

11554



Programme des Nations-Unies pour le Développement

ETUDE HYDRO-AGRICOLE DU BASSIN DU FLEUVE SENEgal

Rapport Intérimaire n° 1

Région : Guinée-Mauritanie-Mali-Sénégal  
Nº Projet : REG 61  
Agence : FAO  
Début des opérations : Novembre 1967

Rome, Novembre 1970



AGL : SF/AFR/REG 61

Rapport intérimaire n° 1

ETUDE HYDRO-AGRICOLE DU BASSIN DU FLEUVE SENEgal

RAPPORT INTERIMAIRE

Rapport préparé pour les Gouvernements de la GUINEE,  
du MALI, de la MAURITANIE et du SENEgal,

par

L'Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation  
et l'Agriculture agissant en qualité d'agence d'exécu-  
tion pour le Programme des Nations Unies pour le Déve-  
loppelement.

Programme des Nations Unies pour le Développement  
Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture  
ROME, 1970

## T A B L E   D E S   M A T I E R E S

---

|   |  |    |
|---|--|----|
| <b>I - INTRODUCTION</b>   |  |    |
| 1.1. Informations générales   |  | 1  |
| 1.1.1. Origine du Projet  |  | 1  |
| 1.1.2. Autres projets dans le bassin du fleuve Sénegal  |  | 2  |
| 1.1.3. Présentation du rapport intérimaire  |  | 3  |
| 1.2. Buts du Projet   |  | 4  |
| 1.3. Dispositions administratives et financières  |  | 5  |
| 1.4. Organisation du projet   |  | 5  |
| <b>II - ACTIVITES DU PROJET, ET RESULTATS OBTENUS AU 31 OCTOBRE 1970</b>                        |  | 7  |
| 2.1. Inventaire des connaissances acquises  |  | 7  |
| 2.2. Travaux cartographiques et topographiques  |  | 7  |
| 2.3. Etude sur modèle mathématique  |  | 8  |
| 2.4. Etudes pédologiques  |  | 9  |
| 2.5. Etudes hydrogéologiques  |  | 9  |
| 2.6. Etudes relatives au drainage   |  | 11 |
| 2.7. Etudes agronomiques  |  | 12 |
| 2.8. à 2.10 - Etudes zootechniques, études relatives aux forêts,<br>études relatives à la pêche |  | 12 |
| 2.11. Santé Publique  |  | 13 |
| 2.12. Etudes économiques  |  | 13 |
| 2.13. Etude des schémas d'aménagement de la vallée et du delta<br>du Sénegal                    |  | 13 |
| <b>III - PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT</b>   |  |    |
| 3.1. Introduction   |  | 15 |
| 3.2. Topographie  |  | 16 |
| 3.3. Sols   |  | 16 |
| 3.4. Climat   |  | 17 |
| 3.5. Ressources en eau  |  | 18 |
| 3.6. Démographie  |  | 20 |
| 3.7. Infrastructure   |  | 21 |
| 3.8. Conditions économiques   |  | 21 |
| 3.9. Situation actuelle de l'agriculture  |  | 22 |
| 3.10. Pêches  |  | 25 |
| 3.11. Forêts  |  | 25 |
| 3.12. Résumé  |  | 26 |
| <b>IV - MISE EN VALEUR DE LA VALLEE</b>   |  | 27 |
| 4.1. Barrages   |  | 27 |
| 4.2. Aménagements   |  | 29 |
| 4.3. Alternatives de développement  |  | 33 |
| <b>V - PLAN DE TRAVAIL JUSQU'A LA FIN DU PROJET</b>   |  | 33 |
| 5.1. Plan de travail  |  | 38 |
| 5.2. Identification de projets réalisables à court et à<br>moyen termes                         |  | 44 |
| 5.3. Résumé de recommandations  |  | 48 |

AFR/REG 61 - Etude Hydro-agricole du  
Bassin du Fleuve Sénégal

Liste des abréviations

|          |   |
|----------|---|
| O.E.R.S. | Organisation des Etats Riverains du Fleuve Sénégal                        |
| PNUD     | Programme des Nations Unies pour le Développement                         |
| FAO      | Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture       |
| IGN      | Institut Géographique National (France)                                   |
| IRAT     | Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures vivrières  |
| SAED     | Société d'Aménagement et d'Exploitation des Terres du Delta du Sénégal    |
| OMS      | Organisation Mondiale de la Santé   |
| RIM      | République Islamique de Mauritanie  |
| IEMVT    | Institut d'Etudes de Médecine Vétérinaire Tropicale                       |
| UNESCO   | Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture |
| BIT      | Bureau International du Travail   |

- - - - -



## I - INTRODUCTION

### 1.1 - Informations générales

#### 1.1.1. Origine du Projet

Le projet "Etude Hydro-agricole du Bassin du Fleuve Sénégala" est né du désir des quatre Etats Riverains de ce cours d'eau d'entreprendre la mise en valeur intégrée de cette vaste région.

Un "Comité Inter-Etats" pour l'aménagement du bassin du fleuve Sénégala fut créé en Juillet 1963 à la suite de la conférence de Bamako. Cet Organisme, dont la compétence était limitée au bassin versant du fleuve Sénégala, fut remplacé, lors de la réunion des Chefs d'Etats qui s'est tenue à Labé (Guinée) en Mai 1968, par l'Organisation des Etats Riverains du fleuve Sénégala (OERS) qui englobe désormais l'ensemble des activités de la sous-région que constituent la République de Guinée, la République du Mali, la République Islamique de Mauritanie et la République du Sénégala.

Avant même la création officielle du Comité Inter-Etats, les quatre Etats riverains du fleuve Sénégala avaient voulu procéder à une synthèse de la très importante documentation existante et faire le point en vue de décider en commun d'un programme général d'aménagement. C'est dans cet esprit que, lors d'une réunion préliminaire qui s'est tenue à Conakry en Juillet 1962, il fut décidé de faire appel aux Nations Unies pour procéder à une étude d'ensemble destinée à servir de base aux travaux du Comité Inter-Etats dont la création avait été recommandée. Une équipe d'experts interna-

.../...

tionaux visita les quatre Etats riverains dans le courant du quatrième trimestre 1962. Son rapport, remis aux Nations Unies le 1er Avril 1964, fut aussitôt transmis aux Etats. Le projet relatif à l'étude hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal est l'un des projets (1.1.2) dont l'exécution a été décidée en application des recommandations contenues dans ce rapport, compte tenu des observations présentées par les Etats.

1.1.2 - Autres projets dans le bassin du fleuve Sénégal  
1.1.2.1 - Projets PNUD/OERS

- i) Etude des possibilités d'exécution d'un projet de régularisation du régime du fleuve Sénégal (REG 52) (Nations Unies)
- ii) Etude d'un projet d'utilisation rationnelle des eaux du bassin supérieur du Sénégal (REG 80) (Nations Unies)
- iii) Etude de la navigabilité et des ports du fleuve Sénégal (REG 86) (Nations Unies)
- iv) Développement de la recherche agronomique et de ses applications dans le bassin du fleuve Sénégal (REG 114) (FAO) ... (i)
- v) Centre de Documentation pour le programme de développement du bassin du fleuve Sénégal (REG 181) (FAO)

1.1.2.2. - Projets nationaux du PNUD

- i) Centre de formation et de vulgarisation agricole de i) Kaédi (MAU 1) - (FAO)
- ii) Etude de la mise en valeur du bassin du Gorgol (MAU 3) (FAO). .../...

1.1.2.3. Principaux projets des autres agences d'assistance technique.

i) Sénégal :

- a) aménagement des cuvettes du delta du Sénégal
- b) périmètre irrigué de Richard Toll
- c) périmètre de Nianga

ii) Mauritanie :

- a) périmètre de riziculture de M'Pourie (Rosso)
- b) petits périmètres irrigués par pompage dans la Vallée du Fleuve Sénégal

iii) Mali :

p.m.

1.1.3. Présentation du rapport intérimaire.

Le rapport intérimaire résulte des dispositions du Plan d'Opération du projet qui prévoit (art.5.3) :

"A la fin de la troisième année des opérations du projet, l'Agence d'exécution soumettra au Fonds Spécial, qui le transmettra au Comité inter-Etats, un rapport intérimaire faisant le point des connaissances acquises grâce aux études achevées ou en cours. Le Comité inter-Etats fera connaître au Fonds Spécial et à l'Agence d'exécution, dans un délai de trois mois à partir de la remise de ce rapport intérimaire, les dispositions qu'il envisage de prendre à la suite de ce rapport".

Le projet comporte, en fait, deux parties bien distinctes, En premier lieu, une série d'études générales (topographie, pédologie, hydrologie, etc...) complètent les connaissances existantes ; elles permettent, ensuite, de passer à l'établissement d'un plan de mise en valeur de la vallée et du delta du fleuve Sénégal qui doit aboutir, comme le prévoit le plan d'opération du projet, "à l'établissement de dossiers suffisamment élaborés pour qu'ils puissent servir directement à la préparation des demandes de financement correspondantes" (1.5.5). . . . / . . .

Le rapport intérimaire fait la liaison entre ces deux parties ; il permet de faire le point sur l'état d'avancement des études générales et les résultats obtenus. Il prépare, d'autre part, les orientations qui devront être données aux études de mise en valeur.

### 1.2 Buts du Projet

Les buts du projet, tels qu'ils ont été définis dans le Plan d'opération (art. 1.1 à 1.3) sont :

- i) établir l'inventaire des connaissances acquises ;
- ii) procéder à des études de base destinées à préparer les avant-projets des ouvrages nécessaires pour le contrôle des crues et l'irrigation, y compris l'étude de barrages de reprise dans la vallée ;
- iii) procéder à l'étude des facteurs techniques, économiques et sociaux déterminant le passage de l'agriculture de décrue vers l'agriculture intensive, y compris l'introduction de l'irrigation systématique.

Ces objectifs restent valables. Dans la cinquième partie de ce rapport (Recommandations), une nouvelle orientation du projet sera proposée pour les études techniques relatives aux ouvrages de reprise et aux périmètres d'aménagement, compte tenu des principes de mise en valeur du bassin du fleuve Sénégal qui ont été arrêtés par l'OERS.

### 1.3 - Dispositions administratives et financières

#### 1.3.1 - Dispositions administratives

Le Projet a été approuvé par le Conseil d'Administration du Fonds Spécial des Nations Unies en Janvier 1966. Le Plan d'Opération a été signé le 23 Novembre 1966 et l'autorisation de commencer le projet a été donnée le 30 Octobre 1967. La durée du projet étant de cinq ans, la date de l'achèvement des opérations sur le terrain est le 29 Octobre 1972. Aucune modification n'a été apportée au Plan d'opération du projet.

#### 1.3.2 - Dispositions financières

|   |                 |
|---|-----------------|
| Montant total du projet . . . . .                                       | US \$ 4.829.200 |
| dont :  |                 |
| - allocation du PNUD . . . . .  | US \$ 4.118.200 |
| - contribution de contrepartie des<br>gouvernements en nature . . . . . | US \$ 711.000   |

### 1.4 - Organisation du projet

#### 1.4.1 - Personnel

On trouvera, ci-joint (annexe 3) la liste du personnel international et du personnel local affecté au projet depuis le début des opérations ainsi que la liste des consultants. Le Directeur du Projet, ainsi que l'administrateur, l'hydrogéologue et le pédologue, ont fait l'objet d'un recrutement anticipé, ce qui a permis de commencer certaines études avant le début officiel des opérations du projet et d'effectuer certaines opérations préliminaires.

#### 1.4.2 - Bourses d'études

Au plan d'opération du projet figure, au titre de l'allocation du PNUD, une somme de US \$ 20.000 pour l'attribution de bourses d'étude dont le détail devait être déterminé ultérieurement. Faute de candidats, aucune bourse n'a pu être attribuée. Trois dossiers sont, cependant, à l'étude et des pourparlers sont en cours pour la présentation d'une quatrième candidature.

#### 1.4.3 - Matériel

On trouvera, ci-joint, (annexe 4), la liste des principaux équipements qui ont été mis à la disposition du projet.

#### 1.4.4 - Sous-contrats

On trouvera, ci-joint, (annexe 5), la liste des sous-contrats qui ont été signés depuis le début de l'exécution du projet.



## II - ACTIVITES DU PROJET ET RESULTATS OBTENUS AU 31 OCTOBRE 1970

### 2.1 - Inventaire des connaissances acquises

Le Projet s'est chargé de rassembler, au fur et à mesure de ses besoins, les principaux documents existants. Un inventaire synthétique des connaissances acquises est en cours.

### 2.2 - Travaux cartographiques et topographiques

#### 2.2.1 - Réimpression de la carte au 1/50.000 de la vallée du Sénégal

La réimpression de cette carte était nécessaire, en raison de l'épuisement des éditions antérieures. Elle a été réalisée en deux couleurs afin de permettre une surcharge ultérieure. Mille (1000) exemplaires de chaque coupure ont été mis à la disposition du projet par le sous-contractant.

#### 2.2.2 - Achèvement et réimpression de la carte au 1/50.000 du delta du Sénégal

La carte au 1/50.000 du delta du Sénégal était incomplète en raison de l'absence de courbes de niveau sur toute la partie mauritanienne de cette région (rive droite du fleuve) et, dans quelques endroits, sur la rive gauche. De plus, les éditions antérieures étaient complètement épuisées. Ces cartes seront réimprimées en mille (1000) exemplaires et dans les mêmes couleurs que la carte de la vallée (2.2.1).

#### 2.2.3 - Mise à jour de la carte au 1/20.000 de la vallée du Sénégal

Les travaux auxquels a donné lieu la carte au 1/20,000 de la vallée du Sénégal ont permis d'aboutir aux résultats suivants :

- i) établissement d'une ligne de nivellation de premier ordre dans la partie mauritanienne de la vallée (rive droite) entre Podor et Kaédi,
- ii) recherche des bornes qui figurent sur la carte au 1/20,000 et rattachement d'un certain nombre d'entre elles au nivellation IGN,
- iii) vérification sommaire des courbes de niveau tracées sur la carte au 1/20,000. Il en est résulté que cette carte ne semble pas pouvoir être utilisée pour les besoins du projet. Il s'agit d'ailleurs d'une carte ancienne, établie vers 1940, dont les indications planimétriques devraient, en tout cas, être entièrement révisées,

#### 2.3 - Etude sur modèle mathématique

Cette étude a pour but de préparer un modèle mathématique hydrologique capable de reproduire les différents régimes du fleuve Sénégal. Le modèle a été réglé avec des données hydrologiques incomplètes qui existent sur le régime naturel du fleuve. En premier lieu, le modèle servira à compléter les données du régime naturel. En deuxième lieu, ce modèle mathématique rendra possible la simulation de certains régimes du fleuve, compte tenu de la construction de barrages de régularisation dans le haut bassin et des conditions de leur exploitation. Il permettra, ainsi, de déterminer les conditions hydrologiques de l'aménagement de la vallée et du delta du Sénégal. La préparation et le réglage du modèle mathématique étant maintenant terminés, il devient possible de passer à son exploitation. Cette étude couvre l'ensemble de la

.../...

vallée et du delta du fleuve Sénégala, des chutes de Gouina (200 km en amont de Bakel) à l'océan Atlantique.

#### 2.4 - Etudes pédologiques

Les études pédologiques exécutées par le projet ont pour but l'établissement d'une carte d'aptitudes culturales des sols de la vallée et du delta du Sénégala. Pour y parvenir une carte géomorphologique et une carte pédologique à l'échelle de 1/50.000 ont été dressées. L'impression des cartes pédologiques et des cartes d'aptitudes culturales est en cours ainsi que la rédaction du rapport final du sous-contractant, mais les minutes des cartes ont, d'ores et déjà, été remises au projet ; cela permet, sans attendre la production des documents définitifs, d'aborder la deuxième partie du projet (1.1.3).

La classification adoptée pour la carte d'aptitudes culturales des sols est celle de l'U.S. Bureau of Reclamation convenablement adaptée pour tenir compte de l'échelle de la carte et des conditions particulières de la zone du projet.

Cette étude couvre une superficie totale d'environ 10.000 km<sup>2</sup>, ce qui correspond à la totalité de la vallée inondable et du delta du Sénégala, de Bakel à l'Océan Atlantique.

#### 2.5 - Etudes hydrogéologiques

##### 2.5.1 - Dans le Delta du Sénégala

L'étude hydrogéologique du delta du Sénégala avait pour objectif principal de définir les conditions du drainage dans cette région en vue du contrôle du niveau de la nappe phréatique

ainsi que de la salinité des eaux et des sols. Les travaux de l'hydrogéologue du projet ont comporté, sur le terrain, 45 forages (20 m à 30 m de profondeur) et 691 trous à la tarière (4 m à 5 m de profondeur) pour une longueur totale de 4043 m ainsi que de nombreuses mesures de salinité et analyses granulométriques qui ont été exécutées par le laboratoire du projet à Richard-Toll.

Les conclusions de cet expert ont porté sur :

- i) la géologie du delta du Sénégal ;
- ii) l'hydrogéologie du delta du Sénégal où l'absence de ressources en eau douce exploitables dans le sous-sol a été démontrée ;
- iii) la possibilité de drainer des terres du delta du Sénégal ;
- iv) la nécessité d'effectuer des essais de drainage à dimension réelle.

Une carte de drainabilité du delta du Sénégal a été établie dans cette région ; il en résulte que 100.000 ha au maximum pourraient être drainés en principe, ce qui reste à vérifier avec les résultats obtenus avec les essais de drainage. Les résultats obtenus par les études hydrogéologiques du projet dans le delta du Sénégal permettront provisoirement d'aborder l'étude de la mise en valeur de cette vaste région (3.700 km<sup>2</sup>) aussitôt que la carte au 1/50.000 (2.2.2) et la carte d'aptitudes culturelles des sols (2.4) auront été mises à la disposition du projet.

#### 2.5.2 - Dans la vallée du Sénégal

Monsieur Roman Karpoff, consultant du projet pour l'hydrogéologie, a dressé un programme d'études hydrogéologiques dans la vallée du Fleuve Sénégal. Il a proposé le recrutement d'un hydrogéologue pour en assurer l'exécution.

## 2.6 - Etudes relatives au drainage

### 2.6.1 - Dans le delta du Sénégal

Les études relatives au drainage dans le delta du Sénégal sont la suite naturelle et forment un contrôle à dimension réelle des travaux de l'hydrogéologue du projet. Grâce aux expérimentations qui ont été faites à Richard-Toll en collaboration avec l'IRAT dans une plantation de canne à sucre, il a été possible d'étudier le drainage dans le haut delta au moyen de drains ouverts et enterrés, tant en ce qui concerne le contrôle du niveau de la nappe phréatique que celui de la salinité. Il s'avère que les drains enterrés poseront des problèmes en ce qui concerne leur entretien (bouchage).

L'étude du drainage des cuvettes du bas delta, en collaboration avec la SAED, est actuellement en cours, en vue de déterminer les conditions de leur dessalement. Il apparaît, d'ores et déjà, qu'un drainage au moyen de drains ouverts peut donner des résultats satisfaisants à conditions que l'épaisseur des couches imperméables superficielles ne dépasse pas 0,50 m.

### 2.6.2 - Dans la vallée du Sénégal

Des investigations préliminaires permettront de se rendre compte de la nature et de l'importance des problèmes de drainage qui pourront se poser dans la vallée du Sénégal à la suite du développement des irrigations. Le contrôle de la salinité ne semble pas poser de problème important dans la vallée. La perméabilité limitée ( $k = 10^{-5}$  m/s) des couches de sable fin qui se trouvent sous la couche superficielle de 1-3 m d'argile limoneuse réduit les possibilités d'utiliser l'eau souterraine pour l'irrigation.

### 2.11 Santé Publique

Une mission préliminaire d'un consultant de l'OMS a permis de poser clairement les problèmes de santé publique qui sont liés au développement des irrigations dans la zone du projet notamment en ce qui concerne les grandes endémies.

### 2.12 Etudes économiques

Les études économiques du projet ont, en premier lieu, été orientées vers l'étude des économies des quatre Etats riverains du Sénégal. On est ensuite passé à des études de structures comportant, notamment, l'analyse économique d'organismes de développement existants (sociétés d'Etat, coopératives) et à des études de produits qui portent principalement sur le riz et sur l'élevage. De plus, des études sur les besoins en riz du Sénégal et de la Mauritanie d'ici à 2000 ont été effectuées, permettant de définir avec plus de précision le rythme d'aménagement souhaitable des deux rives du Fleuve Sénégal.

### 2.13 Etude des schémas d'aménagement de la vallée et du delta du Sénégal.

Les études ont été, jusqu'à maintenant, limitées à la vallée du Sénégal. Conformément à la position arrêtée par l'ONRS lors de la troisième réunion du Conseil des Ministres de cette Organisation (Dakar 26/30 Janvier 1970), elles ont été placées dans le cadre d'une première étape de régularisation du fleuve Sénégal (débit d'étiage de 300 m<sup>3</sup>/s à Bakel).

.../...

D'autre part, les prévisions d'aménagement ont été limitées à l'an 2000.

Les rapports rédigés à cette occasion, bien qu'ils doivent être complétés en ce qui concerne l'aménagement du delta du Sénégal, constitue une première base de discussions qui pourront permettre l'identification rapide de projets réalisables à court terme.

### III - Ressources et développement actuel de la vallée

#### 3.1. - Introduction

Le développement agricole du bassin du Fleuve Sénégal au moyen d'une agriculture intensive à base d'irrigation à grande échelle doit se concentrer, en raison de l'absence des terres irrigables ailleurs, dans la plaine d'inondation du bief aval du fleuve, située entre Bakel et Saint-Louis. La plaine qui couvre une surface brute de 1.030.000 ha est située en Mauritanie et au Sénégal.

L'objectif du développement est de transformer l'économie de subsistance stagnante actuelle en une économie monétaire auto-suffisante avec un taux de développement qui permettra de :

- a) produire assez de denrées vivrières de type céréalier pour satisfaire, avec les autres régions productrices (Casamance), les besoins du pays, libérant ainsi des devises pour le développement des industries ;
- b) éliminer le sous-emploi et le chômage dans la région ;
- c) augmenter le revenu brut par tête, qui est de 10.000 F/an actuellement, de la population de la région, de manière à ce qu'il se rapproche du revenu brut moyen des pays (40.000 F au Sénégal).

Le bassin du Fleuve Sénégal s'étend sur 300.000 km<sup>2</sup> et occupe 10 % du territoire des quatre pays riverains : Guinée, Mali, Mauritanie et Sénégal. Il abrite une population de 1,8 million d'habitants qui vivent presque uniquement d'agriculture et d'élevage extensifs, et regroupe 14 % de la totalité des populations

des quatre pays. Il a une production agricole de 400.000 t, soit 10 % de la production agricole totale ; il comprend également un tiers du bétail.

### 3.2. Topographie

La plaine inondable entre Bakel et Saint-Louis est constituée par :

- a) la vallée amont, de 13 km de largeur en moyenne, située entre Bakel et Kaédi : 220.000 ha
  - b) la vallée aval, de 20 km de largeur, située entre Kaédi et Dagana : 440.000 ha
  - c) Le delta, avec une largeur de 28 km en moyenne : 370.000 ha
- Total : 1.030.000 ha

De l'amont à l'aval, la vallée baisse à raison de 4,5 cm/km environ. La pente se réduit à 2,3 cm/km dans le delta. Les sols de la vallée n'ont pas de problèmes de salinité. Au contraire, dans le delta, tous les sols sont fortement salés à l'exception de 15.000 ha qui ne sont que légèrement atteints.

### 3.3. Sols

L'ensemble des sols de la vallée se subdivise en deux grands groupes de surface égale, chacun de 250.000 ha de superficie.

- a) des sols de cuvettes, qui sont des vertisols avec un pourcentage élevé d'argile gonflante, extrêmement durs en saison sèche et à relief plat ;

b) des sols de levées, qui sont des sols hydromorphes avec des pourcentages d'argile variant entre 10 et 30 %; facilement érodables et dont une partie présente un relief très irrégulier (anciens bras du fleuve).

Une première reconnaissance du sous-sol a révélé qu'il y aurait probablement partout dans la vallée du sable fin, sous la couche superficielle de 1-5 m, de faible perméabilité.

Le delta se divise aussi en sols de cuvettes et sols de levées. Les deux groupes sont salés. Le sous-sol est constitué de sable fin, à une profondeur plus faible que dans la vallée. On trouve l'épaisseur minimale, variant entre 0,5-1,5 m, de la couche superficielle dans les cuvettes sur une surface de 100.000 ha.

#### 3.4. Climat

Le climat de la vallée se distingue par une température moyenne de 27-29°C. La température varie peu d'un mois à l'autre. La saison des pluies tombe en été (Juin-Octobre). En hiver, les températures nocturnes baissent assez pour affecter certaines cultures. Les pluies sont irrégulières. La précipitation annuelle moyenne croît d'ouest en est : 300 mm à Dagana, 400 mm à Kaédi et 700 mm à Bakel.

L'évaporation d'une surface d'eau libre a une valeur annuelle de 2400-2500 mm (mesurée au lac de R'Kiz situé à une quarantaine de km au nord-est de Dagana). L'évaporation atteint son maximum du mois de Mars au mois de Mai. Au cours de ces mois, une faible humidité (H.R. = 30 - 40 %), provoquée par un vent sec venant du Sahara (harmattan), se conjugue avec des températures élevées, créant, quand le vent est fort, le problème d'échaudage, phénomène qui réduit les rendements des cultures.

### 3.5. Ressources en eau

En dehors de la pluie, les ressources en eau dans la vallée sont constituées par le fleuve Sénégal, par ses affluents entre Bakel et Saint-Louis, qui coulent tous par intermittence, et par l'eau souterraine. Le potentiel éventuel en eau souterraine douce est limité à la vallée, la nappe dans le delta étant salée. Le peu de données dont on dispose sur les conditions du sous-sol permet seulement de constater que le sous-sol alluvionnaire (argile limon, sable fin) trouvé jusqu'à l'extrémité des trous de sondages de 10 m de profondeur, ne se prêtera pas, compte tenu de sa faible perméabilité à l'extraction de quantités d'eau nécessaires pour l'irrigation. Des études hydrogéologiques devront être faites pour donner plus de précisions sur les possibilités des couches inférieures

Les affluents intermittents du fleuve à l'aval de Bakel constituent une ressource dont la capacité est limitée par les faibles précipitations (< 500 mm). Le plus important est le Gorgol en Mauritanie, avec un bassin de 7000 km<sup>2</sup> environ, et dont l'écoulement au cours d'une année pluvieuse peut atteindre  $800 \times 10^9$  m<sup>3</sup>.

Le fleuve Sénégal constitue, avec son débit moyen de 780 m<sup>3</sup>/s, l'unique ressource de grande envergure. La quasi-totalité de ses apports hydrauliques vient du Haut-Bassin, qui commence à l'amont de Bakel et qui est assez humide à cause des précipitations s'élevant de 700 mm à Bakel jusqu'à 2000 mm à la source dans le Fouta Djallon. Les pluies sont concentrées dans la période Avril-Octobre. Elles provoquent une crue annuelle qui atteint la vallée entre Juillet et Octobre. A l'amont de Bakel où le Sénégal est rejoint par son dernier grand affluent, la Falémé, les crues atteignent leur valeur maximale avec un maximum absolu d'environ 10.000 m<sup>3</sup>/s.

A l'aval de Bakel, les crues s'écrètent en inondant la vallée. Par fortes crues (7.600 m<sup>3</sup>/s à Bakel), les inondations ramènent les débits de pointe à 80 % à Matam, 50 % à Saldé et 40 % à Dagana. Par faibles crues (1.700 m<sup>3</sup>/s)), l'effet réducteur est beaucoup moins prononcé, la valeur étant 80 % à Dagana. Les débits mensuels moyens et faibles (au-dessus de 90 %) du Sénégal à Bakel et à Dagana sont indiqués ci-dessous.

DEBITS MOYENS MENSUELS EN M<sup>3</sup>/S

1903 - 1964

| STATION | J    | F   | M  | A  | M  | J   | J   | A    | S    | O    | N    | D   | ANNEE |
|---------|------|-----|----|----|----|-----|-----|------|------|------|------|-----|-------|
| BAKEL   | 143  | 84  | 46 | 20 | 10 | 112 | 587 | 2339 | 3449 | 1702 | 575  | 258 | 780   |
| DAGANA  | 1201 | 113 | 62 | 31 | 17 | 33  | 417 | 1223 | 1998 | 2301 | 1905 | 438 | 690   |

DEBITS FAIBLES MENSUELS EN M<sup>3</sup>/S

(Fréquence au dépassement 90%)

1903 - 1964

| STATION | J   | F  | M  | A  | M  | J  | J   | A    | S    | O    | N   | D   |  |
|---------|-----|----|----|----|----|----|-----|------|------|------|-----|-----|--|
| BAKEL   | 95  | 55 | 28 | 11 | 4  | 28 | 339 | 1316 | 1741 | 809  | 330 | 160 |  |
| DAGANA  | 150 | 80 | 45 | 20 | 12 | 6  | 163 | 841  | 1569 | 1468 | 555 | 240 |  |

Les débits mensuels atteignent leur valeur minimale au mois de Mai. L'augmentation de ce débit minimal de 4 m<sup>3</sup>/s à Bakel jusqu'à 6 m<sup>3</sup>/s à Dagana s'explique par le grand volume retenu par le fleuve et les marigots entre Bakel et Dagana (surface lit mineur ~30.000 ha), qui est libéré quand le niveau du fleuve baisse et partiellement par une restitution de la nappe phréatique.

Le fleuve charrie peu de matériaux en suspension. Sa concentration est évaluée à 0,1 gr/l en moyenne. Pour l'irrigation la qualité de l'eau est de premier ordre.

Dans le Delta, l'eau du fleuve est salée par la remontée de l'eau de mer pendant l'étiage. Quand les années sont sèches, les débits sont presque nuls et la langue d'eau salée arrive à Dagana. La pénétration de la langue étant fonction des débits, on a évalué qu'avec des débits de 50, 100 et 300 m<sup>3</sup>/s l'eau salée est refoulée vers Saint-Louis à des distances de, respectivement 120, 100 et 35 km de cette ville.

### 3.6. Démographie

Lors du plus récent recensement de la population de la vallée qui a été fait par la MISOES en 1957-58, on a trouvé un total de 340.000 habitants. Le Delta, qui en était exclu, a été évalué à 25.000 habitants.

Tenant compte de l'influence de l'émigration dans le taux d'accroissement, la population actuelle est estimée à :

|              |   |                         |
|--------------|---|-------------------------|
| Vallée amont | : | 190.000 habitants       |
| Vallée aval  | : | 200.000 habitants       |
| Delta        | : | <u>30.000 habitants</u> |
| TOTAL.....   |   | 420.000 habitants       |

La majorité de la population appartient à la tribu des Toucouleurs, suivie, par ordre d'importance, par les Maures, les Peuhls, les Ouolofs et les Sarakolés. La population du Delta est récente et consiste en un mélange de toutes ces tribus . Les tribus ont leurs territoires, mais sont mélangées avec les tribus nomades, Maures et Peuhls. Aucune tension n'existe entre les différentes tribus.

La population est peu organisée en dehors de la famille. La coutume de partager dans la famille les produits du travail est un frein pour améliorer l'agriculture. Une grande partie aussi ne connaît guère qu'une économie d'échange

.../...

couverts par l'importation. Pour les produits d'élevage, il existe aussi un marché considérable. Le marché externe est aussi en bonne voie vers des pays de l'Ouest de l'Afrique Tropicale (Guinée, Côte d'Ivoire, Libéria, etc...) et vers l'Europe pour des produits de qualité. L'absence de circuits modernes de commercialisation est une contrainte.

### 3.9. Situation actuelle de l'agriculture

Dans l'agriculture traditionnelle de la Vallée, les paysans combinent une culture pluviale de Juillet à Octobre avec une culture de décrue de Novembre à Février. L'irrégularité des pluies et des crues fait changer d'année en année les surfaces cultivées. La surface moyenne est :

|              | <u>cult. décrue</u> | <u>cult. pluviale</u> |
|--------------|---------------------|-----------------------|
| Vallée amont | 65.000              | 43.000                |
| Vallée aval  | 60.000              | 37.000                |
| Total        | 125.000             | 80.000                |

Une famille typique de 5,5 personnes cultive en moyenne 2,3 ha de culture de décrue et 1,5 ha de culture pluviale. Les cultures de décrue consistent en sorgho (70%), niébé (20%), et mil. Les cultures pluviales consistent en mil (85%), arachides et niébé.

La surface moyenne totale cultivée n'a pas augmenté depuis une dizaine d'années. Il semble que la disponibilité des terres de décrue constitue la contrainte principale. La main-d'œuvre nécessaire pour la culture de décrue détermine la surface de la culture pluviale, qu'on peut labourer.

.../...

Les rendements moyens sont de 400 kg/ha pour les cultures de décrue, et de 350 kg/ha pour les cultures pluviales.

La culture du riz, à grande échelle, a été commencée en 1945 à Richard-Toll, situé en tête du delta, et alimenté en eau douce pendant toute l'année par le lac de Guiers. Les autres aménagements qui ont été entrepris par la suite sont ceux de la SAED dans le delta, de l'OAV à Guédé, dans la vallée, et quelques petits systèmes près de Saldé. En Mauritanie, il y a de petits aménagements à Rosso dans le delta, et à Tiékane et Vinding dans la basse vallée. A l'exception de Richard-Toll, tous les autres aménagements ne donnent de l'eau que pour une culture par an, parce que, pendant l'étiage, le fleuve est salé dans le delta et contient très peu d'eau à l'amont.

Pour minimiser le coût d'aménagement, la plupart d'entre eux sont sans maîtrise complète de l'eau. A partir d'un aménagement à base de submersion contrôlée, consistant en une digue de protection avec ouvrage d'art pour contrôler l'entrée de l'eau, qui a donné des résultats aléatoires par l'irrégularité des crues (comparativement avec les crues du Niger), on a essayé différents perfectionnements, comme le pompage d'appoint, l'alimentation indépendante d'unités plus petites, le drainage etc...

A Richard-Toll où la maîtrise de l'eau est la plus complète, on est arrivé à démontrer que, avec une double culture on peut arriver à des rendements de 3.500 kg/ha/récolte. En moyenne, les rendements à Richard-Toll sont de 2.500 kg/ha. Dans les autres aménagements, le manque de sécurité d'eau et l'absence de regroupement des paysans par planches tertiaires pour combattre les mauvaises herbes, et un labour extensif, ont donné des rendements moyens de 1.500 kg/ha, à l'exception de quelques petits aménagements où l'exemple des techniciens de l'extérieur avec des méthodes intensives a fait progresser les paysans qui ont obtenu des rendements de plus de 5.000 kg/ha/récolte.

.../...

Les surfaces aménagées et cultivées sont :

a) Delta

|                       |                        |          |
|-----------------------|------------------------|----------|
| - Richard-Toll (Sén.) | 6.000 ha (5.000 cult.) | 11.500 t |
| - SAED                | ( " ) 10.000 ha        | 14.000   |
| - ROSSO               | (Maur) 1.000 ha        | 1.500    |

b) Basse Vallée

|         |                 |        |
|---------|-----------------|--------|
| - GUEDE | (Sén.) 1.000 ha | 1.000  |
|         | _____           | _____  |
| TOTAL   | 18.000 ha       | 28.000 |

- p.m. petits aménagements (< 50 ha) Tiékane, Vinding, Saldé.

Sont à l'étude ou en financement :

- 1° Extension à Diobol 5.000 ha (les 6.000 ha existants seront transformés en canne à sucre)
- 2° Extension SAED avec 5.000 ha
- 3° Nianga (Sénégal - basse vallée) 5.000 ha
- 4° Demet - avant-projet (Sénégal basse vallée) 1.000 ha
- 5° Gorgol (Mauritanie basse vallée) 2.000 ha
- 6° Matam - Waoundé (avant projet) 15.000 ha  
(Sénégal - haute vallée)

33.000 ha

### 3.10 Pêches

La valeur de la production actuelle de poisson dans la Vallée et dans le Delta du Sénégal est du même ordre de grandeur que celle du produit des cultures de décrue. De plus le poisson représente 80% des produits animaux de la ration alimentaire chez les habitants de la Vallée.

Les schémas d'aménagement de la Vallée du Sénégal ont tenu compte de cet important potentiel économique et nutritionnel qui devra être non seulement maintenu mais encore développé. Une superficie de 400.000 ha à 500.000 ha restera disponible dans la Vallée pour l'épandage de la crue du Sénégal quand le débit minimal régularisé de 300 m<sup>3</sup>/s aura été entièrement utilisé pour les besoins de l'agriculture (300.000 ha), ce qui permettra, dans une large mesure, de maintenir les activités traditionnelles. A plus forte raison, la première phase d'aménagement de la Vallée (70.000 ha en 1985) ne semble pas devoir modifier sensiblement la situation actuelle. Un expert en pêches dans les eaux continentales aura pour tâche, dans le cadre du projet, d'étudier, de son point de vue, les conséquences des aménagements hydroagricoles et de formuler des propositions en vue de réaliser l'intégration des activités halieutiques dans la mise en valeur de la Vallée et du Delta du fleuve Sénégal.

### 3.11 Forêts

La régularisation du fleuve Sénégal aura une influence fâcheuse sur les peuplements de Gonakié (*acacia nilotica*) dont la pérennité est liée à une submersion périodique. Un reboisement compensateur s'imposera et l'essor démographique de la zone du projet rendra même nécessaire un accroissement de la production ligneuse. De même que pour les pêches, l'évolution de ce

.../...

phénomène sera progressive, suivant la cadence de mise en valeur qui aura été adoptée ; il ne semble pas que la première phase d'aménagement de la vallée (70.000 ha en 1985) doive modifier sensiblement la situation actuelle.

### 3.12 - Résumé

Pour résumer la situation actuelle de l'agriculture dans la région, on peut dire que les cultures traditionnelles de décrue et pluviales ont trouvé leur limite d'extension et de rendement (~ 350 kg/ha), la principale contrainte en étant le manque d'eau. Des améliorations technologiques qui pourraient être introduites, comme la traction animale, augmenteraient la responsabilité du paysan sans diminuer son insécurité, par l'absence de maîtrise d'eau. En même temps, des rendements moyens plus élevés ne changeraient pas l'économie de subsistance.

Pour les aménagements rizicoles dans le delta et la basse vallée, le contrôle partiel de l'eau a permis des rendements beaucoup plus forts (1.500 kg/ha en moyenne), le coût d'aménagement avec maîtrise d'eau complète étant toutefois très élevé (avec pompage ~F CFA 250.000 - 350.000/ha) et le régime actuel du fleuve ne permettant qu'une culture ; l'investissement est trop lourd pour être amorti par la production, et un apport de l'extérieur est nécessaire pour le développement de nouveaux aménagements.

Une culture par an, qui n'est pas garantie à 100 %, par une maîtrise d'eau imparfaite conduit les paysans à garder d'autres sources de revenu, pour avoir plus de sécurité et aussi pour employer leur temps hors saison. Par conséquent, ils ne se consacrent qu'extensivement à la culture du riz qui ne représente qu'une partie de leurs cultures de subsistance.

## IV - MISE EN VALEUR DE LA VALLEE

### 4.1. Barrages

Les buts du développement ne pourraient être atteints qu'avec des cultures intensives, et les cultures intensives ne peuvent être produites sans aménagement avec maîtrise d'eau totale : les aménagements complets n'étant pas amortissables sans double culture, il en résulte que la régularisation du fleuve pour assurer de l'eau pendant toute l'année est primordiale. L'eau pourrait être assurée en créant un bassin d'accumulation qui fournirait l'eau quand l'apport du fleuve serait insuffisant.

#### a) Barrages Haut-Bassin

La vallée, dont le lit majeur est de 10-20 km de largeur, ne donne pas la possibilité de créer un bassin d'accumulation de grand volume. A l'amont de la vallée, à partir de Bakel, la configuration du fleuve se prête mieux pour faire un grand réservoir. Les études qui ont été faites par les projets REG 52 et 80 ont fait ressortir différentes alternatives, avec bassins de plusieurs dimensions. L'alternative la plus simple est celle du barrage de Gourbassi, dans la Falémé, qui garantirait un débit minimal de  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  pour le prix de US \$  $30 \times 10^6$  ou  $200 \text{ m}^3/\text{s}$  pour US \$  $39 \times 10^6$ .

#### b) Barrage du delta

Dans la vallée on trouve les meilleures conditions pour créer un bassin dans le delta, où le lit mineur est relativement large (400 m) et le fond assez horizontal. La construction d'un barrage à l'endroit où le fleuve tourne vers

le sud (65 km à l'amont de Saint-Louis) oréera un bassin de  $100 \times 10^6 \text{ m}^3$  par mètre de hauteur. Ce barrage "du Delta" empêcherait aussi la remontée d'eau salée.

Un autre avantage important du barrage de Delta provient du fait qu'il atteint toutes les prises d'eau des aménagements actuels (18.000 ha), permettant d'augmenter la production par l'introduction de la double culture.

En rehaussant les niveaux d'eau du fleuve avant l'étiage, il permettra aussi de prolonger l'alimentation des lacs de Guiers et R'Kiz, et de la dépression de l'Aftout-es-Sahel.

Le prix de revient du barrage peut se comparer à celui du barrage construit dans les mêmes conditions au Sud du Brésil. Ce barrage prend le niveau d'un canal naturel et d'un lac à 2 m au-dessus du niveau de mer. Evacuant des débits maxima de 3000 - 4000 m<sup>3</sup>/s, le barrage possède une largeur ouverte de 250 m, la base étant calée à la cote - 5,00 avec 12 ouvertures fermées par des vannes métalliques.

Les terrains d'assise sont constitués de couches de sable fin alternées avec des couches d'argile et de limon. Une écluse de 130 x 7 x 3 m est constituée de deux têtes en béton renfermant un bief de canal avec des talus.

Le coût total est évalué à US \$ 6.000.000. Le système de construction proposé consiste à bâtir les éléments à sec sur un chantier avec un double fond, à les remorquer, puis à les couler à l'endroit du barrage sur un fond amélioré.

En prenant pour le Sénégal un barrage d'une largeur de 500 m le coût serait, avec une augmentation pour les conditions difficiles (absence de concassés, de main d'œuvre qualifiée, d'un chantier etc.) de 50 %, de l'ordre de 4 milliards de F CFA.

### c) Barrage de reprise

Des barrages situés à l'amont du Delta n'auront qu'une capacité de rétention très réduite. Leur fonction principale serait de rehausser le niveau pour faciliter la dérivation pour

les systèmes d'irrigation (réduction de la hauteur de pompage), et, pour la navigation, de garantir une profondeur minimum indépendante du débit du fleuve.

Ils ne permettront pas la double culture et pour cette raison leur construction ne peut pas être recommandée avant que le barrage du Haut-Bassin ne soit réalisé.

#### 4.2. Aménagements

Les aménagements dans la vallée et le delta consistent en travaux de protection contre les crues, systèmes d'irrigation, systèmes de drainage et planage des terres.

La protection contre les crues par des digues qui suivent les parties hautes de la vallée, conduit à subdiviser la vallée en polders ou unités naturelles d'aménagement. Il y a deux groupes : un groupe d'unités s'appuie sur les bords de la vallée ; il demande moins de digues mais voit son drainage compliqué par les drains naturels qui débouchent sur les bords. Un autre inconvénient peut être son éloignement du fleuve, ne donnant que sur un bras qui n'a pas assez d'eau et de profondeur pendant l'étiage. Les unités de l'autre groupe devraient être endiguées de tous les côtés, mais ne draineraient pas de surfaces supplémentaires et auraient toujours la possibilité de prendre de l'eau directement du fleuve. La hauteur des digues varie entre 2,00 et 3,50 m, tenant compte d'une revanche d'un mètre au-dessus du niveau d'une crue centenaire. Le volume de remblai nécessaire pour faire les digues varie entre 100 et 300 m<sup>3</sup>/ha brut. Les systèmes d'irrigation devraient donner la maîtrise d'eau jusqu'à des parcelles de 100 ha.

Les stations de pompage doivent être situées de préférence dans une courbe extérieure du fleuve ou du défluent où l'eau est profonde, avec un canal d'amenée d'une certaine longueur,

.../...

donnant une marge de sécurité dans le cas où le fleuve éroderait ses talus extérieurs. Il élèvera l'eau à une hauteur qui permettra d'irriguer une bonne partie des cuvettes dans l'unité naturelle, et éventuellement donnera la possibilité d'irriguer sans pompage pendant la période de 3 à 4 mois des hautes eaux du fleuve. Si les conditions topographiques le permettent, les stations pourraient inclure le 2ème étage qui élève l'eau au-dessus des sols irrigables des levées. Sinon, une ou plusieurs stations secondaires devront être placées aux endroits les plus favorables.

Le système des canaux pour amener et distribuer l'eau pour les sols des cuvettes sera placé en grande partie sur des sols lourds et imperméables. L'alternative de canaux sans revêtement, avec une section plus grande ou un canal revêtu d'une section plus petite, doit être étudiée, ce qui permettra de choisir l'alternative qui est la plus favorable pour l'investissement et l'entretien.

Les canaux pour distribuer l'eau sur les sols de levées se débrancheront des canaux de cuvettes ; ils seront plus petits et plus courts. Comme le sol des levées est très perméable et érodable, ces canaux devront être revêtus de toute façon, et éventuellement portés ou être remplacés par un système de tuyaux souterrains. Un système de tuyaux sous pression permettra l'aspersion ; ce système pouvait s'avérer le plus économique sur les sols d'une topographie très irrégulière.

Sur les sols des cuvettes, la présence d'une argile gonflante oblige à prendre des précautions pour le revêtement des canaux et les fondations des ouvrages d'art.

La capacité spécifique des systèmes de drainage dépend de la pluie, des exigences des cultures, de la capacité d'assainissement des sols et d'autres facteurs moins importants. En se

.../...

basant sur l'évacuation d'une pluie décennale et en s'imposant pour les cultures (sur les levées) l'évacuation de la pluie en 24 heures, on trouve une valeur de précipitation de 10 cm.

Pour les cultures dans les cuvettes, riz et cultures fourragères, l'exigence d'évacuer une pluie de 4 jours en 4 jours (estimée à 15 cm) pourra être suffisante. Comme les pluies fortes tombent pendant la saison des crues, on devra calculer les stations d'exhaure pour évacuer les débits maximaux, alors que le fleuve atteint des hauteurs quasi maximales. Il reste à étudier si un décalage entre les pluies et les crues ne permettrait pas de réduire la capacité des installations.

Pour les unités situées contre les bords où un drain naturel pénètre dans la vallée, il faut ou évacuer l'eau par la station d'exhaure ou dériver le débouché du drain en dehors de la zone endiguée.

Le planage des blocs tertiaires de 100 ha pour assurer une irrigation efficiente coûtera environ F CFA 100.000/ha. Il est important d'étudier si, pour les cultures de riz dans les cuvettes, on ne pourrait pas se borner à un nivellation qui n'enlèverait que les irrégularités du micro-relief et qui serait beaucoup moins onéreux.

Des assolements typiques peuvent être trouvés pour les sols de la vallée, constitués par une double culture de riz sur les sols des cuvettes, alternée chaque cinquième année avec une culture fourragère pour maintenir la fertilité et combattre les mauvaises herbes. Pour les sols de levées, une culture de blé pendant les mois d'hiver, en rotation avec une culture de maïs ou de sorgho pendant l'été, devrait aussi, une fois tous les 5 ans, être alternée avec une culture fourragère légumineuse. Sur 10 % des sols de levées, on aura la possibilité de remplacer les

cultures céréalier<sup>es</sup> par des cultures industrielles, de tabac, d'arachides, de soya ou des cultures maraîchères. La perméabilité et l'érodabilité des sols de levées exclut la culture du riz. La préférence pour des cultures céréalier<sup>es</sup> est la conséquence de la facilité de leur commercialisation en grandes quantités sur le marché interne des pays.

Avec 50% des sols de cuvettes et 50% des sols de levées, la distribution moyenne des cultures dans la vallée se répartit en 40% de riz, 40% de blé, maïs ou sorgho (éventuellement) réduit à 30% avec 10% de cultures industrielles) et 20% de cultures fourragères.

Les besoins moyens en eau de la vallée ont été basés sur ce schéma préliminaire de cultures en utilisant une valeur d'évaporation potentielle d'une nappe libre qui s'élève à 2.400 mm. (calculs en annexe 1) pour une année sèche (référence une fois en 10 ans).

Les valeurs choisies donnent les besoins en eau, y compris les pertes dans les systèmes de distribution :

pour le riz, de l'ordre de ..... 18.000 m<sup>3</sup>/ha  
 pour le blé, maïs, " ..... 10.000 m<sup>3</sup>/ha  
 pour 21 mois de fourrages ..... 18.000 m<sup>3</sup>/ha/an

Les besoins mensuels maximaux, à la prise d'eau, sont de 2,3 l/s/ha pour le riz, 1,0 l/s/ha pour les cultures fourragères, 1 l/s/ha pour les autres cultures. L'ensemble de cultures (40% riz, 20% fourrages, 40% maïs et blé) donne des besoins annuels moyens, à la prise d'eau, de 28.000 m<sup>3</sup>/ha avec un besoin de pointe s'élargissant à 1,5 l/s/ha (en Janvier et Juin) et des besoins minimaux de 0,8 l/s/ha (en Octobre et Avril).

.../...

Combinant les besoins d'eau chaque mois avec les débits mensuels du fleuve, avec une récurrence d'une fois en 10 ans (à Bakel), on trouve la surface que l'on pourrait irriguer en double culture sans régularisation du fleuve. On trouve 5.000 ha, la contrainte se situant dans le mois de Mai ( $4 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Cette valeur n'est pas très exacte compte tenu des données, mais donne un ordre de grandeur. En déduisant des besoins en eau mensuels des surfaces en double culture plus grandes, les quantités apportées par le fleuve, on obtient les volumes d'eau qui doivent être fournis en supplément par un bassin d'accumulation :

|   |                                |
|---|--------------------------------|
| pour 50.000 ha (déficit mois FAMJ)                                | $225 \times 10^6 \text{ m}^3$  |
| pour 150.000 ha (" " DJFMAMJ)                                     | $1700 \times 10^6 \text{ m}^3$ |
| pour 300.000 ha (" " DJFMAMJJ)                                    | $4660 \times 10^6 \text{ m}^3$ |
| pour 300.000 ha (et un débit minimal de<br>300 m <sup>3</sup> /s) | $6100 \times 10^6 \text{ m}^3$ |

En se basant sur les besoins d'accumulation des surfaces aménagées, la planification quantitative du développement est possible.

#### 4.3 - Alternatives de développement

Si l'on prend le rythme de développement avec lequel la production pourrait satisfaire les besoins céréaliers de Mauritanie et du Sénégal, si l'on suppose que 25 % des besoins du Sénégal sont produits dans d'autres régions agricoles (Casamance) et si l'on se base sur une production de 2.000 kg/ha/récolte avec des populations qui atteindraient en l'an 2.000 respectivement 2.500.000 et 7.500.000 hb, on arrive à une mise en valeur de 150.000 ha en 2000, ou un rythme de développement annuel de 5000 ha avec une production de 20.000 t.

Si l'on construit le barrage du Delta de manière à ce qu'il garantisse un dénivellation utile de 2,50 m, la capacité

de son bassin d'accumulation sera de  $250 \times 10^6$  m<sup>3</sup>, fournissant un supplément d'eau de Février à Juin qui permettra, avec l'apport du fleuve, d'irriguer 50.000 ha en double culture.

Les alternatives proposées sont très schématiques et tendent à utiliser au maximum les réserves d'eau qui sont créées par les barrages.

#### 4.3.1. Alternative 1

Priorité de construction donnée à :

- a) barrage du delta
- b) barrage 300 m<sup>3</sup>/s Haut-Bassin
- c) barrage de reprise

Etape 1970 : situation actuelle. Cultures traditionnelles 200.000 ha produisant 70.000 t de céréales (sorgho et mil e.a.). Cultures avec maîtrise d'eau partielle, une culture par an, production approximative 30.000 t de paddy ou 20.000 t de riz.

#### Etape 1971-1977

a) Perfectionnement de la maîtrise de l'eau dans les aménagements existants pour une culture. Investissement  
 $\sim F\ CFA\ 150.000/\text{ha} \times 18.000\ \text{ha} = F\ 2.700 \times 10^6$

b) Aménagement et mise en valeur de terres dont les études ont déjà été entreprises, dans la zone d'influence du barrage du delta (km 75 - 325) - Diovol-Richard-Toll (5.000 ha) - Nianga (5.000 ha) et Rosso (5.000 ha) - Dievol double culture (près du Lac de Guiers).

Investissements F CFA 300.000/ha x 20.000 ha = F 6.000 x 10<sup>6</sup>

## c) barrage du delta

fin 1972 : étude semi-détaillée finie

1973 : financée

début 1974 : construction

fin 1977 : barrage fini

Coût approximatif : F CFA  $4.000 \times 10^6$

Etape 1978-1985

|    |  |           |
|----|--|-----------|
| a) | Aménagements complets dans la zone du barrage du delta, tous à double culture          | 38.000 ha |
| b) | Nouveaux aménagements à faire dans la zone du barrage (à étudier par le Projet REG 61) | 12.000 ha |
|    | Investissements F. $300.000/\text{ha} = F 3.600 \times 10^6$                           | _____     |
|    | Total  | 50.000 ha |
| c) | Développement dans la Haute-Vallée, mise en valeur avec une culture                    | 20.000 ha |
|    | Investissements F. $300.000/\text{ha} = F 6.000 \times 10^6$                           | _____     |
| d) | Grand barrage 300 m <sup>3</sup> /s construit en 1985.                                 |           |

En admettant qu'un débit de 150 m<sup>3</sup>/s soit le minimum nécessaire pour la navigation, il reste 150 m<sup>3</sup>/s pour l'agriculture avec lesquels, moyennant une légère modification dans l'opération, on pourrait irriguer 150.000 ha. Pour définir la quote-part que l'on pourrait imputer à l'irrigation dans le financement du barrage, on peut prendre le coût d'un petit barrage qui satisferait juste aux besoins de 150.000 ha. Le barrage le plus économique à cet égard est le barrage de Gourbassi sur la Falémé. Le coût de ce barrage

est pour 150 m<sup>3</sup>/s de l'ordre de US \$ 35 x 10<sup>6</sup> = F CFA 9.000 x 10<sup>6</sup>

#### Etape 1986-2000

- a) Aménagements complémentaires de la zone du barrage du delta, double culture 50.000 ha
  - b) Aménagements complémentaires dans la Haute-Vallée passant d'une culture à une double culture (Gorgol, Matam, Waoundé) 20.000 ha
  - c) Les cultures traditionnelles dans la Haute-Vallée diminuent, par l'écrètement de la crue de 100.000 ha à 60.000 ha, ce qui équivaut à replacer 10.000 familles dans les aménagements b).  
Dans la basse Vallée, à condition qu'on ne retarde pas la crue, les conditions restent les mêmes.
  - d) Aménagement et mise en valeur de 80.000 ha
- 
- |       |            |
|-------|------------|
| Total | 150.000 ha |
|-------|------------|

#### Etape 2001-2011

- Aménagement et mise en valeur d'une surface qui utilise l'eau accumulée par le grand barrage pour les besoins agricoles 50.000 ha

#### Etape 2012-2042

Dans cette étape, on pourrait choisir entre un des deux points de l'alternative suivante :

a) construire les barrages de reprise qui libèreraient le débit de 150 m<sup>3</sup>/s qui est réservé pour la navigation, pour les besoins agricoles. Comme le barrage du delta ne peut pas à la fois faire fonction de bassin d'accumulation et retenir le niveau d'eau à 2 m, il perd sa première fonction, ce qui réduit le débit utile pour les besoins agricoles à 100 m<sup>3</sup>/s.

b) augmenter la capacité des bassins d'accumulation dans le Haut-Bassin. La dernière solution semble plus intéressante. Le prix des deux barrages de reprise (chacun égal à celui du barrage du delta) s'élève à F CFA  $8.000 \times 10^6$  tandis que le coût pour augmenter le débit de 300 m<sup>3</sup>/s à 450 m<sup>3</sup>/s dans le système d'accumulation du Haut-Bassin se limite à F CFA  $1.250 \times 10^6$  (Galougo).

RESUME ALTERNATIVE I

37 bis

| Période   | Type d'aménagement   | Surface nette/ha | Invest. en 10 F CFA                                   | Product. en 1.000 T. |
|-----------|--|------------------|---|----------------------|
| 1970      | Cultures décrue et pluviales                                   | 200.000          | -   | 70                   |
|           | Aménagements rizicoles   | 18.000           | -   | 20                   |
|           |  |                  |   | 90                   |
| 1971/77   | Cultures décrue et pluviales                                   | 200.000          | -   | 70                   |
|           | Aménagements rizicoles améliorés                               | 18.000           | 2.700   | 36                   |
|           | Mise en valeur Diovol  |                  |   |                      |
|           | SAED, NIANGA et ROSSO  | 20.000           | 6.000   | 40                   |
|           | Barrage Delta  | -                | 4.000   |                      |
|           | Cap. = 50.000 ha   |                  |   |                      |
|           |  |                  | 12.700  | 146                  |
| 1978/85   | Cultures décrue et pluviales                                   | 200.000          | -   | 70                   |
|           | Aménagements complets avec double culture                      | 38.000           | -   | 152                  |
|           | Mise en valeur zone barrage                                    |                  |   |                      |
|           | Delta double culture   | 12.000           | 3.600   | 48                   |
|           | Mise en valeur Haute-Vallée une culture                        | 20.000           | 6.000   | 40                   |
|           | Grand barrage 300 m <sup>3</sup> /s 50% pour besoins agricoles | -                | 9.000<br>(partie attribuable à l'agricult.)<br>18.600 | -<br>310             |
| 1986/2000 | Cultures décrue et pluviales                                   | 160.000          |   | 56                   |
|           | Aménagements zone barrage Delta double culture                 | 50.000           | -   | 200                  |
|           | Aménagements Haute-Vallée double culture                       | 20.000           | -   | 80                   |
|           | Mise en valeur Haute et Basse Vallée                           | 80.000           | 24.000<br>24.000                                      | 320<br>656           |
| 2001/2011 | Cultures décrue et pluviales                                   | 120.000          | -   | 42                   |
|           | Aménagements zone barrage                                      |                  |   |                      |
|           | Delta double culture   | 50.000           | -   | 200                  |
|           | Aménagements Haute-Vallée                                      |                  |   |                      |
|           | double culture   | 20.000           | -   | 80                   |
|           | Aménagements Haute & Basse Vallée                              | 80.000           | -   | 320                  |
|           | Mise en valeur Haute & basse Vallée                            | 50.000           | 15.000<br>15.000                                      | 200<br>842           |
| 2012/2042 | Mise en valeur   | 150.000          | p.m.  |                      |

4.3.2. L'autre alternative qui se présente logiquement consiste à donner une priorité au :

- a) barrage 300 m<sup>3</sup>/s Haut-Bassin
- b) barrage du Delta
- c) barrage de reprise ou augmentation à 450 m<sup>3</sup>/s

|           |  |           |   |        |   |            |
|-----------|--|-----------|---|--------|---|------------|
|           |  |           |   |        |   |            |
| 1970      | ! Culturos décrue et pluviales             | ! 200.000 | ! | -      | ! | 70         |
|           | ! Aménagoments rizicolos existants         | ! 18.000  | ! | -      | ! | <u>20</u>  |
|           |  |           | ! |        | ! | <u>90</u>  |
| 1971/1979 | ! Cultures décrue et pluviales             | ! 200.000 | ! |        | ! | 70         |
|           | ! Amélioration aménagoments                | !         |   |        | ! |            |
|           | ! existants une culture                    | ! 18.000  | ! | 2.700  | ! | 36         |
|           | ! Misc en valour Diovol, Nianga            | !         |   |        | ! |            |
|           | ! SAED Rosso une culture                   | !         |   |        | ! |            |
|           | ! (Diovol double culture)                  | ! 20.000  | ! | 6.000  | ! | 50         |
|           | ! Mise en valour Haute Vallée              | !         |   |        | ! |            |
|           | ! une culture                              | ! 22.000  | ! | 6.600  | ! | 44         |
|           | ! Grands barrage 300 m <sup>3</sup> /s 50% | !         |   |        | ! |            |
|           | ! pour les besoins agricoles               | !         |   | 9.000  | ! |            |
|           |  |           | ! |        | ! | <u>200</u> |
| 1980/2000 | ! Cultures décrue et pluviales             | ! 120.000 | ! |        | ! | 42         |
|           | ! Aménagoments Delta double cult.          | ! 18.000  | ! | -      | ! | 72         |
|           | ! Diovol, Nianga, SAED, ROSSO              | !         |   |        | ! |            |
|           | ! double culture                           | ! 20.000  | ! | -      | ! | 80         |
|           | ! Aménagoments Haute et Basse              | !         |   |        | ! |            |
|           | ! Vallée                                   | ! 22.000  | ! | -      | ! | 88         |
|           | ! Misc en valour Haute et Basse            | !         |   |        | ! |            |
|           | ! Vallée.                                  | ! 90.000  | ! | 27.000 | ! | 360        |
|           | ! Augmentation capacité accumu-            | !         |   |        | ! |            |
|           | ! lative Haut-Bassin                       | !         |   | 1.000  | ! |            |
|           |  |           | ! |        | ! | <u>642</u> |
| 2001/2042 | Mise en valour Vallée                      | ! 150.000 | ! | p.m.   | ! |            |
|           |  |           | ! |        | ! |            |

V - PLAN DE TRAVAIL JUSQU'A LA FIN DU PROJET5.1. Plan de travail

Le projet de plan de travail jusqu'à la fin du projet que l'on trouvera ci-joint en annexe a été établi en suivant les dispositions du Plan d'Opérations, compte tenu des recommandations formulées dans le présent rapport intérimaire. De plus, le délai d'exécution du projet a été prolongé de 12 mois afin de permettre :

- a) une étude plus approfondie de la première étape de l'aménagement (semi-détaillé) et
- b) la rédaction du rapport final du projet après l'achèvement des opérations sur le terrain.

Ce projet de plan de travail appelle les commentaires suivants :

Point 1. Inventaire des connaissances acquises.

Il s'agit du projet REG 181

Point 2. Travaux cartographiques et topographiques.

Sans commentaires.

Point 3. Carte d'utilisation des sols.

Sans commentaires.

Point 4. Etude sur modèle mathématique.

a) sans commentaires

b) l'exploitation du modèle mathématique comportera :

- . L'étude des crues actuelles après construction des unités naturelles. Première tranche 50.000 ha barrage du delta.
- . L'étude de la crue résiduelle après construction du barrage du Haut-Bassin.
- . L'étude des crues résiduelles après construction des unités naturelles.
- . Le calcul des superficies des terrains submergés par la crue résiduelle, d'où l'on pourra déduire une estimation de la superficie qui sera couverte par les cultures de décrue.
- . L'étude des crues après
  - a/ fermeture des petits marigots ;
  - b/ fermeture du Doué.
- . Les études hydrologiques complémentaires seront exécutées conformément au programme minimum qui a été établi en accord avec le sous-contractant et les consultants du projet.

- . L'étude des crues actuelles après construction des unités naturelles. Première tranche 50.000 ha barrage du delta.
- . L'étude de la crue résiduelle après construction du barrage du Haut-Bassin.
- . L'étude des crues résiduelles après construction des unités naturelles.
- . Le calcul des superficies des terrains submergés par la crue résiduelle, d'où l'on pourra déduire une estimation de la superficie qui sera couverte par les cultures de décrue.
- . L'étude des crues après
  - a/ fermeture des petits marigots ;
  - b/ fermeture du Doué.
- . Les études hydrologiques complémentaires seront exécutées conformément au programme minimum qui a été établi en accord avec le sous-contractant et les consultants du projet.

#### Point 5. Etudes hydrogéologiques

Le programme des études hydrogéologiques dans la vallée du Sénégal a été dressé par M. Roman KARPOFF, consultant du projet.

#### Point 6. Etude du drainage

a) L'étude du drainage dans le delta du Sénégal porte principalement sur le dessalement des cuvettes destinées à la riziculture. Les expérimentations, commencées en 1970, seront poursuivies

pendant la saison des pluies 1971.

b) On mettra à profit la présence du spécialiste en drainage pour effectuer des observations préliminaires qui permettront d'apprécier la nécessité d'un drainage en profondeur dans la vallée du Sénégal

Point 7. Etudes économiques

a) Etude des structures.

c) Etude de l'élevage. Cette étude, pour laquelle une liaison très étroite avec l'IEMVT et avec le zootechnicien du projet est indispensable, sera entreprise par l'économiste du projet dès l'arrivée de cet expert

d) Etude des cultures diverses dont les principales sont blé, maïs, sorgho, mil, arachides, tabac, soya, cultures maraîchères et agrumes.

e) Etude économique d'ensemble de la zone du projet.  
En complément des études économiques antérieures, cette étude aura pour but de situer la zone du projet par rapport aux quatre Etats membres de l'OERS et de montrer quelles seront les répercussions des investissements proposés par le projet sur leur développement économique et social.

f) Définition d'une politique de mise en valeur.  
Des propositions seront présentées par le projet à l'OERS qui décidera de la politique de mise en valeur agricole qui sera appliquée dans le bassin du fleuve Sénégal. Il est probable que cette politique devra être adaptée aux orientations particulières des plans de développement économique et social des Etats membres.

Point 8. Etudes et actions spécialisées.

- a) Zootechnie
- b) Pêches
- c) Forêts

Les termes de référence de ces experts ont été rédigés et leur recrutement est en cours.

- d) Aménagement de l'espace rural.

Après une reconnaissance de la zone du projet et une étude de la situation actuelle qui aura lieu au début de 1971, l'étude proprement dite prendra place au début de 1972. Elle comportera, en particulier, une étude des équilibres naturels dans la zone du projet et de leur évolution à la suite des travaux de mise en valeur agricole qui seront exécutés dans cette région.

- e) Santé Publique

- f) Enseignement - Formation Professionnelle.

La FAO recherchera la collaboration de l'OMS, de l'UNESCO et du BIT pour l'exécution de ces études.

Point 9. Etude du schéma d'aménagement de la vallée et du delta. Etude des ouvrages de reprise.

- a) Etude du schéma d'aménagement de la vallée et du delta.

Il s'agit de l'achèvement des études commencées en 1970.

Les schémas établis doivent être améliorés, non seulement au moyen d'études techniques complémentaires, mais aussi en liaison étroite avec l'OERS et avec les services techniques intéressés des gouvernements des Etats membres.

b) Etude du schéma de mise en valeur de la vallée et du delta.

Cette étude fera suite à celle du schéma d'aménagement. Le schéma de mise en valeur de la zone du projet sera conforme à la politique de mise en valeur qui aura été arrêtée par l'OERS sur propositions du projet.

c) Etude de l'aménagement des principaux marigots.

Cette étude technique pourra être entièrement sous-contratée. La préparation de ce sous-contrat commencera dès le début de la saison des pluies 1971, de manière que les travaux topographiques puissent commencer effectivement sur le terrain immédiatement après le retrait de l'inondation.

d) Etude du barrage du delta.

Cette étude sera sous-contratée. La préparation de l'appel d'offres a commencé en 1970.

e) Etude du barrage de Boghé et Kaédi.

L'étude des barrages de reprise qui n'ont pas de priorité dans le plan de développement sera limitée à déterminer leur influence sur le régime du fleuve et à prospecter les conditions du sous-sol (sondages) pour définir l'emplacement approximatif des barrages.

f) Etude des projets d'aménagement (première étape)

Il s'agit seulement des aménagements qui devront être réalisés par priorité jusqu'en 1985 au titre de la première étape de la mise en valeur de la vallée et du delta du Sénégal. Selon le plan de développement, ces aménagements pourraient couvrir une superficie totale d'environ 70.000 ha . Il s'agit d'établir les avant-projets pour les périmètres qui auront été retenus par l'OERS, sur proposition du projet. Ces études pourront être sous-contratées. La préparation de l'appel d'offres commencera au milieu de 1971, de manière que les travaux sur le terrain puissent débuter effectivement dans le courant de la saison sèche 1971-1972.

Point 10. Préparation des actions sur le terrain

Les actions sur le terrain dont l'exécution est maintenant envisagée ont été précisées lors de la réunion des experts agricoles des Etats membres de l'OERS qui s'est tenue à Saint-Louis les 27, 28, 29 et 30 Avril 1970. Il est possible que ces actions donnent lieu à des projets nationaux séparés. Néanmoins, il convient de prévoir que certaines études préliminaires pourront être demandées au projet REG 61. Ces études seront exécutées pendant le premier semestre 1971.

Point 11. Rapport intérimaire.

Sans commentaires.

Point 12. Rapport final.

La rédaction du rapport final sera commencée en Décembre 1972. Elle se poursuivra pendant trois mois. La mise au point de ce document se poursuivra jusqu'à la fin du projet.

## 5.2. Identification de projets réalisables à court et à moyen termes.

Le Plan d'Opération du projet (art. 1.5.5) indique, à propos des ouvrages de reprise et des périmètres d'aménagement, que "ces études devront aboutir, dans les délais prévus, à l'établissement de dossiers suffisamment élaborés pour qu'ils puissent "servir directement à la préparation des demandes de financement "correspondantes".

### 5.2.1. Projets identifiés au 30 Juin 1970

Il a d'ores et déjà été possible d'identifier deux projets :

- i) Aménagement pour la riziculture des cuvettes du delta (Sénégal)

Il s'agit de la poursuite d'opérations en cours qui sont actuellement financées par l'assistance technique bilatérale française.

- ii) Mise en valeur du bassin du Gorgol (Mauritanie)

L'étude de factibilité pour l'aménagement d'une première tranche de 5.000 à 6.000 ha destinés à la riziculture a fait l'objet d'un projet dont l'exécution est actuellement en cours.

### 5.2.2. Identification de nouveaux projets.

Les aménagements hydro-agricoles.

Les études du projet ont été orientées de manière à permettre l'identification de nouveaux projets qui pourraient être réalisés à court ou à moyen terme. A cet effet, on passera successivement par les étapes suivantes :

i) Schéma d'aménagement théorique général de la vallée du delta.

Ce schéma sera établi en tenant compte uniquement des facteurs physiques (sol, relief, réseau hydrographique). Il en résultera un découpage de la zone du projet en unités naturelles d'équipement.

ii) Schémas d'aménagement et de mise en valeur partiels.

Des schémas seront établis à partir du schéma d'aménagement général, dans le cadre d'une utilisation progressive d'un débit minimal régularisé de 300 m<sup>3</sup>/s. Il en résultera une série de programmes de mise en valeur échelonnés dans le temps. Au-delà de 2000, cependant ces programmes n'auront qu'une valeur indicative : ils ne seront pas considérés plus avant.

iii) Pour les programmes de mise en valeur dont l'exécution sera prévue avant 2000, on envisagera deux cas :

a) Pour la période comprise entre 1970 et 1985, les études seront poussées jusqu'à l'établissement d'avant-projets suffisamment détaillée pour permettre l'identification des périmètres qui pourraient être pris en considération en vue du financement de leur mise en valeur. Une décision sera alors prise en ce qui concerne l'exécution des études de factibilité correspondantes ;

### Résumé des recommandations

La mise en valeur du bassin du Sénégal est basé sur la régularisation de ce cours d'eau qui permettra l'irrigation pendant toute l'année. Dans la situation actuelle, les débits d'étiage dans la période de Mars à Juin limite la mise en valeur des périmètres à une culture par an. Le coût d'aménagement avec maîtrise d'eau complète (parcelles tertiaires de 100 ha au maximum, planage, drainage) ne se justifiant pas pour une seule culture, on a essayé d'aménager avec une maîtrise partielle qui, étant donné tous les aléas, a eu des conséquences défavorables sur les rendements (moyenne 1500 kg paddy/ha), et ne constitue donc pas un système viable.

Les étapes de développement prévues sont :

1/ Amélioration des aménagements existants de 18.000 ha dans la zone d'influence du barrage du delta, pour arriver à une maîtrise d'eau totale dans le périmètre. A l'exception du périmètre de Richard-Toll-Diovol (alimenté par le Lac de Guiers) et de Guédé (à l'amont de la limite de l'eau salée, la mise en valeur se limitera à une culture).  
~~par an.~~

2/ Construction du barrage du delta avec un bassin d'accumulation de  $250 \times 10^6 \text{ m}^3$  qui permettra la double culture sur 50.000 ha

3/ Aménagement et mise en valeur avec double culture de 32.000 ha

4/ Construction du grand barrage dans le Haut-Bassin garantissant en première phase un débit d'étiage de 300 m<sup>3</sup>/s, et aménagement et mise en valeur de 150.000 ha avec double culture.

5/ Augmentation de la capacité du bassin d'accumulation du Haut-Bassin ou barrages de reprise.

Une alternative à étudier est l'intérêt d'intervertir les étapes 2 et 3, c'est-à-dire de construire le grand barrage du delta.

i) Les aménagements à étudier jusqu'à la phase de pré-financement devront être situés dans la zone d'influence du barrage du delta qui comprend 32.000 ha dans le delta et 100.000 ha dans la basse vallée (sols sans problèmes de salinité).

L'étude d'un aménagement de moyenne dimension (5000 ha) dans la Haute vallée pour servir comme projet pilote est aussi à recommander s'il se vérifie que le débit d'étiage du Sénégal est suffisant pour une mise en valeur avec double culture.

ii) Il est recommandé de ne pousser jusqu'à l'avant-projet que l'étude des aménagements hydro-agricoles qui seront réalisés avant 1985, afin de permettre l'identification de projets qui pourront, ultérieurement, faire l'objet d'études de factibilité en vue de leur financement. En ce qui concerne les aménagements hydro-agricoles qui seront réalisés entre 1985 et 2000, on se limitera à l'étude de leurs caractéristiques générales. Quant à ceux qui n'interviendront qu'après 2000, ils seront simplement mentionnés à titre indicatif.

iii) Il est recommandé d'entreprendre l'étude des principaux marigots de la vallée et du delta du Sénégal.

iv) La mise en valeur de nombreuses cuvettes dans le delta du Sénégal doit commencer par le dessalement des sols. Il est recommandé de poursuivre les expérimentations en cours jusqu'à ce

ANNEXE 1

N° 1

BESOINS EN EAU

Sur les tableaux en annexe, on a estimé les besoins en eau des cultures qui sont adaptés aux conditions de la vallée et dont les produits pourraient être commercialisés à grande échelle (potentiel de la vallée 500.000 ha) et qui, pour ces raisons, ont été retenues dans l'assèlement typique des aménagements (première étude).

Les besoins en eau des cultures sont déduits de l'évaporation annuelle qui a été mesurée au lac de R'Kiz, situé à 10 km au nord de Dagana. La valeur annuelle a été répartie entre les mois, proportionnellement aux valeurs mensuelles obtenues avec la formule de Penman (utilisation des données météorologiques).

Les besoins nets en eau d'irrigation ont été calculés en déduisant les valeurs mensuelles d'une pluie de fréquence au dépassement 90 % (100 % déduction pour le riz, 50 % pour les autres cultures) de l'évaporation du lac de R'Kiz (surface d'eau libre), et en réduisant le chiffre trouvé selon les cultures (crop coefficient) et leur stade de développement (growth coefficient). Pour le riz, on a admis des besoins en eau égaux à ceux d'une surface d'eau libre (100 %). Pour les cultures fourragères, un coefficient moyen de 70 % a été retenu, à l'exception du premier mois (35 %). Pour les autres cultures, des coefficients qui varient selon le développement de la culture ont été adoptés.

Les besoins bruts sont déterminés en ajoutant les pré-irrigations (pour faciliter le labourage et la germination), pour toutes les cultures. Pour le riz, en plus, on a ajouté les quantités nécessaires pour la mise en eau et la vidange (replenishment) des bassins et les pertes par percolation. Pour les cultures fourragères et les autres cultures, un coefficient d'efficacité de 60 % a été admis.

Les besoins bruts des cultures (à la parcelle) sont 3130 mm pour deux cultures de riz par an ou 16000 m<sup>3</sup>/ha par culture. Pour 21 mois de culture fourragère, les besoins sont de 2.290 mm ou 1100 m<sup>3</sup>/ha par mois. Pour les autres cultures,

deux cultures nécessitent 1620 mm ou 8000 m<sup>3</sup>/ha par culture.

Dans le calendrier, on a tenu compte d'un décalage de deux mois entre les premiers et les derniers semis.

Les besoins moyens d'un assolement comprenant 40 % de riz, 20 % de cultures fourragères et 40 % d'autres cultures sont indiqués en Annexe 1, n° 3, ligne C.

Dans les besoins à l'ouvrage de prise, il a été tenu compte de 20 % de pertes dans les systèmes d'irrigation. La quantité annuelle se monte à 2.783 mm.

A la ligne 11, les besoins mensuels en l/s/ha sont indiqués. Le besoin maximal de 1,5 l/s/ha (mois de Janvier, Juin, Juillet) donne le module pour le calcul des capacités des stations de pompage et canaux d'irrigation.

A la ligne 12, sont indiqués en m<sup>3</sup>/s les débits du fleuve de fréquence au dépassement 90 %. En divisant ces valeurs par le module, on trouve la surface qu'on pourrait irriguer sans régularisation du fleuve. Le goulot d'étranglement se situe au mois de Mai, avec 5.000 ha.

Le dernier tableau donne les quantités d'eau supplémentaires à fournir par un bassin d'accumulation pour 20.000, 50.000, 150.000 et 300.000 ha sous culture irriguée. Aux lignes ▲ C et ▲ D sont indiquées les quantités additionnelles si on veut en même temps garantir un débit minimum pour la navigation, 150 m<sup>3</sup>/s combiné avec 150.000 ha et 300 m<sup>3</sup>/s avec 300.000 ha.

ANNEXE 1

N° 2      BESOINS EN EAU EN MM. DES CULTURES ET D'UN ASSOLEMENT TYPIQUE  
 (40% riz 20% fourrages 40% cultures maïs et blé)

a) RIZ

|   | J   | F   | M   | A   | M    | J   | J   | A   | S   | O    | N   | D   | ANNUEL |
|---|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|--------|
| 1 | 180 | 190 | 250 | 260 | 270  | 220 | 200 | 170 | 150 | 180  | 160 | 170 | 2.400  |
| 2 |     |     |     |     |      | 10  | 20  | 70  | 30  | 16   |     |     |        |
| 3 | 180 | 190 | 250 | 260 | 270  | 210 | 180 | 100 | 120 | 170  | 160 | 170 | 2.260  |
| 4 | 300 |     |     |     | 100* | 300 | 300 |     |     | 100* | 300 |     |        |
| 5 | 100 | 100 | *   |     |      | 100 | 100 | 100 | *   |      |     | 100 |        |
| 6 | 580 | 290 |     |     | 100  | 610 | 580 | 200 |     |      | 100 | 570 | 3.130  |
| 7 | 505 | 290 | 75  | 25  | 205  | 475 | 490 | 245 | 50  | 25   | 190 | 455 | 3.130  |

b) CULTURE FOURRAGERE

|   |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |     |     |       |
|---|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 3 | 180 | 190 | 250 | 260 | 270  | 215 | 190 | 135 | 135 | 175 | 160 | 170 | 2.330 |
| 8 |     |     |     |     | 100* | 75  | 130 | 105 | 105 | 120 | 110 | 115 |       |
| 8 | 125 | 135 | 175 | 180 | 190  | 150 | 130 | 105 | 105 | 120 | 110 | 115 |       |
| 8 | 125 | 135 | *   |     |      |     |     |     |     |     |     |     |       |
| 8 | 125 | 135 | 90  | 90  | 145  | 110 | 130 | 105 | 105 | 120 | 110 | 115 |       |
| 9 | 125 | 120 | 110 | 90  | 130  | 125 | 120 | 105 | 105 | 120 | 110 | 115 |       |
| 7 | 210 | 200 | 180 | 150 | 220  | 210 | 200 | 175 | 175 | 200 | 180 | 190 | 2.290 |

c) MAIS

|    |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |       |
|----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-------|
| 3  | 180 | 190 | 250 | 260 | 270  | 215 | 190 | 135 | 135 | 175 | 160  | 170 | 2.330 |
| 10 | 0,9 | 0,7 |     |     |      | 0,6 | 0,9 | 0,7 |     |     |      | 0,6 |       |
| 7  | 160 | 135 | *   |     | 100* | 130 | 170 | 95  | *   |     | 100* | 100 |       |
| 8  | 140 | 105 | 35  | 25  | 80   | 135 | 140 | 90  | 25  | 25  | 75   | 105 |       |
| 9  | 230 | 175 | 60  | 40  | 130  | 225 | 230 | 150 | 40  | 40  | 125  | 175 | 1.620 |

\* Récolte ou préparation des terres avec pré-irrigation.

3  
N° 2

|      | J     | F     | M     | A     | M      | J     | J      | A    | S    | O    | N      | D      | ANNEE |
|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|------|------|------|--------|--------|-------|
| R    | 505   | 290   | 75    | 25    | 205    | 475   | 490    | 245  | 50   | 25   | 190    | 455    |       |
| CF   | 105   | 100   | 90    | 75    | 110    | 105   | 100    | 90   | 85   | 100  | 90     | 95     |       |
| M    | 230   | 175   | 60    | 40    | 130    | 225   | 230    | 150  | 40   | 40   | 125    | 175    |       |
|      | 840   | 565   | 225   | 140   | 445    | 805   | 820    | 485  | 175  | 165  | 405    | 725    |       |
| C    | 336   | 226   | 90    | 56    | 178    | 322   | 328    | 194  | 70   | 66   | 162    | 290    |       |
| +20% | 464   | 271   | 108   | 67    | 214    | 386   | 394    | 233  | 84   | 79   | 195    | 348    | 2.783 |
| 11   | 1,51  | 1,12  | 0,40  | 0,26  | 0,80   | 1,49  | 1,47   | 0,87 | 0,33 | 0,30 | 0,75   | 1,30   |       |
| 12   | 95    | 55    | 28    | 11    | 4      | 28    | 339    |      |      |      | 330    | 160    |       |
| 13   | 63000 | 49000 | 70000 | 42000 | 15.000 | 19000 | 123000 |      |      |      | 440000 | 123000 |       |

#### VOLUME SUPPLEMENTAIRE A FOURNIR PAR ACCUMULATION A 106 M3

|    |     |      |     |     |     |      |     |   |   |   |   |     |      |      |
|----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|---|---|---|---|-----|------|------|
| A  | -   | -    | -   | -   | 43  | 23   |     |   |   |   |   |     | 66   |      |
| B  | -   | 3    | -   | 5   | 97  | 120  |     |   |   |   |   |     | 225  |      |
| C  | 350 | 1271 | 87  | 73  | 310 | 506  |     |   |   |   | - | 94  | 1694 |      |
| D  | 950 | 1680 | 250 | 170 | 630 | 1090 | 280 |   |   |   | - | 610 | 4660 |      |
| AC | -   | -    | 241 | 100 | 312 | -    | -   |   |   |   | - | -   | 653  |      |
| AD | -   | -    | -   | 482 | 200 | 624  | -   | - | - | - | - | 130 | -    | 1436 |

1° Evaporation lac R'KIZ

2° Pluie 90% dépassée = 0,5 x pluie moyenne

3° Besoins d'irrigation nets (subtraction de 50% de la précipitation moyenne pour cultures fourragères et maïs)

4° Pré-irrigation, mise en eau du riz

5° Pertes de percolation

6° Besoins bruts du riz

7° Besoins bruts avec un décalage des cultures de 2 mois

8° Besoins nets

9° Besoins nets avec un décalage des cultures de 2 mois

10° Coefficient de développement de la plante

11° Besoins d'eau au point de reprise en l/s/ha

12° Débits en m3/s dépassé 90% à Bakel (fréquence une fois en 10 ans)

13° Surface irrigable sans régularisation du fleuve = 5.000 ha

A Volume supplémentaire pour 20.000 ha

B Volume supplémentaire pour 50.000 ha

C Volume supplémentaire pour 150.000 ha

D Volume supplémentaire pour 300.000 ha

AC Supplément pour garantir débit minimum de 150 m3/s

AD Supplément pour garantir débit minimum de 300 m3/s.

ANNEXE 2.

REG 61 ETUDE HYDROAGRICOLE DU BASSIN DU FLEUVE SENEGAL

| Projet de Plan de Travail                           | 1970         | 1971 | 1972 | 1973 |  |
|---|--------------|------|------|------|--|
|   | (sept. 1970) |      |      |      |  |
| 1. Inventaire des connaissances acquises            | p.m.REG 181  |      |      |      |  |
| 2. Travaux cartographiques et topographiques        | terminé SC   |      |      |      |  |
| 3. Carte d'utilisation des sols                     | terminé SC   |      |      |      |  |
| 4. Etude sur modèle mathématique                    | terminé SC   |      |      |      |  |
| a) établissement et réglage du modèle               | — SC         |      |      |      |  |
| b) exploitation du modèle                           | P            |      |      |      |  |
| c) études hydrologiques complémentaires             |              |      |      |      |  |
| 5. Etudes hydrogéologiques                          | terminé      | P    |      |      |  |
| a) delta du Sénégal                                 | P            |      |      |      |  |
| b) vallée du Sénégal                                |              |      |      |      |  |
| 6. Etude du drainage                                | —            | P    |      |      |  |
| a) delta du Sénégal                                 | —            | P    |      |      |  |
| b) vallée du Sénégal                                |              |      |      |      |  |
| 7. Etudes économiques                               | —            | P    |      |      |  |
| a) étude des structures                             | —            | P    |      |      |  |
| b) étude du riz                                     |              | P    |      |      |  |
| c) étude de l'élevage                               |              | P    |      |      |  |
| d) étude des cultures diverses                      |              | P    |      |      |  |
| e) étude économique d'ensemble de la zone du projet |              | P    |      |      |  |
| f) définition d'une politique de mise en valeur     |              | P    |      |      |  |

P = Etudes exécutées par le personnel du projet

SC = Etudes exécutées au moyen de sous-contrats

C = Etudes exécutées au moyen de consultants

## ANNEXE 2 (suite)

## REG 61 ETUDE HYDROAGRICOLE DU BASSIN DU FLEUVE SENEGAL

| Projet de Plan de Travail   | 1970         | 1971 | 1972 | 1973 |  |  |
|---|--------------|------|------|------|--|--|
|   | (sept. 1970) |      |      |      |  |  |
| 8. Etudes et actions spécialisées   |              |      |      |      |  |  |
| a) zootechnie   | P            |      |      |      |  |  |
| b) pêches   | P            |      |      |      |  |  |
| c) forêts   | P            |      |      |      |  |  |
| d) aménagement de l'espace rural  | SC           |      |      |      |  |  |
| e) santé publique   | C            |      |      |      |  |  |
| f) enseignement - formation professionnelle   | C            |      |      |      |  |  |
| 9. Etude du schéma général d'aménagement de la vallée et du delta - Etude des ouvrages de reprise |              |      |      |      |  |  |
| a) étude du schéma d'aménagement de la vallée et du delta   | P            |      |      |      |  |  |
| b) étude du schéma de mise en valeur de la vallée et du delta                                     | P            |      |      |      |  |  |
| c) étude du barrage du delta  | SC           |      |      |      |  |  |
| d) étude des projets de la première étape de l'aménagement  | SC           |      |      |      |  |  |
| 10. Préparation des actions sur le terrain  | P            |      |      |      |  |  |
| 11. Rapport intérimaire   | terminé      | P    |      |      |  |  |
| 12. Rapport final   | P            |      |      |      |  |  |

ANNEXE 3

AFR/REG 61 Etude Hydro-agricole du Bassin du Fleuve Sénégal

Liste du Personnel

A. Personnel International

| NOM          | FONCTION            | NATIONALITE | DATES   |         | COMMENTAIRES               |
|--------------|---------------------|-------------|---------|---------|----------------------------|
|              |                     |             | arrivée | départ  |                            |
| J. E. GROLEE | Directeur du Projet | Français    | 21.9.65 | 20.6.70 | !prolongé comme consultant |
| W. E. ROELL  | " "                 | Hollandais  | 1.9.70  | -       | !jusqu'au 20.9.70          |
| M. JUTON     | Hydraulicien        | Français    | 22.9.68 | -       |                            |

ANNEXE 3

AFR/REG 61 Etude Hydro-agricole du Bassin du Fleuve Sénégal

Liste du Personnel

A. Personnel International

| NOM              | FONCTION                    | NATIONALITE  | DATES              |          | COMMENTAIRES                |
|------------------|-----------------------------|--------------|--------------------|----------|-----------------------------|
|                  |                             |              | arrivée            | départ   |                             |
| J.E. GROLEE      | Directeur du Projet         | Français     | 21.9.65            | 20.6.70  | ! prolongé comme consultant |
| W.E. ROELL       | " "                         | Hollandais   | 1.9.70             | -        | ! jusqu'au 20.9.70          |
| M. JUTON         | Hydraulicien                | Français     | 22.9.68            | -        |                             |
| J.R. DESAUNETTES | Pédologue                   | Français     | 15.10.66           | 15.3.68  |                             |
| J. THIRION       | Pédologue                   | Belge        | 1.3.68             | 11.7.70  |                             |
| H. MUTSAARS      | Pédologue                   | Belge        | 3.70               | -        |                             |
| P. MICHEL        | Gémorphologie               | C Français   | 1.1.68             | 31.12.69 | pédologie(WAE)              |
| M.G. AUDIBERT    | Hydrogéologue               | Français     | 27.12.66           | 31.5.70  | ! pour consultant           |
| J.M. EDELMAN     | Hydrogéologue               | C Hollandais | 27.3.67            | 4.67     |                             |
| P. DIELEMAN      | Hydrogéologue               | C Hollandais | 1969/1970          |          |                             |
| R. KARPOFF       | Hydrogéologue               | C Belge      | 6.70               |          |                             |
| H. MOUSSU        | Hydrogéologue               | C Français   | plusieurs missions |          |                             |
| P.M. BALLAN      | Economiste                  | Français     | 20.10.68           | 8.11.69  |                             |
| R.D. HIRSCH      | Economiste                  | Français     | 1.11.69            | -        |                             |
| R. OLIVIER       | Economiste                  | C Français   | 1.1.69             | -        | (WAE)                       |
| J.F. CHAUMENY    | Economiste de la production | Français     | 8.70               | -        |                             |
| P. SEYRAL        | Agronome                    | Français     | 20.10.68           | 19.4.70  |                             |
| M. ROCHE         | Hydrologue                  | C Français   | plusieurs missions |          | modèle mathématique         |

| NOM             | FONCTION             | C | NATIONALITE | DATES              |                     | COMMENTAIRES   |
|-----------------|----------------------|---|-------------|--------------------|---------------------|----------------|
|                 |                      |   |             | arrivée            | départ              |                |
| P. ARNAUD       | Ordinateurs          | C | Français    | plusieurs missions | modèle mathématique |                |
| G. SUPINO       | Hydraulique générale | C | Italien     | plusieurs missions | modèle mathématique |                |
| OMS             |                      | C | -           | 19.69              |                     |                |
| O. BREMAUD      | Elevage              | C | Français    | 12.169             |                     |                |
| J. LEMASSON     | Pêche                | C | Français    | .19.70             |                     |                |
| P. BENDA        | Forêts               | C | Français    | 19.70              |                     |                |
| Mlle N. RICHARD | Documentaliste       | C | Française   | 3.3.68             | 19.4.68             |                |
| J.F. WOOD       | Administrateur       |   | Britanique  | 12.12.66           | 12.12.67            |                |
| E.B. ERIKSEN    | Administrateur       |   | Norvégien   | 1.1.68             | 28.2.70             |                |
| J.H. PODESTA    | Administrateur       |   | Argentin    | 3.70               | -                   |                |
| J. ROSTAGNI     | Terrassements mécan. | C | Français    | 12.3.67            | 13.4.67             |                |
| S.J. de RAAD    | Drainage             |   | Hollandais  | 4.70               | -                   | Expert associé |
| R. RODTS        | Economiste           |   | Belge       | 4.70               | -                   | Expert associé |

B. Homologues des experts internationaux

|                         |                        |             |          |      |   |
|-------------------------|------------------------|-------------|----------|------|---|
| Joseph N'DIAYE          | Co-Directeur du Projet | Sénégalais  | 9.68     | -    | Egalement Co-Directeur du projet REG114 |
| A. N'DIAYE SECK         | Comptable              | Sénégalais  | 1.68     | 9.68 |   |
| B. FAYE                 | Comptable              | Sénégalais  | fin 68   | -    |   |
| Abdallahi Ould HAMDINUO | Technicien Hydrologue  | Mauritanien | début 67 | -    |   |

ANNEKE 4

AFR/REG 61 Etude Hydro-agricole du Bassin du Fleuve Sénégal

Liste des principaux équipements fournis au projet

A. Véhicules - Matériel flottant

2 voitures Peugeot 404  
1 station wagon Land Rover type 109  
1 camionnette Citroën 3 CV  
5 pick up Land Rover  
1 camion UNIMOG U-80  
1 citerne, chassis à deux roues  
1 vedette fluviale.

B. Matériel de sondage

1 sondeuse à percussion Bonne Espérance, type "Sapeur".

C. Matériel de laboratoire

1 balance "Sauter"  
1 photomètre à flamme  
2 conductivimètres  
1 agitateur magnétique  
1 étuve  
1 agitateur à tamis  
1 appareil de distillation KJELDAHL  
1 calcimètre  
1 galvanomètre  
1 bain à eau thermostatique  
1 déminéraliseur "Prolabo"  
1 extracteur à membrane, mod. 1000  
1 régulateur de voltage.

.../...

D. Matériel de terrain

6 limnimètres  
1 niveau Wild  
2 mires  
1 appareil pour mesurer la perméabilité des sols  
3 réfrigérateurs portatifs  
2 appareils de photo  
3 appareils portatifs pour mesurer la résistivité  
6 treuils  
1 voltmètre portatif  
3 densimètres  
1 Moto pompe  
1 appareil portatif à fil perdu pour la mesure des distances

E. Matériel de bureau

6 machines à écrire portatives Olivetti  
5 machines à écrire de bureau Olivetti  
3 machines à calculer Olivetti  
10 climatiseurs  
1 intercom à cinq postes  
10 brueaux  
3 classeurs  
3 armoires à cartes  
8 armoires  
8 tables à dessin  
1 planimètre  
6 magnétophones

ANNEXE 5

AFR/REG 61 Etude Hydro-agricole du Bassin du Fleuve Sénégal

Liste des contrats

| N° du contrat | Nom du Contractant                       | Objet  | Date de signature | Délai d'exécution | Montant     |
|---------------|--|--|-------------------|-------------------|-------------|
| LA/1          | OYGARDS-PLAST A/S<br>(Norvège)           | Construction d'une<br>embarcation fluviale             | 15.3.66           | 3 m.              | 190.350 NK  |
| LA/2          | SEDAGRI (France)                         | Etudes pédologiques                                    | 19.7.67           | (31+6) m          | 211.000US\$ |
| LA/3          | J.A. STORY and PARTNERS                  | Travaux topographiques<br>dans la vallée du<br>Sénégal | 8.5.68            | 17 m.             | 109.170US\$ |
| LA/4          | EIRA (Italie)                            | Travaux topographiques<br>dans le delta du<br>Sénégal  | 16.5.68           | 16 m.             | 60.653US\$  |
| LA/5          | SOGREAH (France)                         | Modèle mathématique                                    | 29.2.68           | 26 m.             | 1323.000FF  |
| LA/6          |  | Casiers pilotes  | ANNULE            |                   |             |
| LA/7          | H. MULLER (Mauritanie)                   | Contrôle des travaux                                   | 28.6.69           | 23 j.             | 2857.200CEA |
| LA/9          |  | topographiques   | 23.1.70           | 45 j.             |             |
| LA/8          | INTERNATIONAL<br>PUBLISHERS CORP. (U.K.) | Expédition Hovercraft                                  | 23.1.70           |                   | 10.000US\$  |

ANNEXE 6

AFR/REG 61 Etude Hydro-agricole du Bassin du Fleuve Sénégal

Liste des Rapports établis par le Projet

Agronomie

- 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 pp + ann.)
- 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 pp + ann.)
- 3 - Réalisations agricoles actuelles dans la vallée du fleuve Sénégal - P. SEYRAL - Avril 1969 (21 pp + ann. confidentielle)
- 4 - Notes sur un programme de développement dans le Nord de la Région de Kayes - R. N'DAW et P. SEYRAL - Juin 1969 (43 pp + ann.)
- 5 - Considérations sur les besoins en eau d'irrigation dans la vallée du fleuve Sénégal - P. SEYRAL - Octobre 1969 (37 pp. + ann.)
- 6 - Rapport de fin de Mission - P. SEYRAL - Avril 1970 (104 pp. + ann.)

Hydrogéologie

- 7 - Mission de consultant en hydrogéologie - J.H. EDELMAN - Mai 1967 (60pp + ann.)
- 8 - Etude hydrogéologique du Delta - Synthèse géologique provisoire - 1. Texte et planches - 2 Coups de sondages - M. AUDIBERT - Septembre 1967 (23 pp. + ann.)
- 9 - Hypothèses de travail pour l'étude du quaternaire du delta du fleuve Sénégal - M. AUDIBERT - Janvier 1968 (20 pp)
- 10 - Rapport de fin de mission - M. AUDIBERT - Mai 1970  
Titre I - Généralités et rapport de synthèse (23 pp + fig.)  
Titre II - Géologie (37 pp + fig.)  
Titre III - Hydrogéologie (32 pp + fig.)  
Titre IV - Drainabilité (36 pp x fig. et ann.)
- 11 - Rapport de mission hydrogéologique préliminaire dans la vallée du fleuve Sénégal entre le Delta et la Falémé - R. KARPOFF - Juillet 1970 (32 pp)

.../...

Drainage

- 12 - Rapport de mission - P.J. DIELEMAN - Mars 1969 (32 pp)
- 13 - Rapport de mission - S.J. de RAAD - Octobre 1969 (36 pp + ann.)

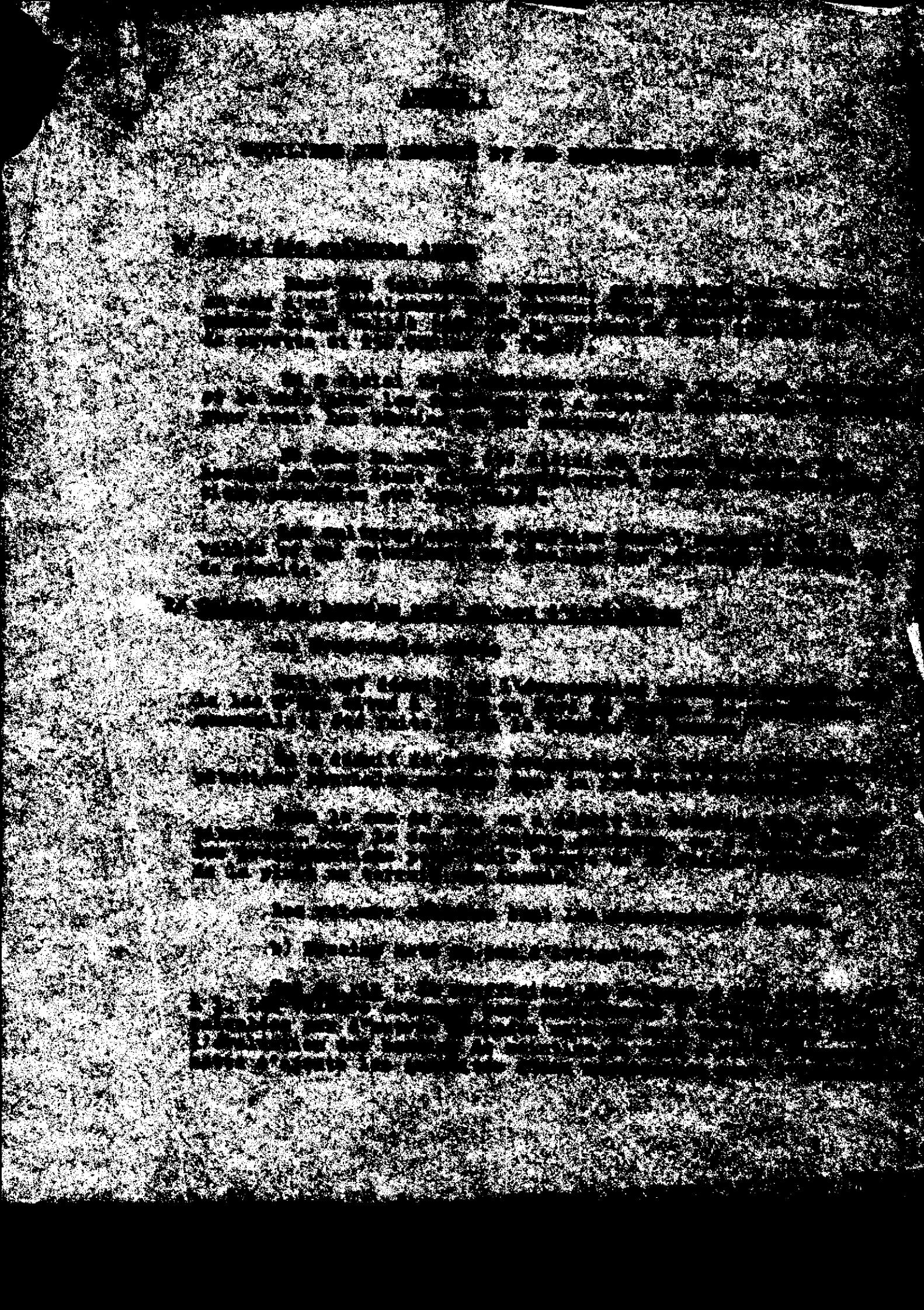
Pédologie

- 14 - Etude pédologique du casier pilote d'ORNOLDE - J.R. DESAUNETTES - Janvier 1968 (62 pp + ann. et photos)
- 15 - Etude pédologique du casier pilote de CARAK - J.R. DESAUNETTES - Janvier 1968 (52 pp + ann. et photos)
- 16 - Densité apparente d'ORNOLDE - J.R. DESAUNETTES - Février 1968 (1 p)
- 17 - Note relative à des tests de perméabilité effectués sur les sols du "casier des 120 ha" - J.R. DESAUNETTES - Février 1968 (3 pp)
- 18 - Note à propos de quelques mesures de densité apparente des sols du delta du Sénégal J. THIRION - Décembre 1969 (2 pp)

Etudes économiques

- 19 - Utilisation d'un débit régularisé minimal de 300 m<sup>3</sup>/s à Bakel - Premières mesures de rentabilité économique d'un projet d'irrigation de 157.500 ha par pompage, en culture attolée, à mettre en oeuvre de l'an 1970 à l'an 2000 - Ph. BALLAN - Mars 1969 (39 pp)
- 20 - Compte rendu d'une première mission - R. Olivier - Mars 1968 (19 pp)
- 21 - Note relative à l'économie du Mali - Ph. BALLAN - Mai 1969 (35 pp + ann.)
- 22 - Note relative à l'économie du Sénégal - Ph. BALLAN - Août 1969 (37 pp)
- 23 - Présentation économique de la Mauritanie - Ph. BALLAN - Août 1969 (38 pp)
- 24 - Quelques données sur l'économie guinéenne - Ph. BALLAN - Septembre 1969 (29 pp)
- 25 - Etude économique de la riziculture dans la région du fleuve Sénégal - Ph. BALLAN - Septembre 1969 (58 pp)
- 26 - Rapport économique - Ph. BALLAN - Octobre 1969
- 27 - Compte rendu d'une seconde mission - R. OLIVIER - Janvier 1970 (18 pp)
- 28 - Etude économique du casier rizicole de Richard-Toll (SDRS) 1960-1969 - R. HIRSCH - Mars 1970 (50 pp)
- 29 - Essai d'évaluation du rythme souhaitable d'aménagement de la rive droite du Fleuve Sénégal de 1970 à 2000 - R.D. HIRSCH - Août 1970
- 30 - Essai d'évaluation du rythme souhaitable d'aménagement de la rive gauche du Fleuve Sénégal de 1970 à 2000 - R.D. HIRSCH - Septembre 1970

.../...



## 10. THERMOCOUPLES AND THERMISTORS

10.100 Thermocouples are used to measure temperatures from -200° to +1600° F. They consist of two wires joined at one end. The junction is usually a small bead of wire. The wires are made of different metals such as copper, iron, nickel, and constantan. The temperature is determined by the change in electrical resistance of the wire. The resistance of the wire increases with temperature.

## 11. THERMISTORS

11.100 Thermistors are used to measure temperatures from -200° to +1600° F. They consist of a small bead of wire which is coated with a ceramic material. The temperature is determined by the change in electrical resistance of the wire. The resistance of the wire increases with temperature.

11.200 Thermistors are used to measure temperatures from -200° to +1600° F. They consist of a small bead of wire which is coated with a ceramic material. The temperature is determined by the change in electrical resistance of the wire. The resistance of the wire increases with temperature.

## 12. THERMOCOUPLES AND THERMISTORS

12.100 Thermocouples and thermistors are used to measure temperatures from -200° to +1600° F. They consist of two wires joined at one end. The junction is usually a small bead of wire. The wires are made of different metals such as copper, iron, nickel, and constantan. The temperature is determined by the change in electrical resistance of the wire. The resistance of the wire increases with temperature.

12.200 Thermocouples and thermistors are used to measure temperatures from -200° to +1600° F. They consist of two wires joined at one end. The junction is usually a small bead of wire. The wires are made of different metals such as copper, iron, nickel, and constantan. The temperature is determined by the change in electrical resistance of the wire. The resistance of the wire increases with temperature.

## 13. THERMOCOUPLES AND THERMISTORS

13.100 Thermocouples and thermistors are used to measure temperatures from -200° to +1600° F. They consist of two wires joined at one end. The junction is usually a small bead of wire. The wires are made of different metals such as copper, iron, nickel, and constantan. The temperature is determined by the change in electrical resistance of the wire. The resistance of the wire increases with temperature.

13.200 Thermocouples and thermistors are used to measure temperatures from -200° to +1600° F. They consist of two wires joined at one end. The junction is usually a small bead of wire. The wires are made of different metals such as copper, iron, nickel, and constantan. The temperature is determined by the change in electrical resistance of the wire. The resistance of the wire increases with temperature.

## 14. THERMOCOUPLES AND THERMISTORS

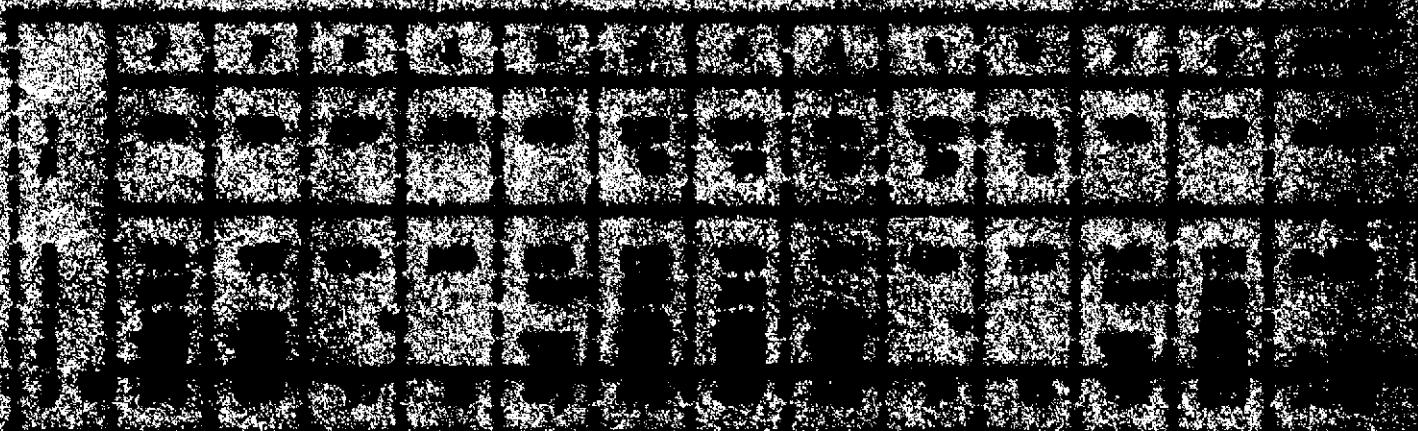
14.100 Thermocouples and thermistors are used to measure temperatures from -200° to +1600° F. They consist of two wires joined at one end. The junction is usually a small bead of wire. The wires are made of different metals such as copper, iron, nickel, and constantan. The temperature is determined by the change in electrical resistance of the wire. The resistance of the wire increases with temperature.

14.200 Thermocouples and thermistors are used to measure temperatures from -200° to +1600° F. They consist of two wires joined at one end. The junction is usually a small bead of wire. The wires are made of different metals such as copper, iron, nickel, and constantan. The temperature is determined by the change in electrical resistance of the wire. The resistance of the wire increases with temperature.

## IV. Activités humaines et économie

On connaît très difficilement les effets exacts des débits sur l'activité humaine. Le débit moyen est de 90 %. Si on divise ces volumes par le moindre, on trouve la surface qu'il faut pour assurer toutes les nécessités humaines dans la rivière.

Le plus gros débit mensuel se situe au mois de Mai avec 2.000 hm<sup>3</sup>. Le tableau suivant donne les quantités d'eau nécessaires à l'assèchement par un niveau d'assèchement de 0 pour 70.000, 80.000, 150.000 et 300.000 hm<sup>3</sup> avec un temps d'assèchement de 14 mois à 0 et 10 mois inférieurs. Les quantités nécessaires sont telles que l'on peut dire que lorsque l'eau atteint 150.000 hm<sup>3</sup> il faut 100 m<sup>3</sup>/s pour assurer un débit minimum dans la navigation, 150 m<sup>3</sup>/s lorsque l'eau atteint 300.000 hm<sup>3</sup>.



|    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10  |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20  |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30  |
| 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40  |
| 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50  |
| 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60  |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70  |
| 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80  |
| 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90  |
| 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |

