	2ème campagne	Faux hollal-dé	Fondé	Faux hollal-dé	Fondé	Faux hollal-dé	Fondé	grain	fourrager	fourrager	terre	
PRODUIT AGRICOLE BRUT	Récolte principale	87 500	87 500	87 500	87 500	87 500	87 500	87 500	87 500	60 000	48 000	37 500	300 000	
	Sous-produit (paille)	7 500	7 500	7 000	7 000	-	-	10 000	10 000	8 750	-	-	-	
	PAB total	95 000	95 000	94 500	94 500	87 500	87 500	97 500	97 500	68 750	48 000	37 500	300 000	
CHARGES CULTURELLES (y compris amortissement du matériel)	Semences	3 000	3 000	3 850	3 850	1 500	1 500	360	360	1 200	500	2 400	60 000	
	Engrais	5 005	5 005	4 745	4 745	4 745	4 745	4 745	4 745	-	6 955	3 250	16 000	
	Produits antiparasitaires	7 000	7 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30 000	
	Total approvisionnements	15 005	15 005	8 595	8 595	6 245	6 245	5 105	5 105	1 200	7 455	5 650	106 000	
	Culture mécanique	23 765	19 335	23 765	22 240	13 880	12 345	13 880	12 345	3 550	10 180 <sup>1</sup>	5 530 <sup>1</sup>	12 310	
	Culture attelée	3 300	3 300	3 300	3 300	4 950	4 950	7 425	7 425	4 125	825	825	8 250	
	Pulvérisateur à dos	270	270	-	-	-	-	-	-	-	-	-	540	
	Total charges culturelles	42 340	37 910	35 660	34 135	25 075	23 540	26 410	24 875	8 875	18 430	12 005	127 100	
VALEUR AJOUTEE BRUTE après déduction des charges culturelles		52 660	57 090	58 840	60 365	62 425	63 960	71 090	72 625	59 875	29 570	25 495	172 900	

<sup>1/</sup> Pour le sorgho fourrager et le niébé fourrager, les frais de récolte et de transport des récoltes ne sont pas pris en compte, ces opérations devant être effectuées avec les moyens de la ferme d'embouche.

Tableau 35

## PRODUITS AGRICOLES-PRODUCTION PAR HECTARE ET PAR SEMESTRE ET PRIX PAR KILOGRAMME

	SOGREAH		Projet RAF/61		Etude de synthèse Beynard			
	Rendement	Prix/kg	Rendement	Prix/kg	Rendement	Rendement	Prix/kg	
	t/ha	t/ha	t/ha	t/ha	1973	2011		
Paddy	CH	3,5	18,00	3,5	19,35	4,5	6,0	27,50
Sorgho	H	3,5	21,50	3,5	21,50	3,5	5,0	27,50
Mais	H	3,5	21,75	3,5	25,15	3,5	5,0	27,50
Blé	C	3,5	21,85	3,5	23,80	3,5	5,0	41,00
Niébé	C	1,5	40,00	-		1,5	2,5	40,00
Fourrage sorgho	H	80	0,75		180	200	0,45	
Fourrage mais	H	-	-		0,80	180	200	0,45
Fourrage niébé	C	50	1,20					
Agrumes (an)		-	-		12,40	30	30	20,00
Légumes	C	15	12,5		12,40	15	20	20,00
Paille riz	CH	3	2,00			5	5	2,00
Paille blé	C	2,8	2,00			5	5	1,75
Paille mais	H				2,00	3	3	1,25
Paille sorgho	H	4	-			4	4	1,25
Paille niébé	C	3,5	2,0			3	3	2,00

H = Hivernage

C = Contre-saison

Tableau 36

## CARACTERISTIQUES DES STATIONS DE POMPAGE DANS LES PERIMETRES ETUDES

Stations	Débit m <sup>3</sup> /s	H. géométri- que de refou- lement (m)	Nombre de groupes	Puissance (ch)	Superficie brute domi- née (ha)	Observations
<u>Périmètre de Matam</u>						
Casier- pilote	3,1	10,50	2	450	930	Station d'irrigation
	1,5	6	2	250	-	Station d'exhaure
A	9	7,20	6	1 500	4 110	Station mixte irrigation et exhaure
B	4,75	1,65	4	250	2 310	Station de reprise d'irrigation
C	1,60	7,80	3	300	1 090	Station d'irrigation
D	3,10	7,20	4	550	1 420	Station mixte, irrigation et exhaure
E	3,00	2,50	4	200	930	Station de reprise d'irrigation
<u>Périmètre de Saldé Wala</u>						
A	4,6	8,30	4	900	2 790	Station mixte
B	2,5	7,50	4	450	1 410	Station mixte
<u>Périmètre et casier-pilote de Boghé</u>						
Casier- pilote	2,5	6,50	3	450	1 240	Station mixte
A	15	7,20	6	2 500	8 990	Station mixte
C	2,1	6,30	3	320	1 239	Station d'irrigation
G	2,8	5,50	4	400	1 637	Station d'irrigation
N'Diayène	10	5,30	6	1 400	-	Station d'exhaure
<u>Périmètre et casier-pilote de Nianga</u>						
A	2,8	4,15	4	240 x 3	914	Station mixte
B	2,8	5,60	4	400 x 3	2 115	Station d'irrigation
C	1	5,20	2	150 x 3	494	Station mixte
	0,77	1,90	1			
<u>Aménagement de Dagana</u>						
A	2,8	4,15	4	240 x 3	914	Station mixte
B	2,8	5,60	4	400 x 3	914	Station mixte
C	1	5,20	2	150 x 3	494	Station mixte
	0,77	1,90	1			

Tableau 37

## COUT D'INVESTISSEMENT HORS TAXE DES AMENAGEMENTS

En millions de FCFA					
		Casier Pilote	Périmètre	CP + P	1 000 FCFA/ha
<u>Matam</u>	Endiguements	T	165,5	718,0	883,5
CP = 750 ha	Réseau d'irrigation	T	103,0	642,0	745,0
P = 7 250 ha		G	71,5	402,5	474,0
8 000 ha		A	10,5	56,5	67,0
	Réseau assainissement	T	21,5	291,0	312,5
		G	-	60,5	60,5
	Pistes principales	T	13,5	65,0	78,5
	Stations de pompage	G	48,0	338,0	386,0
		A	95,0	353,0	448,0
	Défrichement	T	26,0	232,5	258,5
	Aménagement parcelle 1/	T	104,5	872,0	976,5
		G	22,0	0	22,0
			681,0 2/	4 031,0 2/	4 712,0
					589
<u>Saldé Wala</u>	Endiguements	T	-	610,0	174
P = 3 500 ha	Réseau d'irrigation	T	-	348,0	
		G	-	189,0	162
		A	-	31,0	
	Réseau d'assainissement	T	-	54,0	
		G	-	11,0	19
	Pistes principales	T	-	63,0	18
	Stations de pompage	G	-	134,0	
		A	-	162,0	85
	Défrichement	T	-	82,5	
	Aménagement parcelle 1/	T	-	410,5	
		G	-	-	141
			-	2 095,0 2/	599
<u>Boghé</u>	Endiguements	T	158,0	-	158,0
CP = 975 ha	Réseau d'irrigation	T	89,5	277,0	366,5
P = 3 180 ha		G	97,5	151,0	248,5
4 155 ha		A	17,5	28,0	45,5
	Réseau d'assainissement	T	39,5	75,5	115,0
		G	-	38,0	38,0
	Pistes principales	T	21,0	51,5	72,5
	Stations de pompage	G	47,0	117,5	164,5
		A	101,0	130,5	231,5
	Défrichement	T	-	-	-
	Aménagement parcelle 1/	T	127,0	326,0	453,0
		G	28,0	-	28,0
		A	28,0	31,0	59,0
			754,0 2/	1 226,0 2/	1 980,0
					476

Tableau 37 (suite)

En millions de FCFA						
			Casier Pilote	Périmètre	CP + P	1 000 FCFA/ha
<u>Nianga</u>	Endiguements	T	202,0	70,0	272,0	27
CP = 950 ha	Réseau d'irrigation	T	80,5	1 204,0	1 284,5	
P = 9 225 ha		G	71,0	822,0	893,0	930
10 175 ha		A	15,5	143,0	158,5	
	Réseau d'assainissement	T	26,0	316,0	342,0	
		G	-	66,0	66,0	40
	Pistes principales	T	20,5	78,0	98,5	10
	Stations de pompage	G	49,5	371,0	420,5	
		A	39,0	428,0	467,0	87
	Défrichement	T	47,5	240,0	287,5	
	Aménagement parcelle 1/	T	128,5	1 077,0	1 205,5	
		G	25,5	-	25,5	179
				705,5 2/	4 815,0 2/	5 520,5
						543
	<u>Moyenne aménagements</u>					
	ha					
Matam	8 000			4 712,0		
Saldé Wala	3 500			2 095,0		
Boghé	4 155			1 980,0		
Nianga	10 175			5 520,5		
	25 830			14 307,5		
						554

Prix taxes comprises:

Terrassements	(T)	coefficient 1/0,635	= 1,575
Génie civil	(G)	coefficient 1/0,750	= 1,333
Appareillage	(A)	coefficient 1/0,734	= 1,362
Moyenne pondérée		1/0,67	= 1,50

Pourcentage en devises

Terrassements	(T)	0,32/0,750	= 0,504
Génie civil	(G)	0,23/0,750	= 0,307
Appareillage	(A)	0,69/0,734	= 0,940
Moyenne pondérée		0,33/0,67	= 0,500

1/ Le coût des ouvrages, 22 000 FCFA/ha, est inclus dans le coût du réseau d'irrigation

2/ Voir schéma général d'aménagement + étude de préfactibilité périmètres, SOGREAH, tableau calcul taux interne de rentabilité, Mémoire p. 5-3 et 4, p 6-10 11 ou 12 et voir schéma de principe casiers pilotes SOGREAH, Mémoire p. 5-2.

Corriger : a) Schéma périmètre Boghé Mémoire p. 6-12 an 5 col. 1 524 775 = 501,00  
 b) Schéma périmètre Nianga Mémoire p. 6-11 an 1-2 col. 1 319 796 = 352,75  
 c) Schéma casier-pilote Nianga Mémoire p. 5-2 investissements HT =  
 503 615 + 202 000 (endiguements) = 705,5 millions.

Tableau 38

MOYENNE PONDÉREE DE 25 830 ha

	Endiguement		Irrigation		Drainage		Pistes		Station de pompage		Aménagement parcelle		Total
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	
Matam	110	884	161	1 286	47	373	10	79	104	834	157	1 257	589
Saldé Wala	174	610	162	568	19	65	18	63	85	296	141	493	599
Boghé	38	158	159	660	37	153	17	73	95	396	130	540	476
Nianga	27	272	230	2 336	41	408	10	99	89	887	153	1 518	543
%	75	1 924	188	4 850	39	999	12	314	93	2 413	147	3 808	554 (3)
	13		34		7		2		17		27		

(1) Coût par ha en 1 000 FCFA

(2) Coût total en millions FCFA

(3) Coût moyen pondéré infrastructure hydro-agricole.

Casiers pilotes investissement : 681,0 + 754,0 + 705,5 = 2 140,5 millions de FCFA

Superficie nette : 2 675 ha - coût/ha = 800 000 FCFA

Tableau 39

CONSOMMATION ET COUTS ANNUELS HORS TAXE EN ENERGIE  
CASIERS-PILOTES ET PERIMETRES, PAR HECTARE AMENAGE

Casiers-pilotes				Périmètres			CP + P				
Prix/ kWh FCFA	Energ. ha kWh	Coût total 1 000 FCFA	ha	Energ. ha kWh	Coût total 1 000 FCFA	Energ. ha kWh	Coût total 1 000 FCFA	kWh/ ha irrigué	Coût ha irrigué FCFA		
371	750	555	2 060	7 250	4 870	18 140	5 425	20 200	678	2 530	
371	1 030	27	100	10 110	300	1 120	327	1 220			
		582	2 160		5 170	19 260	5 752	21 420	720	2 680	
371	-	-	-	3 500	2 570	9 532	2 570	9 532	734	2 720	
371	-	-	-	4 850	230	865	230	865			
					2 800	10 397	2 800	10 397	800	2 970	
561	975	732	4 103	3 180	1 820	10 190	2 552	14 293	614	3 430	
561	1 120	28	157	3 250	74	410	102	567			
		760	4 260		1 894	10 600	2 654	14 860	638	3 570	
371	950	585	2 170	9 225	5 250	19 502	5 835	21 672	585	2 130	
371	1 100	27	100	10 000	233	865	260	965			
		612	2 270		5 483	20 367	6 095	22 637	610	2 230	
2 675		+	23 155	= 25 830 ha		17 308	69 314		670	2 680	

Prix kWh Sénégal (Matam, Saldé Wala et Nianga)  $15 \times 0,3 \times 1,1 = 4,95$  FCFAPrix kWh Mauritanie (Boghé)  $25 \times 0,3 \times 1,1 = 8,25$  FCFA

Coefficient 1,1 = majoration ingrédients et lubrifiant.

(voir tabl. p. 5-15, 12, 14 périmètres et p. 3-35, 37, tabl. 2, 3 casiers-pilotes)

Prix gas-oil HT Sénégal 11,25 FCFA/l, Mauritanie 17 FCFA/l.

Tableau 40

POPULATION CLASSEE SELON LE GROUPE ETHNIQUE  
ET LA REGION DE DOMICILE (en milliers) 1/

Groupes ethniques	Cap Vert	Casamance	Diourbel	Fleuve	Sénégal oriental	Sine Saloum	Thiès	Sénégal
Ouolofs	204	14	367	86	3	253	176	1 103
Sereres-Niominkas	26	1	73	1	-	316	178	595
Toucouleurs	50	56	4	229	22	47	14	422
Peuls (Foulas-Laobès)	25	22	339	13	56	61	14	230
Diolas-Bainouks	8	203	0	0	-	4	1	216
Autres groupes casamançais	6	93	0	0	-	1	1	101
Bambaras-Mandingues								
Soces-Malinkès	15	117	1	4	34	22	5	188
Sarakollés	6	17	16	2	32	5	2	65
Maures	8	1	1	6	0	8	9	48
Lebous	37	-	0	-	0	3	2	42
Autres groupes africains	12	5	0	1	5	3	3	29
Total africains	397	529	502	342	151	722	406	3 049

Dans ce tableau, il convient de prendre plus en considération les proportions que les effectifs en valeur absolue, étant donné l'évolution numérique de population du Sénégal.

1/ La population du Sénégal. L.Verrière, Juillet 1965.

Tableau 41

## MAURITANIE. EVALUATION DE LA POPULATION EN 1965 - ENQUETE SEDES

289

Régions	Cercles	Ruraux nomades 1/	Ruraux sédentaires	Centres urbains 2/	Ensemble
I	Adrar	53 600	-	11 100	64 700
	Baie du Lévrier	5 200	-	5 600	10 800
	Tiris-Zemmour	9 700	-	6 100	15 800
		68 500		22 800	91 300
II	Inchiri	21 900	-	2 700	24 600
	Trarza	171 200	18 700	21 900	211 800
		193 100	18 700	24 600	236 400
III	Tagant	84 100	-	7 700	91 800
	Brakna	75 500	41 400	7 000	123 900
		159 600	41 400	14 700	215 700
IV	Assaba	83 100	12 100	9 000	104 200
	Gorgol	9 100	39 700	12 800	61 600
	Guidimaka	19 200	41 300	2 900	63 400
		111 400	93 100	24 700	229 200
V	Hodh occidental	81 500	-	5 900	87 400
	Hodh oriental	156 600	5 200	7 100	168 900
		238 100	5 200	13 000	256 300
	Ensemble	770 700	158 400	99 800	1 028 900

1/ Maures uniquement.

2/ Centres urbains moins Nouakchott

Tableau 42

ZONE DU PROJET – POPULATION ACTIVE

Tous secteurs confondus  
(en hommes)

Année	Sénégal			Mali			Mauritanie (noire)			Mauritanie (blanche)		
	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Total	Hommes	Femmes	Total
1970	99 044	94 328	193 372	85 933	86 802	172 735	45 000	41 667	86 667	58 219	53 907	112 126
1975	111 547	106 236	217 783	97 243	98 226	195 469	48 690	45 084	93 774	63 066	58 395	121 461
1980	125 580	119 600	245 180	110 017	111 129	221 146	52 711	48 807	101 518	68 244	63 189	131 433
1985	141 359	134 628	275 987	125 063	126 327	251 390	57 062	52 836	109 898	73 862	68 391	142 253
1990	159 159	151 580	310 739	141 472	142 902	284 374	61 799	57 222	119 021	79 996	74 052	154 028
1995	179 251	170 716	349 739	160 053	161 670	321 723	66 922	61 965	128 887	86 585	80 172	166 757
2000	201 801	192 192	393 993	180 855	182 682	363 537	72 430	67 065	139 495	93 746	86 802	180 548

Tableau 43

## ZONE DU PROJET - POPULATION ACTIVE AGRICOLE

Année	Sénégal		Mali		Mauritanie (Noire)		Mauritanie (blanche)	
	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes	Hommes	Femmes
1970	80 %		80 %		80 %		30 %	
	79 235	75 462	68 746	69 441	36 000	33 333	17 465	16 172
1975	77 %		77 %		77 %		35 %	
	85 891	81 801	74 877	75 634	37 491	34 714	22 073	20 438
1980	74 %		74 %		74 %		40 %	
	92 929	88 504	81 412	82 235	39 006	36 117	27 297	25 275
1985	71 %		71 %		71 %		45 %	
	100 364	95 585	88 794	89 632	40 514	37 513	33 237	30 775
1990	68 %		68 %		68 %		50 %	
	108 228	103 074	96 200	97 173	42 023	38 910	39 988	37 026
1995	65 %		65 %		65 %		55 %	
	116 513	110 965	104 034	105 085	43 499	40 277	47 621	44 094
2000	60 %		60 %		60 %		60 %	
	121 080	115 315	108 513	109 609	43 458	40 239	56 247	52 081

Tableau 44

ZONE DE LA VALLEE - EVALUATION DES JOURNEES DE TRAVAIL POTENTIELLES  
(3 pays)

Population agricole en h/j/an

Année	Population active agricole Offre	Population active agricole rectifiée Coefficient 0,66
1970	59 730 033	39 421 800
1975	65 324 500	43 114 170
1980	71 335 900	47 081 694
1985	77 959 200	51 453 072
1990	84 902 100	56 035 386
1995	92 375 500	60 967 830
2000	97 583 400	64 405 044

Tableau 45

PRODUIT INTERIEUR BRUT (PIB) EN PRIX DU MARCHE (A PRIX CONSTANT - BASE 1969)  
(Milliards de CFA)

	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
<u>Secteur primaire</u>												
<u>Agriculture et pêche</u>												
Sénégal	56,9	61,4	64,6	61,2	64,6	69,4	75,4	67,9	76,2	66,3	70,9	59,9
Mauritanie	11,2	11,3	11,9	12,0	12,4	13,4	14,4	15,0	15,8	16,2	14,8	
Mali	26,7					26,6	26,8	26,6	28,5	31,2	29,3	
<u>Mines</u>												
Sénégal	0,3	0,4	0,9	1,0	1,0	1,3	1,7	1,9	2,2	2,2	2,2	2,1
Mauritanie	0,0	0,0	0,6	1,3	2,3	7,4	10,5	11,6	11,1	13,1	14,2	
<u>Secteur secondaire</u>												
Sénégal	26,3	26,8	27,9	29,4	29,5	31,6	32,4	31,8	33,0	35,5	35,4	38,5
Mauritanie	1,3	5,5	7,6	5,3	3,2	2,4	2,4	2,5	4,1	4,4	5,1	
Mali	4,3					7,3	7,3	7,9	7,5	9,5	9,9	
<u>Secteur tertiaire</u>												
<u>Services</u>												
Sénégal	53,9	53,3	53,8	53,8	53,7	55,8	56,6	58,2	56,7	62,1	59,8	64,4
Mauritanie	1,2	1,3	1,3	1,4	1,8	4,7	4,9	5,1	5,1	5,3	5,3	
Mali	17,2					15,2	15,2	15,8	14,6	19,9	20,9	
<u>Administration</u>												
Sénégal	39,8	40,0	39,4	39,1	38,5	38,2	33,8	32,7	32,5	33,0	33,3	33,7
Mauritanie	3,0	3,1	2,9	3,7	4,0	4,0	3,8	3,8	4,0	4,0	4,5	
Mali	4,6					5,7	5,6	6,2	6,2	7,2	8,0	
<u>PIB prix des facteurs</u>												
Sénégal	168,7	181,9	185,7	184,6	187,4	196,3	199,8	192,5	200,7	199,0	203,6	200,0
Mauritanie	18,7	23,0	25,8	25,5	25,1	33,0	37,1	39,0	41,2	43,4	43,8	
<u>Taxes indirectes</u>												
Sénégal	21,5	19,8	21,0	22,8	24,0	23,2	22,6	23,9	23,8	22,6	23,4	23,5
Mauritanie	0,7	0,8	1,7	2,2	2,1	2,0	2,2	1,9	2,4	2,8	3,3	
<u>PIB prix du marché</u>												
Sénégal	198,7	201,7	207,7	207,5	211,3	219,5	225,5	216,4	224,4	221,6	226,2	222,5
Mauritanie	19,4	23,8	27,5	27,7	27,2	35,0	39,3	40,9	43,6	46,2	47,1	
Mali	48,3					55,0	55,2	56,8	56,7	67,8	67,8	
<u>PIB per capita FCFA</u>												
Sénégal	63 401	63 031	63 575	61 756	62 470	63 130	63 380	59 696	60 648	58 639	58 631	56 472
Mauritanie	20 996	25 185	28 409	27 952	26 870	33 557	36 729	37 557	39 528	41 031	41 110	
Mali	14 205						14 010	14 059	13 695	15 972	15 582	

Tableau 46

## REPARTITION DU CHEPTEL PAR RÉGION (en milliers de têtes)

SENEGAL Régions	Bovins		Petits ruminants		Porcins		Chevaux	
	1971	1972	1971	1972	1971	1972	1971	1972
Cap-Vert	12,0	12,0	16,0	15,0	22,0	23,0	0,2	0,2
Casamance	306,0	394,5	288,0	296,7	116,0	196,8	0,5	1,0
Diourbel	662,0	582,5	699,0	652,8	7,0	4,0	110,9	94,5
Fleuve	742,5	653,0	1 047,0	977,0	2,0	2,1	20,3	20,3
Sénégal oriental	273,5	261,0	158,0	105,8	-	-	1,8	1,8
Sine Saloum	471,0	480,0	377,0	390,0	9,5	7,6	49,7	62,0
Thiès	127,0	125,0	220,0	208,5	18,5	20,5	21,6	27,0
Ensemble	2 615,0	2 508,0	2 804,0	2 698,0	175,0	254,0	205,0	206,8

Source: Situation économique du Sénégal - 1972 .

Tableau 47

PRODUCTION ET CONSOMMATION DE VIANDES ET ABATS - SENEGAL  
(1960)

Viandes	Production (en tonnes)	Consommation (en tonnes)	Exportation (+)			Consommation annuelle par habitant (kg)	
			Importations (-) (en tonnes)	Moyen. nation.	Cap- Vert (Dakar)	Centres urbains (5/20 000 habit.)	Population rurale
Bovins	32 474	51 289	- 12 815	13,4	18,4	20,3	11,2
Petits ruminants	11 644	19 848	- 8 204	5,2	5,1	6,3	5,4
Porcins	5 821	5 821	-	1,5	1,0	-	2,1
Camelins	70	270	- 200	0,1	-	0,2	0,1
Autres viandes	-	5	5	-	-	-	-
<b>Total viandes de boucherie</b>	<b>56 009</b>	<b>77 233</b>	<b>- 21 224</b>	<b>20,2</b>	<b>24,5</b>	<b>26,8</b>	<b>18,8</b>
<b>Volailles</b>	<b>5 000</b>	<b>5 000</b>	<b>-</b>	<b>1,3</b>	<b>1,3</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Total viandes et abâts</b>	<b>61 009</b>	<b>83 233</b>	<b>21 224</b>	<b>21,5</b>	<b>25,8</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

Source : Etudes SEDES (Février 1973) "Approvisionnement en viande de l'Afrique de l'Ouest".

Tableau 48

CONSOMMATIONS DU CHEPTEL - PRODUCTION ET CONSOMMATION DE VIANDES - MAURITANIE  
(1970)

	Région du fleuve	%	Ensemble pays
- Bovins	960 000	50,0	1 920 000
- Petits ruminants	310 000	4,4	7 000 000
- Chameaux	300 000	42,8	700 000
Total	1 970 000	16,3	9 620 000

VIANDES	Production en tonnes	Consommations en tonnes	Exportation (+)	Consommation annuelle par habitant (kg)				
				Importation (-) (en tonnes)	Moyen. nation. urbains	Nouakchott	Autres Centres	Population rurale
Bovins	30 762	12 387	+ 18 375	10,5	21,9	11,9	9,8	
Petits ruminants	31 395	18 515	+ 12 880	15,7	3,9	9,0	17,2	
Camelins	12 600	11 160	+ 1 440	9,5	9,8	9,1	9,4	
Autres viandes	-	241	- 241	0,2	2,5	-	-	
Total viandes de boucherie	74 757	42 303	32 454	35,9	37,8	30,0	36,4	

L'exportation est faite sous la forme de bétail sur pied.

En 1970, les chiffres étaient les suivants:

	<u>Têtes</u>
- Bovins	105 000
- Petits ruminants	300 000
- Camelins	6 000
Total	411 000

Source: Etude SEDES (février 1973) "Approvisionnement en viande de l'Afrique de l'Ouest".

Tableau 49

## PRODUCTION ET CONSOMMATION DE VIANDES ET ABATS - MALI

Viandes	Production (en tonnes)	Consommation (en tonnes)	Exportation		Consommation annuelle par habitant (kg)		
			(+)	Importation (-)	Moyen nation.	Bamako	Villes + 5 000 habit.
			(en tonnes)	(en tonnes)			Population rurale
Bovins	84 264	48 869	+ 35 395	9,7	32,8	19,2	8,0
Petits ruminants	48 231	48 221	+ 10	9,5	3,7	7,6	9,9
Porcins	973	950	+ 23	0,2	0,4	0,9	0,1
Camelins	2 899	2 942	- 43	0,6	-	0,1	0,7
Autres viandes	-	60	- 60	-	0,3	-	-
<b>Total viandes de boucherie</b>	<b>136 367</b>	<b>101 042</b>	<b>+ 35 325</b>	<b>20,0</b>	<b>37,2</b>	<b>27,8</b>	<b>18,7</b>
Volailles	9 300	9 000	+ 300	1,8	2,5	4,6	1,6
<b>Total viandes et abats</b>	<b>145 667</b>	<b>110 042</b>	<b>+ 35 625</b>	<b>21,8</b>	<b>39,7</b>	<b>32,4</b>	<b>20,3</b>

Source: Etude SEDES (Février 1973) "Approvisionnement en viande de l'Afrique de l'Ouest".

Tableau 50

## PRODUCTION DES TROUPEAUX

Sénégal

Ans	Viande (t)			Lait (t)			
	Sédentaires	Transhumants	Embouche	Total	Sédentaires	Transhumants	Total
1975	96	5 063	2 400	7 559	1 069	56 588	57 657
1980	1 062	23 165	13 500	37 727	3 657	65 442	69 099
1985	3 545	21 662	17 900	43 107	21 188	100 006	121 194
1990	7 410	60 748	23 700	91 858	36 681	117 509	154 190
1995	8 823	63 866	32 300	104 989	49 452	98 126	147 578
2000	25 706	53 998	40 100	119 804	54 981	84 910	139 891
2005	31 939	57 511	49 700	139 150	73 286	133 996	207 282

Mauritanie

Ans	Viande (t)			Lait (t)			
	Sédentaires	Transhumants	Embouche	Total	Sédentaires	Transhumants	Total
1975	11	6 188	100	6 299	126	69 163	69 289
1980	265	28 313	1 300	29 878	911	79 985	80 896
1985	1 944	26 475	4 400	32 819	11 618	122 229	133 847
1990	4 229	83 461	10 100	97 790	20 934	96 771	117 705
1995	7 308	59 780	13 900	80 988	37 790	85 657	123 447
2000	8 192	51 183	17 700	77 075	57 828	75 790	133 618
2005	11 763	79 368	21 500	112 631	84 118	117 096	201 214

Mali

Ans	Viande (t)			Lait (t)			
	Sédentaires	Transhumants	Embouche	Total	Sédentaires	Transhumants	Total
1975	16	1 250	0	2 226	63	25 150	25 213
1980	238	10 296	200	10 734	818	29 085	29 903
1985	2 006	9 267	2 400	13 673	7 123	44 467	51 590
1990	2 627	30 249	5 500	38 276	12 701	35 189	47 890
1995	5 738	21 738	7 100	34 576	25 597	31 148	56 745
2000	9 254	18 612	8 800	36 666	36 027	27 560	63 587
2005	13 822	7 846	8 900	30 568	33 910	42 580	76 490

Annexe 1

## DOCUMENTS ET CARTES PREPARES PAR LE PROJET

Rapport technique publié par la FAO

FAO. Etude hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal, Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal. Rapport de synthèse des études et travaux. Rapport technique 1 (en préparation).

Topographie

- T0/1 - Répertoire des éléments de reproduction des feuilles au 1/50 000 de la vallée du fleuve Sénégal. IGN; août 1966 (19 p.).
- T0/2 - Cartographie à 1/50 000 de la vallée du fleuve Sénégal. Liste des travaux à effectuer sur les planches existantes. IGN; août 1966 (19 p.).
- T0/3 - Réédition cartes de la vallée, échelle au 1/50 000. IGN; année 1969 (43 feuilles).
- T0/4 - Cartes photomosaïques du delta, échelle au 1/50 000. EIRA; année 1973 (9 feuilles).
- T0/5 - Travaux cartographique et topographique au 1/20 000 et 1/50 000. Story and Partners; avril 1968.
- T0/6 - Rapport de fin de mission. J. Bordier; septembre 1972 (12 p.).

Pédologie

- PE/1 - Etude pédologique du casier pilote d'Ornolde. J.R. Desaunettes; janvier 1968 (62 p. + annexe + photos).
- PE/2 - Etude pédologique du casier pilote de Garak. J.R. Desaunettes; janvier 1968 (52 p. + annexe + photos).
- PE/3 - Densité apparente d'Ornolde. J.R. Desaunettes; février 1968 (1 p.).
- PE/4 - Note relative à des tests de perméabilité effectués sur les sols du "casier des 120 ha". J.R. Desaunettes; février 1968 (3 p. + tableau).

- PE/5 - Rapport de fin de mission. J.R. Desaunettes; février 1968 (4 p.).
- PE/6 - Note à propos de quelques mesures de densité apparente des sols du delta du Sénégal. J. Thirion; décembre 1969 (2 p.)
- PE/7 - Etude pédologique - Rapport technique intérimaire - 8 Vol., SEDAGRI; année 1970  
 Table des matières (9 p.)  
 Vol. I - Introduction (5 p. + carte)  
 Vol. II - Résumé et conclusions générales (33 p.)  
 Vol. III - Documents consultés - Bibliographie (13 p.)  
 Vol. IV - Géomorphologie (32 p.)  
 Vol. V - Milieu naturel (55 p. + tableau + graphique)  
 Vol. VI - Les sols rencontrés et leurs caractères généraux (201 p.)  
 Vol. VII - Cartographie des sols proprement dite (17 p.)  
 Vol. VIII - Aptitudes des terres à l'irrigation (73 p.)  
 Annexes - (26 p.).
- PE/8 - Prospection pédologique des nouvelles extensions de la SAED dans la cuvette de Boundoum Nord. M. Mutsaars, J. Van der Velden; juin 1972 (3 p.).
- PE/9 - Les sols du delta mauritanien (édition révisée). J.F. Chaumény; janvier 1973 (47 p. + graphique).
- PE/10 - Etude pédologique: SEDAGRI; année 1973. Texte (252 p.)  
 cartes d'aptitudes culturales (34)  
 cartes pédologiques et géomorphologiques (34).
- Hydrologie
- HY/1 - La détermination des pertes d'eau par évapotranspiration dans les projets d'aménagement intégré du bassin du fleuve Sénégal. Note introductory au problème. E. Bernard; avril 1967 (38 p. + figure).
- HY/2 - Vallée du fleuve Sénégal: les cultures de décrue et l'hypothèse  $300 \text{ m}^3/\text{s}$ . M. Juton; août 1970 (21 p. + tableau + graphique).
- HY/3 - Modèle mathématique de la vallée du Sénégal. 2<sup>e</sup> crue de contrôle. SOGREAH; juillet 1970 (28 p. + graphique + figure).
- HY/4 - Modèle mathématique de la vallée du Sénégal. Rapport sur le réglage du modèle. R 10582. SOGREAH; octobre 1970 (69 p. + annexe + figure).
- HY/5 - Modèle mathématique de la vallée du Sénégal. Manuel d'utilisation du modèle. Rapport de synthèse R 10624. SOGREAH; novembre 1970 (277 p. + annexe).
- HY/6 - Fleuve Sénégal. Etude statistique sur les périodes pendant lesquelles le débit a été égal ou supérieur à certains débits donnés (10 à  $100 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Résumé. M. Juton; janvier 1971 (7 p.).
- HY/7 - Le régime du fleuve Sénégal dans la vallée de 1965 à 1972. M. Juton; novembre 1971 (4 p. + tableau + graphique).

- HY/8 - Etude statistique des faibles débits du fleuve Sénégal. M. Juton; mars 1972 (13 p. + tableau + graphique).
- HY/9 - Rapport de fin de mission. M. Juton; juin 1972 (73 p. + tableau + graphique).
- HY/10 - Rapport sur la remontée des eaux souterraines dans le Sénégal. Campagne de prélèvement 1972 en amont de Richard-Toll. J. Bordier; août 1972 (10 p. + plans + tableau).
- HY/11 - Etude de la crue de 1970, de la crue de 1968 et des trois crues artificielles. Rapport technique 3. SOGREAH; (39 p. + cartes + plans). Année 1972.
- HY/12 - Etude des volumes ayant stationné dans le lit majeur du Sénégal. Rapport technique 4. SOGREAH; année 1972  
Texte (15 p. + figure + graphique)  
Plans (115).
- HY/13 - Etude sommaire de la remontée saline dans le fleuve Sénégal. Rapport technique 5. SOGREAH; année 1973 (40 p. + cartes + graphique).
- HY/14 - Problème d'utilisation de l'eau du fleuve Sénégal. W.E. Roell, N. Bensoussan; mai 1973 (7 p.).
- HY/15 - La crue 1972 et ses conséquences. M. Bensoussan; décembre 1973; (4 p. + graphique).
- HY/16 - La crue 1973. N. Bensoussan; décembre 1973; (5 p. + graphique).
- HY/17 - Rapport de fin de mission. N. Bensoussan; décembre 1973 (64 p. + cartes + graphique).
- HY/18 - Utilisation des eaux du Sénégal. J.F. Chauméry; février 1974 (30 p.).
- HY/19 - Hauteurs limnimétriques dans la vallée de Bakel à Ronq. A.O. Hamdinou; mai 1974; (93 tableaux).
- Hydrogéologie
- HG/1 - Mission du Consultant en hydrogéologie. J.M. Edelman; mai 1967 (60 p.)
- HG/2 - Etude hydrogéologique du delta. Synthèse géologique provisoire. M.G. Audibert; septembre 1967.  
Vol. I : texte 26 p., planches 2  
Vol. II : coupes de sondages (26 p. + annexe).
- HG/3 - Hypothèse de travail pour l'étude du quaternaire du delta du fleuve Sénégal. M.G. Audibert; janvier 1968 (13 p. + carte + graphique).

- HG/4 - Structure géologique et hydrogéologique du delta du Sénégal. Leurs conséquences sur le développement agricole. M.G. Audibert; janvier 1968 (9 p. + 1 croquis).
- HG/5 - Projet d'étude hydro-agricole du fleuve Sénégal. Ambroggi; mars 1968 (7 p.).
- HG/6 - Rapport de fin de mission. M.G. Audibert; mai 1970:  
 Tome I - généralités et rapport de synthèse (31 p. + figure)  
 Tome II - géologie (37 p. + 9 figures)  
 Tome III - géologie (logs: 63)  
 Tome IV - hydrogéologie (35 p. + 36 figures + 5 tableaux)  
 Tome V - drainabilité (57 p. + 4 figures).
- HG/7 - Rapport de mission du Consultant en hydrogéologie. H. Moussu; mai 1970.
- HG/8 - Rapport de mission hydrogéologique préliminaire dans la vallée du fleuve Sénégal entre le Delta et la Falémé. R. Karpoff; juillet 1970 (32 p. + 6 graphiques).
- HG/9 - Etude géophysique. Rapport préliminaire. POLYTECHNA; août 1972 (20 p. + graphique + cartes).
- HG/10 - Etude géophysique. Rapport définitif, 1<sup>re</sup> édition. POLYTECHNA; année 1972 (36 p. + graphique + courbes sondage).
- HG/11 - Reconnaissances hydrogéologiques. SASIF; septembre 1972 (48 p.).
- HG/12 - Rapport sur l'étude hydrogéologique de la vallée du fleuve Sénégal. P. Illy; juin 1973  
 Texte (163 p. + graphique)  
 Annexe I - (11 tableaux + 65 figures)  
 Annexe II - (45 figures).
- HG/13 - Etude géophysique. Rapport définitif. 2<sup>e</sup> édition. POLYTECHNA; année 1973 (42 p. + coupes de sondage).
- HG/14 - Compte rendu d'une campagne d'observations piézométriques de la vallée. Année 1973/74; A.O. Hamdinou; avril 1974 (7 p. + tableau + figure).

#### Agronomie

- AG/1 - Premières propositions relatives à l'utilisation d'un débit régularisé minimal de 300 m<sup>3</sup>/s à Bakel. Productions potentielles. P. Seyral; février 1969 (2 p. + annexe).
- AG/2 - Suggestions en vue d'une première intervention pour le développement d'un paysannat moderne dans le bassin du fleuve Sénégal. P. Seyral; février 1969 (9 p. + graphique + annexe).

- AG/3 - Réalisations agricoles actuelles dans la vallée du fleuve Sénégal (confidentiel) P. Seyral; avril 1969 (21 p. + carte + annexe).
- AG/4 - Notes sur un programme de développement dans le nord de la région de Kayes (confidentiel) P. Seyral; R. N'Daw; juin 1969 (43 p. + annexe + carte).
- AG/5 - Considérations sur les besoins en eau d'irrigation dans la vallée du fleuve Sénégal. P. Seyral; octobre 1969 (39 p. + graphique + tableau).
- AG/6 - Rapport de fin de mission. P. Seyral; avril 1970 (131 p. + graphique).
- AG/7 - Vallée du fleuve Sénégal: inventaire des superficies cultivées en décrue; année agricole 1970/71. M. Mutsaars, M. Juton; juin 1970 (13 p. + cartes + graphique).
- AG/8 - Plans de cultures pour la mise en valeur de la vallée du Sénégal - Hypothèse de travail. J.F. Chaumeny; juillet 1971 (62 p.).
- AG/9 - Vallée du fleuve Sénégal: inventaire des superficies cultivées en décrue; année agricole 1972/73. N. Bensoussan, M. Mutsaars; juillet 1971 (3 p. + graphique).
- AG/10 - Vallée du fleuve Sénégal: inventaire des superficies cultivées en décrue; année agricole 1973/74. A.O. Hamdinou; mars 1974 (8 p. + graphique).

#### Elevage

- EL/1 - Problème de l'élevage dans la perspective de la mise en valeur du fleuve Sénégal (Sénégal/Mauritanie). O. Bremaud, expert conseil; novembre 1969 (58 p. + annexe + graphique).
- EL/2 - Problème de l'élevage dans la perspective de la mise en valeur de la vallée du fleuve Sénégal et les propositions pour son amélioration et son association avec l'agriculture intensive. M. Jurukovski; octobre 1972 (199 p. + graphique).

#### Pêche

- PEC/1 - Etude préliminaire des incidences sur la pêche de l'aménagement hydro-agricole de la vallée du fleuve Sénégal. J. Lemasson, expert conseil; mars 1970 (22 p. + graphique).
- PEC/2 - Incidences sur la pêche de l'aménagement hydro-agricole du bassin du Sénégal. CTFT. Année 1972.
- Fascicule I - Organisation de la pêche sur le fleuve Sénégal (89 p. + graphique)
- Fascicule II - Influence des travaux d'aménagement sur les ressources piscicoles. Recommandations. (120 p. + annexe + tableau).

Forêt

- FO/1 - Rapport de mission forestière préliminaire. P. Benda, expert conseil; avril 1970 (30 p.).
- FO/2 - Incidences des unités naturelles d'équipement telles qu'elles sont actuellement projetées dans la vallée du fleuve Sénégal de Bakel à Richard-Toll sur les peuplements forestiers de gonakiés. R.L. Perraudin; décembre 1971 (3 p.).
- FO/3 - Rapport de mission au Soudan. R.L. Perraudin; décembre 1971 (23 p.).
- FO/4 - Rapport final sur les missions effectuées en Mauritanie, au Sénégal, au Mali.  
R.L. Perraudin;  
Point I - (37 p.) mars 1972  
Point II - (42 p.) avril 1972  
Point III -  
Point IV - (30 p. + annexe + carte) mai 1972  
Index botanique (15 p.) juin 1972  
Annexes (54 p. + tableau + fiches renseign.) juin 1972.
- FO/5 - Problème des forêts en relation avec la mise en valeur du bassin du fleuve. J.F. Chaumény; février 1974 (5 p.).

Sociologie

- SO/1 - Note socio-économique préliminaire à l'implantation des périmètres irrigués expérimentaux dans la moyenne vallée du Sénégal. J. Hochet; mai 1971 (28 p.).
- SO/2 - Etudes socio-économiques de quelques villages de la rive droite pour la formation de futurs pôles de développement. M. Diop, A. Dieye, Boursiers FAO; février 1972 (41 p. + calques).
- SO/3 - Rapport sociologique sur les casiers-pilotes de Matam, Nianga (Sénégal) et Boghé (Mauritanie), J. Hochet, G. Ciparisso, M. Diallo, B. Thiam; novembre 1972 Texte 25 p.  
Annexe I : (23 p. + cartes) Ciparisso  
Annexe II : (35 p. + tableau) Diallo  
Annexe III : (16 p.) Hochet, Thiam.
- SO/4 - Note sociologique synthétique sur le périmètre de Nianga. J.F. Chaumény; octobre 1973 (32 p. + annexes).
- SO/5 - Mise en valeur de la vallée du Sénégal. Aspects sanitaires. Rapport de mission. J.M. Watson; mai 1970 (79 p.).

Drainage

- DR/1 - Rapport de première mission. P.J. Dieleman; mars 1969 (32 p. + graphique).
- DR/2 - Les principes de drainage. S.J. de Raad; septembre 1969 (10 p.).
- DR/3 - Rapport de mission. S.J. de Raad; octobre 1969 (36 p. + annexe + graphique).
- DR/4 - Amorce d'une étude des eaux souterraines. S.J. de Raad; février 1970 (18 p. + tableau + graphique).
- DR/5 - Rapport de deuxième mission. P.J. Dieleman; juillet 1970 (8 p. + graphique).
- DR/6 - Rapport de troisième mission. P.J. Dieleman; mars 1971 (6 p.).
- DR/7 - Rapport de quatrième mission. P.J. Dieleman; novembre 1971 (7 p.).
- DR/8 - Compte rendu d'expérimentation sur le dessalement de Boundoum Ouest. S.J. de Raad, M. Mutsaars, A.O. Hamdinou; décembre 1971 (65 p. + 45 graphiques).
- DR/9 - Programme d'étude et de réalisation dans la cuvette de Boundoum Ouest en vue du dessalement - Hivernage 1972. J. van der Velden, M. Mutsaars; mars 1972 (4 p.).
- DR/10 - Etude du dessalement des terres salées des cuvettes dans le delta du Sénégal. M. Mutsaars; août 1972 (3 p.).
- DR/11 - Le dessalement dans le delta du fleuve Sénégal et les perspectives qu'il offre. J. van der Velden, M. Mutsaars; novembre 1972 (5 p.).
- DR/12 - Le dessalement des terres salées du delta du fleuve Sénégal - Bilan des trois années d'expérimentation (1970-73) et perspectives. J. van der Velden, M. Mutsaars; juin 1973 (74 p. + tableau + annexe).

Aménagement

- AM/1 - Etude du coût de l'aménagement d'un casier pilote de 120 ha dans la vallée du Sénégal. J.E. Grolée; février 1966 (4 p. + annexe).
- AM/2 - Première estimation des besoins en eau des cultures irriguées dans la vallée et dans le delta du Sénégal - Première estimation des débits demandés par l'agriculture à un barrage réservoir situé en amont de Kayes. J.E. Grolée; juin 1967 (13 p.).
- AM/3 - Premières propositions relatives à l'utilisation d'un débit régularisé minimal de 300 m<sup>3</sup>/s à Bakel. J.E. Grolée; décembre 1968 (11 p. + tableau + graphique + carte).
- AM/4 - Les cultures de décrue et l'hypothèse 300 m<sup>3</sup>/s. M. Juton; février 1969 (8 p. + annexe).

- AM/5 - Barrage du delta - Rapport en vue de l'exécution d'études préliminaires. M. Juton; février 1969 (9 p. + cartes).
- AM/6 - Le barrage de Bakel - Etat des connaissances. M. Juton; juillet 1969 (5 p.).
- AM/7 - Antenne routière de Kaédi. M. Juton; décembre 1969 (12 p. + graphique + carte).
- AM/8 - Antenne routière de Podor. M. Juton; décembre 1969 (11 p. + graphique + carte).
- AM/9 - Barrage de Bakel. M. Juton; janvier 1970 (3 p.).
- AM/10 - Barrage du delta. M. Juton; janvier 1970 (3 p.).
- AM/11 - Action sur le terrain - Note de présentation. J.E. Grolée; mars 1970; (4 p.)
- AM/12 - Barrage du delta. M. Juton; mars 1970  
 Pièce A - demande de propositions  
 conditions générales (7 p.)  
 Pièce B - demande de propositions  
 conditions techniques (9 p.).
- AM/13 - Vallée du fleuve Sénégal - Schéma préliminaire d'aménagement d'ensemble. M. Juton; mai 1970 (29 p. + annexes + graphique).
- AM/14 - Rapport de fin de mission - Vallée du fleuve Sénégal. Présentation d'un schéma d'aménagement partiel - Horizon 2000, débit minimum régularisé de 300 m<sup>3</sup>/s à Bakel. J.E. Grolée; juin 1970 (54 p. + figure).
- AM/15 - Les cultures de décrue et hypothèse 300 m<sup>3</sup>/s. M. Juton; août 1970 (21 p. + tableau + graphique).
- AM/16 - Choix d'un programme d'étude (casiers pilotes et périmètres). M. Juton; avril 1971 (2 p.).
- AM/17 - Etude de l'avant-projet du barrage du delta du fleuve Sénégal. SOGREAH; juillet 1971.  
 Texte (18 p. + graphique + 13 coupes de sondage + plans).
- AM/18 - Etude du barrage du delta - Rapport intérimaire. SOGREAH; février 1972.  
 Vol. I : Texte (96 p. + graphique + plans)  
 Vol. II : Annexe I : (22 p. + graphique)  
 Annexe II : (27 p. + graphique)  
 Annexe III : (93 p. + carte).
- AM/19 - Aménagement hydro-agricole du périmètre de Nianga. M. Juton; mars 1972 (4 p.).

AM/20 - Etude des endiguements de protection du périmètre de Nianga. SOGREAH; octobre 1972 (19 p. + graphique).

AM/21 - Projet de schéma détaillé R 11260. SOGREAH; octobre 1972. Mémoire (34), Annexes (79 p.), Pièces dessinées (3).

AM/22 - Etude du barrage du delta - Rapport final. SOGREAH; novembre 1972.

Vol. I : Texte (155 p. + carte + tableau + graphique)  
Plans (31 p.)

Vol. II : Annexe I : (22 p. + figure)  
Annexe II : (26 p. + carte + figure + graphique)  
Annexe III : (87 p. + carte)

AM/23 - Schéma de principe détaillé - Casier pilote de Nianga. R 11310 A; SOGREAH; décembre 1972

Mémoire (93 p.)

Annexe I (32 p. + 10 figures)  
Annexes II, III, IV : (91 p. + 10 graphiques + 3 cartes)  
Annexes V, VI : (107 p. + 3 graphiques + 7 fiches)  
Annexe VII (66 p.)  
Annexe VIII (7 p.)  
Annexe IX (28 p.)  
Pièces dessinées (18 p.)

AM/24 - Schéma de principe détaillé - Casier pilote de Matam. R 11310 B; SOGREAH; décembre 1972

Mémoire (118 p.) pièces dessinées (15)

Annexe I : (31 p. + 10 graphiques)  
Annexe II : (51 p. + 15 graphiques)  
Annexe IV  
Annexe V (8 p. + 5 tableaux)  
Annexe VI (47 p. + 3 graphiques)  
Annexe VII (66 p.)  
Annexe VIII (8 p.)  
Annexe IX (36 p.).

AM/25 - Schéma de principe détaillé - Casier pilote de Boghé. R 11310 C; SOGREAH; décembre 1972

Mémoire : (76 p.), pièces dessinées (19)

Annexe I : (32 p. + 8 figures + 1 carte + 1 graphique)  
Annexes II, III, IV : (45 p. + 4 cartes + 6 graphiques)  
Annexes V, VI : (109 p. + 9 fiches + 6 graphiques)  
Annexe VII : (65 p.)  
Annexes VIII, IX : (43 p.).

AM/26 - Projet de schéma général d'aménagement des périmètres de Nianga, Matam, Boghé, Saldé Wala. R 11374. SOGREAH; février 1973  
 Mémoire : (62 p.)  
 Pièces dessinées (8).

AM/27 - Les Unités naturelles d'équipement - Rapport J.F. Chaumeny; mars 1973  
 (41 p. + 24 tableaux + carte).

AM/28 - Projet en vue d'appel d'offres - Casier pilote de Nianga. R 11375 A; SOGREAH; avril 1973

A - Pièces écrites

- A1. Note réservée à l'administration (63 p.)
- A3. Cahier des prescriptions techniques partic. (98 p.)
- A4. Mode d'évaluation des travaux et bordereaux de prix (50 p. dont tableaux)
- A5. Etude géotechnique (66 p. dont texte, plan, graphique)

B - Plans (5 plans)

- Dossier 1 - Lot 1 - station de pompage (4 tableaux + 3 plans)
- Dossier 2 - Lot 2 - infrastructure hydraulique principale (5 tableaux + 32 plans)
- Dossier 3 - Lot 3 - aménagement des terres cultivées (3 tableaux + 6 plans).

AM/29 - Projet en vue d'appel d'offres - Casier pilote de Matam. R 11375 B; SOGREAH; avril 1973

A - Pièces écrites

- A1. Note réservée à l'administration (54 p.)
- A3. Cahier des prescriptions techniques partic. (109 p.)
- A4. Mode d'évaluation des travaux et bordereaux de prix (53 p. dont tableau)
- A5. Etude géotechnique (56 p. dont texte, plan, graphique)

B - Plans (5 plans)

- Dossier 1 - Lot 1 - station de pompage (7 tableaux + 6 plans)
- Dossier 2 - Lot 2 - infrastructure hydraulique principale (4 tableaux + 32 plans)
- Dossier 3 - Lot 3 - aménagement des terres cultivées (2 tableaux + 6 plans).

AM/30 - Projet en vue d'appel d'offres - Casier pilote de Boghé. R 11375 C; SOGREAH; avril 1973

A - Pièces écrites

- A1. Note réservée à l'administration (57 p.)
- A3. Cahier des prescriptions techniques partic. (105 p.)
- A4. Mode d'évaluation des travaux et des bordereaux de prix (51 p. dont tableau)
- A5. Etude géotechnique (63 p. dont texte, plan, graphique)

B - Plans

Dossier 1 - Lot 1 - station de pompage (6 tableaux + 5 plans)

Dossier 2 - Lot 2 - infrastructure hydraulique principale (5 tableaux + 39 plans)

Dossier 3 - Lot 3 - aménagement des terres cultivées (3 tableaux + 6 plans)

AM/31 - Les Unités naturelles d'équipement. J.F. Chaumey; juin 1973

Atlas (rive droite et rive gauche (75)

Atlas (fiche de renseignements forestiers des UNE (28 p.)

Cartes aptitudes culturales (avec endiguements

(limites forêts (34)

(zones d'inondation du delta.

AM/32 - Schéma de principe détaillé - Casier pilote de Nianga. R 11310 Bis A.

SOGREAH; juin 1973

Nouvelle édition

Mémoire (107 p.). Pièces dessinées (21)

Annexe I : (32 p. + 8 plans + 1 carte + 1 graphique)

Annexes II, III, IV : (90 p. + 6 pièces dessinées + 6 figures + 2 cartes)

Annexes V, VI : (112 p. + 3 graphiques et tableau)

Annexe VII : (66 p. et tableau)

Annexes VII, VIII, IX : (19 p. + 3 tableaux)

Annexe X : (12 p.)

AM/33 - Schéma de principe détaillé - Casier pilote de Matam. R 11310 Bis B.

SOGREAH; juin 1973

Nouvelle édition

Mémoire (108 p.). Pièces dessinées (18)

Annexe I : (32 p. + 9 graphiques + 1 plan)

Annexes II, III, IV : (93 p. + 7 figures + 9 pièces dessinées + 2 cartes)

Annexes V, VI : (111 p. + 3 graphiques + 4 fiches)

Annexe VII : (66 p. et tableau)

Annexes VIII, IX : (32 p. et tableau)

Annexe X : (12 p.).

AM/34 - Schéma de principe détaillé - Casier pilote de Boghé. R 11310 Bis C.

SOGREAH; juin 1973

Nouvelle édition

Mémoire (111 p.). Pièces dessinées (25 p.).

Annexe I : (32 p. + 8 pièces dessinées + 1 carte + 1 graphique)

Annexes II, III, IV : (73 p. + 7 figures + 6 pièces dessinées + 2 cartes)

Annexes V, VI : (119 p. + 6 graphiques + 4 fiches et tableau)

Annexe VII : (66 p.)

Annexes VIII, IX : (32 p. dont tableaux)

Annexe X : (12 p.)

AM/35 - Note sur les détails de construction des barrages sur le Sénégal.  
N. Bensoussan; juillet 1973 (2 p. + 3 graphiques)

AM/36 - Analyse des propositions pour l'étude de l'Aftout-es-Sahel. N. Bensoussan, J.F. Chaumeny; septembre 1973 (8 p.)

AM/37 - Schéma général d'aménagement et étude de préfactibilité. Périmètre de Nianga R 11414 A; SOGREAH; octobre 1973  
Pièce 1 - Mémoire (129 p. + 2 plans)  
Pièce 2 - Pièces dessinées (16 plans)  
Pièce 3 - Annexes (157 p. + 5 figures + 2 plans).

AM/38 - Schéma général d'aménagement et étude de préfactibilité Périmètre de Matam. R 11414 B; SOGREAH; octobre 1973  
Pièce 1 - Mémoire (128 p. + 2 plans)  
Pièce 2 - Pièces dessinées (16 plans)  
Pièce 3 - Annexes (130 p. + 6 figures + 2 plans)

AM/39 - Schéma général d'aménagement et étude de préfactibilité. Périmètre de Boghé. R 11414 C; SOGREAH; octobre 1973  
Pièce 1 - Mémoire (119 p. + 2 plans)  
Pièce 2 - Pièces dessinées (11 plans)  
Pièce 3 - Annexes (132 p. + 5 figures + 2 plans)

AM/40 - Schéma général d'aménagement et étude de préfactibilité. Périmètre de Saldé Wala. R 11414 D; SOGREAH; octobre 1973  
Pièce 1 - Mémoire (112 p. + 2 plans)  
Pièce 2 - Pièces dessinées (14 plans)  
Pièce 3 - Annexes (121 p. + 5 figures + 2 plans)

AM/41 - Note économique complémentaire sur les casiers pilotes et périmètres dans la vallée du Sénégal. 11696. SOGREAH; février 1974 (16 p.).

#### Economie

EC/1 - Compte rendu de première mission. R. Olivier; mars 1969 (19 p.).

EC/2 - Utilisation d'un débit régularisé minimal de  $300 \text{ m}^3/\text{s}$  à Bakel. Premières mesures de rentabilité économique d'un projet d'irrigation de 157 000 ha par pompage, en culture attelée, à mettre en œuvre de l'an 1970 à l'an 2000; P. Ballan; mars 1969 (39 p.).

EC/3 - Note relative à l'économie du Mali. P. Ballan; mai 1969 (35 p. + annexe).

EC/4 - Note relative à l'économie du Sénégal. P. Ballan; août 1969 (37 p.).

EC/5 - Présentation économique de la Mauritanie. P. Ballan; août 1969 (38 p.)

- EC/6 - Quelques données sur l'économie guinéenne; P. Ballan; septembre 1969 (29 p.).
- EC/7 - Etude économique de la riziculture dans la région du fleuve Sénégal. P. Ballan; septembre 1969 (58 p.).
- EC/8 - Compte rendu de seconde mission. R. Olivier; janvier 1970 (20 p.).
- EC/9 - Etude économique du casier-rizicole de Richard-Toll (SDRS). 1960-69. R.D. Hirsch; mars 1970 (50 p.).
- EC/10 - Essai d'évaluation du rythme souhaitable d'aménagement de la rive droite du fleuve Sénégal de 1970 à 2000. R.D. Hirsch; août 1970 (18 p.).
- EC/11 - Etude économique du colonat de Richard-Toll (1957-70). R. Rodts; août 1970 (30 p. + tableau + graphique).
- EC/12 - Etude économique du casier rizicole de Guédé (1938-70). R. Rodts; septembre 1970 (36 p.)
- EC/13 - Essai d'évaluation du rythme souhaitable d'aménagement de la rive gauche du fleuve Sénégal de 1970 à 2000. R. Rodts; septembre 1970 (26 p. + 8 tableaux + 12 graphiques).
- EC/14 - Essai d'évaluation du rythme souhaitable d'aménagement de la vallée et du delta du fleuve Sénégal de 1971 à 2000. Synthèse. R.D. Hirsch; octobre 1970 (7 p.)
- EC/15 - La riziculture dans les Etats de l'OERS. Situation actuelle, perspectives et rôle du bassin du fleuve Sénégal. R.D. Hirsch; janvier 1971 (67 p. + annexe).
- EC/16 - Compte rendu de troisième mission. R. Olivier; mars 1971 (20 p.).
- EC/17 - Etude économique de la SAED. R. Rodts; juin 1971 (64 p. + 20 tableaux + annexe).
- EC/18 - Estimation préliminaire de la rentabilité de l'aménagement du fleuve Sénégal en vue de l'implantation d'une agriculture intensive. R.D. Hirsch et R. Rodts; juillet 1971 (13 p. + annexe).
- EC/19 - Etude économique du casier rizicole de Richard-Toll (SDRS). 1953-71 (version mise à jour). R.D. Hirsch; janvier 1972.
- EC/20 - Compte rendu de quatrième mission. R. Olivier; mars 1972 (20 p.).
- EC/21 - Compte rendu de cinquième mission. R. Olivier; décembre 1972 (10 p. + annexe).

EC/22 - Les pays de l'OMVS et le bassin du fleuve Sénégal. Analyse économique pour un programme de développement. R. Rodts; décembre 1972; 13 volumes.

- Vol. I - Données socio-économiques (61 p. + carte)
- Vol. II - Les comptes économiques (8 p.)
- Vol. III - Le secteur de la pêche (20 p.)
- Vol. IV - Le secteur de l'agriculture. Introduction (18 p.)
- Vol. V - Le secteur de l'agriculture. Céréales, étude des marchés actuels et potentiels (56 p.)
- Vol. VI - Le secteur de l'agriculture. Oléagineux, fibres textiles, tubercules, légumineuses, sucre (60 p.)
- Vol. VII - Le secteur de l'agriculture. Tabac; étude des marchés actuels et potentiels (9 p.)
- Vol. VIII - Le secteur de l'agriculture. Les cultures fruitières; étude des marchés actuels et potentiels (17 p.)
- Vol. IX - Le secteur de l'agriculture. Les cultures maraîchères; étude des marchés actuels et potentiels (Sénégal, Mauritanie, Mali) (21 p.)
- Vol. X - Le secteur de l'agriculture. L'aide à l'agriculture (13 p.)
- Vol. XI - (annulé)
- Vol. XII - Le secteur de l'énergie et de l'industrie (69 p.)
- Vol. XIII - Le secteur du transport et du commerce (45 p.)
- Vol. XIV - Le secteur financier. La situation monétaire, des prix, des finances publiques et des finances extérieures (47).

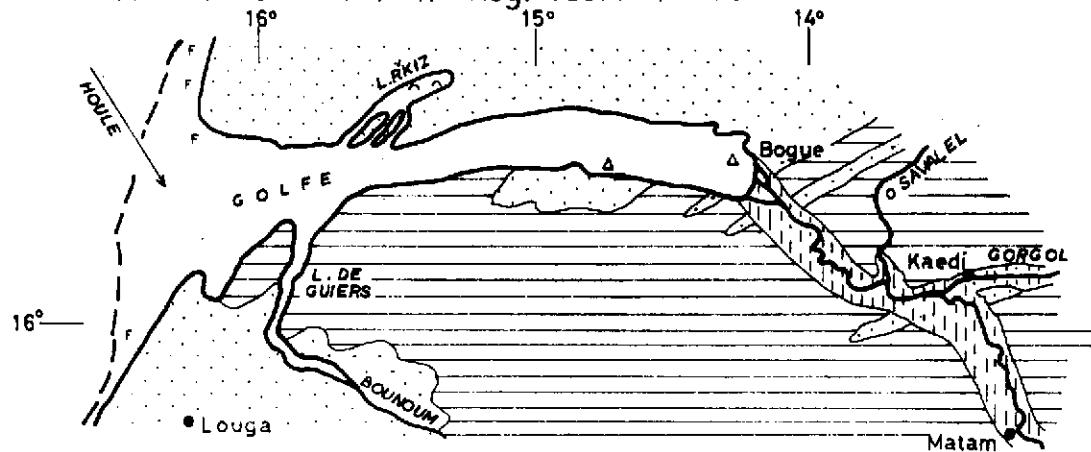
EC/23 - Rapport de préfactibilité - Barrage du delta. J.F. Chaumey; mai 1973  
Texte (37 p.)  
Annexes (48 p. + graphique + carte).

#### Divers

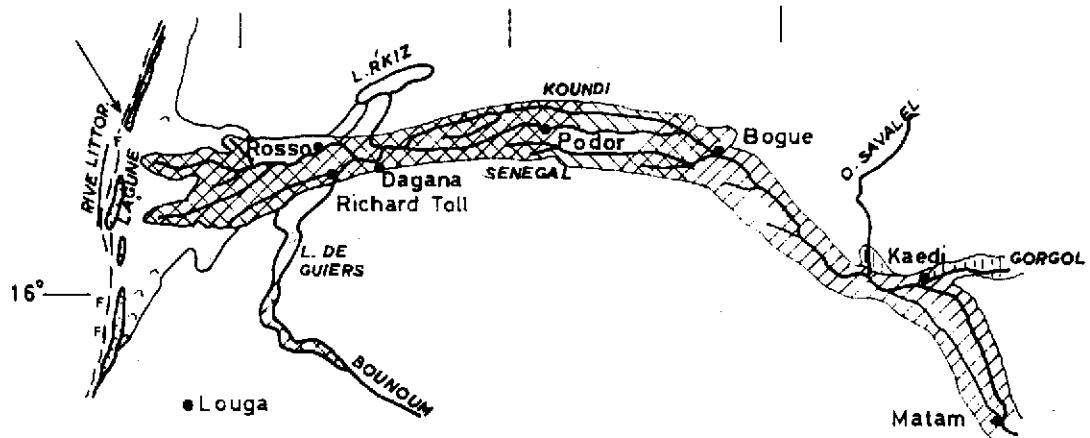
- DI/1 - Projet de création d'un centre de documentation du fleuve Sénégal à Saint-Louis du Sénégal. Mlle Richard; mars 1968 (26 p.)
- DI/2 - Commentaires relatifs au Rapport intérimaire présenté par Sénégal-Consult. J.E. Grolée; mars 1969 (11 p. + tableau).
- DI/3 - Bilan des données acquises: études achevées, études en cours ou à lancer. W.E. Roell; février 1971 (15 p.).
- DI/4 - Potentiel irrigable du bassin du fleuve Sénégal pour le séminaire sur les perspectives d'irrigation dans l'Afrique de l'Ouest à Ibadan du 23-27/10/72. J.F. Chaumey; octobre 1972 (15 p.).
- DI/5 - Rapport de mission, Séminaire à Ibadan (Nigéria). J.F. Chaumey; octobre 1972 (4 p.).

- DI/6 - Stage riziculture en République malgache. M. Diop et A. Dieye; octobre 1972 (29 p.).
- DI/7 - Stage effectué auprès de l'OMVRAG Maroc du 24.5 au 24.11.72. A.O. Hamdinou; décembre 1972 (59 p.).
- DI/8 - Barrage du delta. Note à l'attention de Monsieur le Secrétaire général de l'OMVS. J.F. Chaumény; avril 1973 (17 p. + 6 p. annexes).
- DI/9 - Le potentiel irrigable du bassin du fleuve Sénégal. Agronomie tropicale (IRAT) Extrait du Vol. XXVIII N° 11 de la page 1080 à 1088. J.F. Chaumény; novembre 1973 (9 p. + graphique).
- DI/10 - 3<sup>e</sup> session extraordinaire de l'OMVS à Nouakchott du 21.5 au 24.5.74. Résumé du rapport du bureau Beynard sur le programme intégré de développement du bassin du Sénégal. J.F. Chaumény; mai 1974 (25 p.).
- DI/11 - Etude hydro-agricole de la vallée du Sénégal et ses petits affluents entre Gouina et la Falémé et étude hydraulique du périmètre de Kankossa (Mauritanie). W.E. Roell; mai 1974 (15 p. + 4 p. annexes + carte).

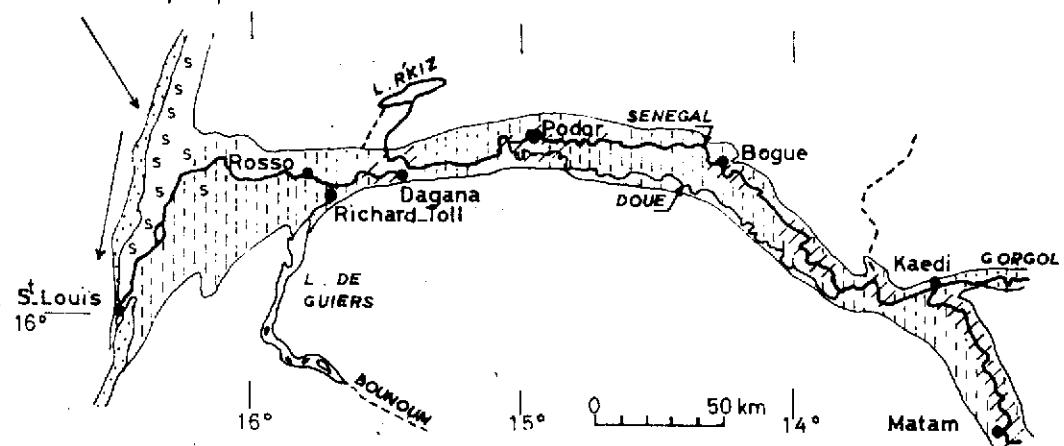
## a. Maximum de la transgression: Nouakchottien 5500 ans BP



## b. Formation du delta: situation vers 2500 ans BP



## c. Epoque subactuelle et actuelle



- Glacis généralement cuirassés
- Dunes rouges
- Plage fossilière
- Faune lagunaire abondante
- Pollens de mangrove
- Littoral actuel

- Décantation d'argile
- Leyées, fluviales
- Dépôts fluvio-deltaïques
- Cordons littoraux
- Sebkha
- Vallée morte

Fig. 1 — Evolution de la basse vallée du Sénégal depuis la dernière transgression.

Fig. 2

## Fleuve SÉNÉGAL

Crue 1969 (médiane)

## Hydrogrammes

H (m.s)

20

BAKEL

15

WACUNDÉ

10

MATAM

KAÉDI

SALDÉ

BOGHÉ

5

PODOR

DAGANA

ROSSO

à Bakel. Débit moyen 765 m<sup>3</sup>/s

Apport annuel:

24 milliards de m<sup>3</sup>5 15 25 4 14 24 3 13 23 3 13 23 2 12 22 2 12 22 31  
JUL AUG SEP OCT NOV DEC

HANDINOU — SEYE

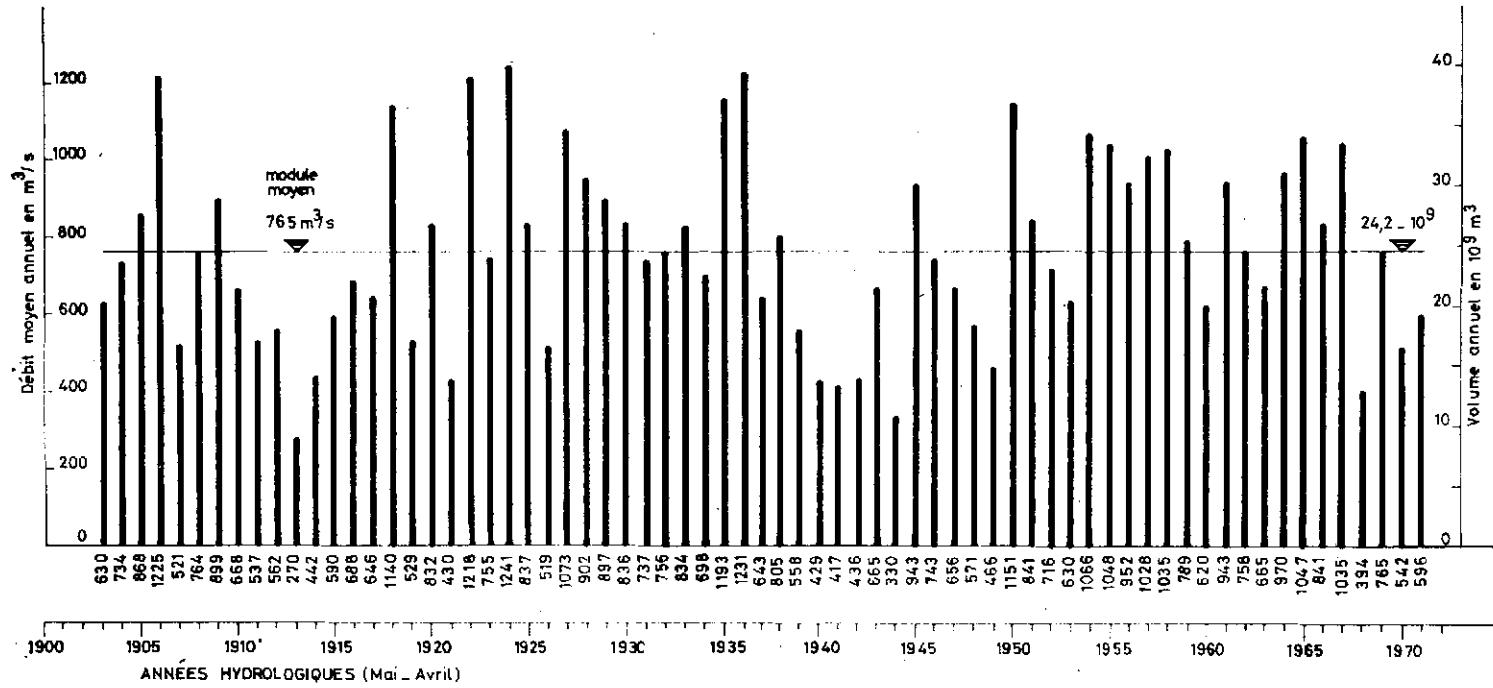


Fig. 3 — Fleuve Sénégal. Débits moyens annuels (Extrait du rapport Sénégal-Consult pour la période 1903-1968).