09830

ORGANISATION POUR LA MISE

EN VALEUR DU FLEUVE SENEGAL

O.M.V.S.

Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS) Haut Commissariat Centre de Documentation

Kreditanstalt für Wiederaufbau

R.F.A.

ETUDE D'EXECUTION DU BARRAGE ET DE L'USINE HYDROELECTRIQUE DE MANANTALI

Mission A.1.4. - AGRICULTURE

GROUPEMENT MANANTALI

Ingénieurs Conseils

Février 1977

RESUME ET CONCLUSIONS

1. Suivant l'article 4.5. et 4.7. des Termes de Référence, le Groupement Manantali est tenu de remettre, à la fin des six premiers mois de l'Etude d'Exécution du Barrage et de l'Usine Hydroélectrique de Manantali, un rapport intérimaire qui " établira une prévision des besoins en eau de l'agriculture et proposera un mode d'utilisation de la retenue afin de permettre l'exploitation la plus rationnelle des eaux du barrage" dans le domaine agricole tout en répondant aux autres objectifs du barrage. Le présent rapport veut répondre à cette obligation contractuelle en ce qui concerne le domaine agricole.

   Les besoins en eau des terres irrigables à partir du réservoir de Manantali sont évalués sur base des études qui ont déjà été menées, principalement dans le cadre de l'O.M.V.S., et en s'appuyant sur le jugement et l'expérience des experts qui l'ont réalisé. Il va de soi que durant le court laps de temps imparti, le Groupement Manantali lui-même n'a mené aucune recherche agricole propre.

2. Après avoir passé en revue les sources d'information relatives à l'agriculture dans la vallée du Sénégal et résumé les connaissances climatologique, pédologique et hydro-agricole pertinentes, le rapport définit un potentiel irrigable total de quelque 828.000 ha dont environ 470.000 ha (375.000 ha nets) pourraient être économiquement alimentés à partir du réservoir de Manantali, le reste des surfaces irrigables devant être alimentées à partir d'autres sources pour autant qu'il soit utile de les développer.

3. Le rapport envisage ensuite les types de cultures, de rotation et les modes de développement des périmètres irrigués pour aboutir à l'élaboration d'un "hectare théorique moyen" qui représente en quelque sorte une moyenne pondérée de tous les types de cultures et de développement dans les conditions climatologiques de la Vallée du Fleuve. Pour cet hectare théorique, les besoins annuels nets sont évalués à 18.600 m3 (0,59 l/sec/ha) à la parcelle.

Avec une efficience du réseau de 65 %, les besoins en tête des stations de pompage s'élèvent à 28.600 m3/ha.an (0,91 l/sec.ha).
Supposant de plus que 13 % des pertes de réseaux retourneront au système du fleuve, les besoins nets à prélever dans le fleuve sont de 24.800 m3/ha.an (0,79 l/sec.ha). En tenant compte de la pluviosité d'hivernage fournissant quelque 2.100 m3/ha, la demande nette au fleuve est réduite à 22.700 m3/ha.an (0,72 l/sec.ha).

4. Pour la surface irrigable totale de 375.000 ha nets, la consommation annuelle totale s'élèverait à quelque 9,3 milliards de m3 ce qui représente un débit mensuel moyen de 300 m3/sec. variant de 502 m3/sec. en juillet à 180 m3/sec. en mai. En tenant compte de la pluviosité durant l'hivernage, le débit mensuel moyen demandé au Fleuve pour les 375.000 ha irrigables descend à 280 m3/sec. La répartition de ces consommations le long de la Vallée en fonction de la localisation des surfaces irrigables est donnée au Tableau 14.

5. Partant d'une surface irriguée de quelque 7.000 ha en 1976-77, le rapport fait l'hypothèse que le développement de nouveaux périmètres s'accélèrera sur sa lancée actuelle sans attendre la mise sous eau de Manantali. Les périmètres développés d'ici 1985 seront mis en double culture dès que le fleuve sera régularisé. Sur cette base, trois hypothèses de développement annuel moyen sont avancées : un rythme faible d'environ 2.000 ha/an, un rythme moyen d'environ 5.000 ha/an et un rythme rapide d'environ 7.300 ha/an.

   Au bout de 50 ans, comptés à partir de 1976-77, ces trois rythmes moyens, qui vont eux-mêmes en croissant au cours de la période, aboutissent au développement de 100.000, 255.000 et 375.000 ha respectivement. Le rapport sur la Régularisation du fleuve indique que c'est sans doute l'objectif de 255.000 ha qui serait le plus compatible avec l'ensemble des autres objectifs du projet de Manantali. Les quelque 120.000 ha supplémentaires qui pourraient être irrigués à partir de Manantali, aux dépens des objectifs de navigation, pourraient être développés ultérieurement à partir d'autres retenues que Manantali.

6. Les rendements détaillés au Chapitre 3 permettent d'escompter que les périmètres irrigués produiront entre 160.000 et 520.000 tonnes de grains en 1986 et 360.000 et 1.300.000 tonnes en l'an 2000. Environ la moitié de ces productions est attribuable au barrage de Manantali. A titre de comparaison notons que la production de grains des trois pays de l'OMVS s'élevait en 1974 à environ 1.640.000 tonnes.

7. La deuxième partie du présent rapport esquisse le calcul de rentabilité économique du programme agricole attribuable à Manantali. Il montre que, à l'exclusion du coût du barrage, le taux de rentabilité interne du programme agricole aux coûts mondiaux s'élève à environ 17 % pour l'agriculture seule et à 29 % si on inclut l'élevage dans le programme. Il montre également que le rythme de développement rapide a une rentabilité légèrement plus faible.

   En effet, les charges d'entretien et de renouvellement des investissements des périmètres déjà développés, coïncident d'une façon plus importante avec les nouveaux investissements que dans les rythmes plus lents. Les emplois créés dans les périmètres irrigués et attribuables à Manantali se situent, suivant les rythmes de développement, entre 52.000 et 126.000 hommes/année en 1985-86 et entre 91.000 et 328.000 en l'an 2000.

8. Du point de vue de la production agricole, il apparaît que même le rythme de développement le plus lent permettrait d'obtenir l'équivalent de 160.000 tonnes de riz dès 1986, ce qui représente environ quatre fois la production des cultures de décrue soit un maximum de 40 à 50.000 tonnes de grains sur 100.000 ha.

   D'autres aspects que la production entrant en ligne de compte pour déterminer la fin des cultures de décrue, le présent rapport ainsi que le rapport de régularisation font l'hypothèse qu'en 1991, toutes les mesures auront été prises pour pallier les inconvénients de la disparition des crues et que la période transitoire prendra fin à cette date au plus tard.

Malgré ces contraintes volontairement défavorables, l'analyse économique fait ressortir dans tous les cas un bénéfice global largement favorable sur la base des prix du marché mondial, même en prenant en compte, dans le calcul des coûts et bénéfices, le coût des investissements de base nécessaires à la réalisation des aménagements hydroagricoles.

INTRODUCTION

La tâche de l'ingénieur conseil en matière hydroagricole avait pour objectifs principaux:

1. La détermination des besoins en eau des périmètres d'irrigation en phase finale.
2. La définition des besoins en eau des cultures de décrue au cours d'une phase transitoire.
3. L'estimation des bénéfices agricoles dérivables des périmètres à irriguer, et de la partie de ces bénéfices attribuables au barrage de Manantali, pour déterminer la rentabilité du barrage qui découle de l'agriculture.

La démarche suivie a consisté, après une prise de connaissance préliminaire des études et documents disponibles au niveau du Centre de Documentation de l'OMVS, à collecter les renseignements complémentaires nécessaires à l'actualisation des données de base tant au niveau de l'OMVS et des organisations internationales (PNUD, FAO) que des instances nationales responsables de la politique hydro-agricole des Etats.
Les informations ainsi recueillies ont fait l'objet d'une analyse critique, mettant en lumière certaines contradictions, voire les lacunes existant dans l'abondante littérature concernant le Bassin du Fleuve.
Les résultats préliminaires et les orientations de base du présent rapport ont ensuite été passés en revue et discutés au cours de nombreux et fructueux entretiens avec les autorités concernées.
Enfin, une visite sur le terrain des principaux aménagements hydro-agricoles en fonctionnement ou en cours d'exécution dans les trois Etats, ainsi qu'aux différentes stations de recherche agronomique a permis de compléter utilement la collecte des données de base et de les ajuster aux conditions locales prévalant dans les différentes régions de la vallée.

Table des matières

METHODOLOGIE GLOBALE ET LIMITATIONS DE L'ETUDE

INTRODUCTION

PREMIERE PARTIE : CONCEPTS AGRONOMIQUES ET CALCUL DES BESOINS EN EAU — Page

1. GENERALITES — 1

1.1. INVENTAIRE DES RESSOURCES NATURELLES : PROJET DE RECHERCHE HYDRO-AGRICOLE — 2

1.1.1. Topographie — 2
1.1.2. Hydrogéologie — 2
1.1.3. Régime du fleuve — 3
1.1.4. Forêts — 3
1.1.5. Ressources piscicoles — 3
1.1.6. Agronomie-Elevage-Economie — 4

1.2. RESSOURCES EN TERRES IRRIGABLES : GEOMORPHOLOGIE ET PEDOLOGIE — 5

1.2.1. Géomorphologie — 5
1.2.2. Végétation — 7
1.2.3. Régime hydrique — 8
1.2.4. Classification des sols, de Bakel au Delta — 8
1.2.5. Aptitude à l'irrigation des terres du lit majeur — 11
1.2.6. Limitations de l'aptitude à l'irrigation — 13
1.2.7. Systèmes de l'Aftout es Sahel, du lac R'Kiz et du lac de Guiers — 14
1.2.8. Région du Haut Bassin — 16

1.3. MODALITES D'EXPLOITATION DES RESSOURCES NATURELLES : PROJET DE RECHERCHE AGRONOMIQUE — 17

1.3.1. Agrométéorologie — 18
1.3.2. Pédologie — 19
1.3.3. Recherche appliquée — 19
1.3.4. Prévulgarisation — 19
1.3.5. Résultats — 19

DEUXIEME PARTIE : CALCUL DES COUTS ET BENEFICES DERIVABLES DE L'AGRICULTURE IRRIGUEE

Page

1. GENERALITES 1

1.1. SITUATION ECONOMIQUES DES TROIS PAYS 1

1.2. SITUATION DE L'AGRICULTURE DANS LES TROIS PAYS 1

1.3. SITUATION DE L'ELEVAGE DANS LA VALLEE 2

1.3.1. LES EFFECTIFS DANS LA VALLEE 2

1.3.2. LES CARACTERISTIQUES DES RACES DANS L'ELEVAGE TRADITIONNEL 3

1.3.3. LE POTENTIEL 3

2. METHODOLOGIE : HYPOTHESES ET CALCULS DE BASE 7

2.1. COUTS ET BENEFICES ATTRIBUABLES A MANANTALI 7

2.2. BASES DU CALCUL ECONOMIQUE 7

2.3. REPARTITION DE L'HECTARE THEORIQUE 8

2.4. RENDEMENTS MOYENS DES CULTURES 9

2.5. VALEUR DE LA PRODUCTION AGRICOLE SUR L'HECTARE THEORIQUE 10

2.6. VALEUR DE LA PRODUCTION D'ELEVAGE SUR L'HECTARE THEORIQUE 10

2.7. COUTS DE PRODUCTION SUR L'HECTARE THEORIQUE 12

2.8. COUTS POUR LES GRANDS AMENAGEMENTS - CULTURE MECANISEE 15

2.8.1. Investissements en machines 15

2.8.2. Charges de fonctionnement et de répartition 16

2.8.3. Charges de service 16

2.8.4. Entretien des périmètres 16

2.9. COUTS POUR LES PETITS PERIMETRES - CULTURE ATTELEE 16

2.9.1. Investissement en machines et animaux 16

2.9.2. Charges d'entretien 17

2.9.3. Entretien des périmètres 18

2.10. COUTS DE POMPAGE 18

2.11. COUTS D'ENCADREMENT 18

2.12. COUT ESTIMATIF DE LA FORMATION 18

PREMIERE PARTIE

CONCEPTS AGRONOMIQUES ET CALCUL DES BESOINS EN EAU

1. GÉNÉRALITÉS

Si le développement du potientiel hydro-agricole du Bassin du fleuve Sénégal a, depuis fort longtemps déjà, été l'objet d'études générales (BELIME 1922) et de réalisations ponctuelles, la nécessité d'accélérer le rythme des aménagements et de passer à l'irrigation contrôlée (permettant d'assurer une production régulière, de hauts rendements, et la sécurisation des revenus) s'est faite sentir avec acuité depuis la période de sécheresse qu'ont connue, entre 1968 et 1973 tous les pays de la zone soudano-sahélienne.

L 'expérience de nombreux échecs rencontrés dans les essais de mise en valeur de la Vallée et du Delta a entraîné la conviction que seule une maîtrise totale de l'eau tant pour l'irrigation que pour le drainage et la protection contre les crues pourra permettre le développement agricole de la Vallée et du Delta du Fleuve.

En effet, la "submersion contrôlée" relativement bien adaptée à la vallée du Niger s'est révélée trop aléatoire: crues tardives par rapport aux pluies, décrue trop précoce, inondation sauvage des périmètres, et les investissements importants consacrés à ces aménagements dits sommaires, n'ont pu être rentabilisés.

On a donc admis le principe que les futurs périmètres d'irrigation seraient:

- protégés par des digues insubmersibles contre les inondations
- alimentés en eau toute l'année, ce qui exige pratiquement des pompages partout
- assainis éventuellement par un drainage avec relèvement des eaux de colature.

La maîtrise totale de l'eau au niveau de la parcelle n'est cependant possible que si les débits du fleuve sont régularisés.

Cette condition était connue depuis longtemps, mais ce n'est qu'assez récemment sous l'égide de l'OERS puis de l'OMVS qu'ont été jetées les bases menant, d'abord, à l'inventaire des ressources naturelles essentiellement l'étude hydro-agricole du bassin du fleuve Sénégal projet PNUD/FAO AFR/REG 61), aux modalités de leur exploitation ensuite (Projet de Recherche Agronomique, PNUD/FAO/OMVS-RAF 73/060) et enfin, aux grands projets d'aménagement intégré du Bassin (Rapports Sénégal-Consult et Norbert Beyrard).

1.1. Inventaire des ressources naturelles

Le projet d'Etude hydro-agricole du Fleuve Sénégal a été mis en place à Saint-Louis en 1965 et s'est prolongé jusqu'en 1974 avec pour objectif de déterminer les bases générales d'utilisation à des fins agricoles des eaux du Fleuve Sénégal dans la Vallée et le Delta de Bakel à Saint-Louis. Les résultats essentiels sont passés rapidement en revue dans les paragraphes suivants; les ressources en sols seront détaillées au chapitre 1.2.

1.1.1. Topographie (cf. Rapport de Fin de Mission de M. JUTON)

Cartographie

Dans la Vallée les cartes au 1/50.000 avec courbes de niveau équidistantes de 1 m sont suffisantes pour l'estimation des travaux d'aménagement au niveau factibilité. Dans le Delta la qualité de ces cartes est moindre.

Nivellement et géologie

Un nivellement général de la Vallée a été exécuté, mais il présente des discordances pouvant atteindre 0,20 ou même 0,30 m; il n'y a pas de réseau géodésique,la planimétrie s'appuyant sur des points astronomiques.

Photographies aériennes

Outre les couvertures générales de l'Afrique de l'Ouest réalisées au 1/50.000 (1954-1955), il existe une couverture au 1/15.000 (1960) de l'ensemble de la Vallée et une couverture au 1/25.000 (1964) du Delta; on trouve de nombreuses autres missions partielles.

1.1.2. Hydrogéologie (cf. Rapports Audibert 1971 - Illy 1973)

La nappe du Maestrichtien entre Boghé et Matam doit permettre du fournir des quantités d'eau importantes mais à un coût élevé (profondeur de 50 à 150 m).

Les nappes phréatiques et sous-phréatiques alimentées et drainées par le Fleuve devraient pouvoir fournir de l'ordre de 200 millions de m3 par an en aval de Boghé; ces nappes se salinisent progressivement et un drainage devra être envisagé sur de nombreuses zones particulièrement pour assurer le lessivage de sels provenant de la transgression Marine du Nouakchottien.

1.1.3. Régime du fleuve (cf. Mission A.1.5"Régularisation").

Une bonne connaissance du régime du Fleuve a pu être approfondie et présentée dans une documentation technique claire (cf. M. JUTON 1972, BENSOUSSAN 1973).

Plusieurs conclusions méritent d'être particulièrement relevées :

- les lignes d'eau du fleuve sont à l'étiage au-dessous des zones susceptibles d'être irriguées, mais montent à une cote bien supérieure lors des crues, ce qui imposera à la fois un pompage et un endiguement.

- les débits diminuent à une allure indépendante de la crue on peut à partir de Novembre - Décembre prédire les quantités d'eau qui seront disponibles jusqu'à la prochaine crue.

- le modèle mathématique du Fleuve permet de calculer l'influence des aménagements sur les relèvements de lignes d'eau des crues qui peuvent être atteintes en crue centennale de l'ordre de 0,50 m à 1 m ainsi que les surfaces inondées à partir des hauteurs atteintes à Bakel.

1.1.4. Forêts (cf. Rapport PERRAUDIN 1972)

Dans la Vallée 60.000 ha de forêts dont 45.000 ha sont classés comprenant essentiellement du Gonakié (Acacia Nilotica).
Le potentiel de production serait de 300.000 stères par an.
Les aménagements toucheraient environ 25.000 ha de forêts correspondant aux couverts les plus dégradés.

1.1.5. Ressources piscicoles (cf. Rapport C.T.F.T. 1972)

La capacité moyenne de production est estimée à 27.000 t par an à l'exclusion de 3.000 t produites dans les eaux saumâtres du Delta qui ne seront pas affectées par la régularisation du fleuve.
C'est une des principales ressources en protéines des habitants de la Vallée.

1.2. Géomorphologie et Pédologie

De 1969 à 1973, une étude pédologique "Etude SEDAGRI" a été menée sur la Vallée et le Delta du Sénégal; la surface étudiée correspondant approximativement au lit majeur du Fleuve limité de part et d'autre par le "Diéri" en y adjoignant les zones inondables de certains affluents Gorgol, Niordé, Gorfa et défluents (R'Kiz, Lac de Guiers, Delta).

La superficie totale étudiée est de 12.000 km^2, 8.000 pour la vallée et 4.000 pour le Delta et les résultats des travaux sont concrétisés par une carte pédologique et une carte d'utilisation des sols au 1/50.000.

En 1974-1975, ont été réalisées deux autres études pédologiques:

- La dépression de l'Aftout-es-Sahel sur 40.000 ha environ au 1/50.000 par la SOGREAH. La zone cartographiée a fait l'objet d'un levé topographique au 1:10.000.
- La région de Kayes sous forme de reconnaissance sur 50.000 ha et basée essentiellement sur l'interprétation des photographies aériennes, par la SCET/INTER.

1.2.1. Géomorphologie

C'est la topographie qui joue un rôle prépondérant dans la pédogenèse, car elle gouverne l'importance et la durée de l'inondation ainsi que la granulométrie des dépôts actuels ou anciens, l'envahissement et le drainage des eaux saumâtres ou salées et correspond donc à la géomorphologie.

Les différentes unités géomorphologiques que l'on rencontre peuvent être classées comme suit par ordre d'ancienneté croissante:

a. Dépôts actuels et subactuels: cuvettes argileuses de décantation dans les parties basses du lit majeur inondées régulièrement et formées par décantation des eaux qui déposent de l'argile d'une épaisseur de 1 à 1,70 m au centre des dépressions 0,50 à 1 m près de leurs bordures. Dans le delta, ces cuvettes sont généralement salées. Les parties basses de ces cuvettes restent souvent inondées très longtemps et l'épaisseur de l'argile peut atteindre 3 m.

b. Levées actuelles et subactuelles: elles s'étirent le long des rives du Sénégal, du Doué et des principaux marigots et ont été formées par des sables et limons déposés lors de la montée de la crue.

c. Vasières : elles correspondent à des zones basses du Delta submergées tantôt par l'eau douce, tantôt par de l'eau saumâtre; leurs terrains argileux et très salés sont parcourus par un lacis de chenaux sinueux.

d. Dunes : On distingue des dunes vives, blanches ourlant le littoral, des dunes semi-fixées jaune -ocre ou brun-clair et des dunes rouges remaniées se terminant par un talus.

e. Dépôts post-nouakchottien : Ces formations plus anciennes se sont mises en place juste après la transgression du Nouakchottien il y a environ 5.000 ans et comprennent surtout les formations suivantes:

. Hautes levées et dépôts fluviodeltaïques correspondant à des dépôts de sables et limons disposés en bourrelets de berge plus ou moins aplatis.

. Deltas de rupture de levées qui se gonflent sur d'anciens bourrelets de berge coupés par des défluents.

f. Nouakchottien : Ce sont des dépôts sableux et salés provenant de la transgression nouakchottienne dans le Delta et la Basse Vallée.

g. Ogolien: Ces formations correspondent à des ergs constitués de dunes longitudinales de la dernière régression marine pendant la période aride d'il y a 15.000 à 20.000 ans.... plusieurs terrasses ont été formées par transport éolien; elles comprennent surtout des sables rouges oxydés.

h. Glacis et terrasses graveleuses: Ces formations quaternaires s'étirent au pied du plateau et des buttes présentes du Continental Terminal à cuirasse ferrugineuse; elles ont fréquemment été recouvertes par des colluvions.

1.2.2. Végétation

La végétation est sahélienne sous la dominance de la crue annuelle; son rôle sur la formation des sols est restreint en raison de sa faible densité, néanmoins elle joue un rôle d'indicateur sur la durée de l'inondation et le degré de salinité des sols.

a. Terrains régulièrement inondés

Ce sont essentiellement des boisements de gonakiés (Acacia nilotica) dont le défrichement provoque le développement d'une savanne à Vétiveria, qui prédominent. Sur les berges en pente douce les apports annuels de limons acides compacts ne permettent que l'installation d'un tapis clair de xérophiles: sur les berges abruptes la végétation est très fournie et formée de Phanérotypos adaptées à une submersion temporaire.

b. Terrains non régulièrement inondés

La végétation laisse toujours voir le sol, on y trouve suivant les conditions d'inondation, l'Acacia nilotica, Balanites aegyptiaca et dans les zones jamais atteintes par la crue une savane armée à Acacia radiana et Tamarindus indica.

c. Terrains salins

Trois principaux groupements on été observés:

. groupement à Arthrocnemum glanam voisin de la côte

. groupement à Paspalum vaginatum dans les stations à salinité élevée mais bien tamponnées

. groupement à Sporobolus robustus plante vivace qui supporte la submersion et se trouve localisée principalement sur le littoral.

d. Mangrove

C'est la forêt tropicale à palétuviers de l'étage littoral qui ne dépasse que de très peu la région de Saint-Louis.

1.2.3. Régime hydrique

La plupart des terrains de la Vallée du Sénégal sont submergés chaque année pendant une période de 1 à 3 mois suivant la cote des terrains et l'importance de la crue.

Par ailleurs, l'eau salée envahit la Basse Vallée du Fleuve, dès la fin de la crue et avec le marnage dû aux marées, cette eau salée envahit les cuvettes où elles se trouvent "piégées" par la crue.

En rive sénégalaise du Delta, les cuvettes sont désormais à l'abri des eaux salées à l'exception de la cuvette de Djeuss Amont aménagée en piège à eau saumâtre; en Mauritanie aucune cuvette n'est protégée et chaque crue y apporte de nouvelles quantités de sel, d'autant plus importantes que la cuvette est plus proche de la mer.

La minéralisation est très faible dans le cours du Sénégal, les résidus secs étant inférieurs à 100 mg/1. Cette faible minéralisation posera des problèmes pour l'irrigation d'autant plus que les sulfates sont pratiquement absents.

Dans l'ensemble de la Vallée une nappe alluviale existe, alimentée par l'inondation du lit majeur et drainée par évaporation; cette nappe parait suffisamment profonde dans la Vallée pour ne pas avoir d'influence sur les sols. Dans le Delta en revanche, les nappes sont très salées à proximité du sol.

1.2.4. Classification des sols, de Bakel au Delta

Une carte géomorphologique au 1/50.000 a été dressée sur l'ensemble de la vallée et du Delta à partir de photographies aériennes et des observations de profils avec une densité de 2 pour 10 km2. On a constaté une corrélation étroite entre les différentes unités géomorphologiques et les catégories de sols rencontrés à l'état pur ou d'association : sols minéraux bruts, sols peu évolués d'apports, vertisols, sols isohumiques, sols halomorphes, sols hydromorphes. La correspondance entre la classification française et les appellations vernaculaires sont mentionnées entre parenthèses.

grossière polyédrique ou prismatique, une porosité faible et une forte cohésion à sec.

La structure instable et la faible porosité de ces sols les rend aptes surtout à la culture du riz, d'importants problèmes de drainage se posant pour d'autres spéculations.

Les "hollaldés" comprennent en majeure partie des vertisols, lesquels constituent également les terres les plus souvent inondées et cultivées en décrue dans la vallée.

Les larges fentes de retrait que ces sols présentent à l'état sec, parfois jusqu'à plus de 50 cm de profondeur, la succession annuelle des processus de gonflement consécutifs à l'hydratation, puis de rétraction suite à la dessication, aboutissent à la longue à un constant remaniement de l'horizon superficiel, s'y incorporant en une masse homogène de débris organiques tombés dans les fentes, alluvions déposées par le fleuve en crue, etc...

d - Sols isohumiques (diéri)

Sols brun-rouge sur les dunes rouges non remaniées à horizon humifère épais, texture sableuse, structure particulaire et cohésion nulle.

e - Sols halomorphes (hollaldé le plus souvent)

Sols ayant une conductivité d'extrait de pâte saturée de 5 millimhos à une profondeur inférieure à 0,60 m.

f - Sols hydromorphes (hollaldé)

Ces sols se rencontrent souvent dans les cuvettes de décantation et leur évolution est due à un excès d'eau par suite d'un engorgement temporaire de surface, de profondeur et d'ensemble ou par suite de la présence ou de la remontée d'une nappe phréatique.

On trouve des sols :

. peu humifères à gley avec processus de réduction, ce sont des terrains peu perméables et à structure instable, à capacité d'échange élevée mais saturée.

. peu humifères à pseudogley caractérisés par une réoxydation après réduction, de bonne potentialité agronomique avec une structure instable et une perméabilité moyenne à faible.

1.2.5. Aptitude à l'irrigation des terres du lit majeur

Un système de classement des terres suivant leur aptitude à l'irrigation a été élaboré suivant une méthode dérivée de celle utilisée par l'U.S. Bureau of Reclamation, prenant en considération, notamment :

- la profondeur du sol utilisable
- la structure du sol et surtout sa stabilité
- la perméabilité à l'eau et à l'air
- la capacité de rétention du sol
- la réaction du sol et sa salinité (extrait au 1/10)
- la texture qui conditionne elle-même la perméabilité des terres, la quantité d'eau disponible et la capacité d'échange des bases
- la topographie : relief, pente
- les conditions de drainage.

Six classes de terres ont été retenues :

Classe 1 - Irrigables sans réserve : terres profondes, à bonne texture, sans nappe à faible profondeur ni salinité.

Classe 2 - Irrigables mais pour un choix plus restreint de cultures, certains problèmes pouvant se poser :

. faible perméabilité, salinité, relief défavorable, nappe à faible profondeur.

Classe 1R- Rizicultivables : texture fine, (plus de 60 % d'argile), terres planes et absence de sels solubles.

Classe 2R - Rizicultivables avec réserve : terres à texture argileuse mais salée reposant sur un matériau filtrant, nécessitant un drainage profond ; des prairies permanentes sont aussi possibles.

Classe 6 - Non irrigables en raison de la texture trop grossière, de l'irrégularité du relief, de la difficulté du drainage, ou de la salinité excessive.

Classe 6R - Non irrigables mais susceptibles d'être récupérées pour le riz moyennant des aménagements très coûteux, comprenant des terres à texture fine présentant une nappe salée.

Un potentiel total de plus de 800.000 ha a été ainsi reconnu apte à l'irrigation.

La récapitulation des superficies par classe de terrains figure ci-dessous :

Tableau 1 Superficies (en ha) pour classe de terres reconnues suivant un découpage correspondant aux cartes IGN au 1/200.000

Carte IGN	CLASSES (ha.)						
	1	2	1R	2R	6	6R	Total
BAKEL	2.796	656			305		3.757
SELIBABI	34.520	18.714	16.845		15.325		85.404
MATAM	47.117	36.384	20.706		18.621		122.831
KAEDI	37.936	36.173	44.902	76	17.691		136.778
PODOR	82.264	89.223	47.739	3.534	18.799		241.559
DAGANA	24.436	121.037	28.647	2.791	48.553	74	225.538
SAINT-LOUIS	1.606	95.868	3.090	27.540	130.192	27.199	285.495
LOUGA		3.433			8.850		12.283
TOTAL	230.675	401.488	161.929	33.941	258.339	27.273	1.113.645
TOTAL APTE A L'IRRIGATION		828.033 ha					

Source: Etude pédologique SEDAGRI

1.2.6. Limitations de l'aptitude à l'irrigation

Ces limitations sont de deux ordres, celles qui sont intrinsèques aux sols eux-mêmes, notamment leur niveau de fertilité et d'autre part celles qui ressortent de la qualité de l'eau d'irrigation.

Les sols sont généralement carencés en éléments fertilisants, particulièrement en phosphore et en soufre ; l'importance relative des carences augmentant de l'amont vers l'aval. Les formules des fumures correctives et d'entretien devront être adaptées à chaque cas particulier.

La culture du riz dans les cuvettes actuellement submersibles non affectées par les sels ne posera vraisemblablement que des problèmes d'apports de fertilisants. Par contre, il sera difficile d'y pratiquer des cultures irriguées normales, en raison de leur texture trop fine.

Le problème délicat du sel demandera dans le delta un dessalement préalable à toute mise en culture et dans les régions où les dangers de salinisation existent (nappe phréatique salée), une maîtrise parfaite de l'irrigation.

En tout état de cause, le dessalement des terres salées paraît extrêmement difficile en raison de la mauvaise structure des terres et de la faible minéralisation des eaux d'irrigation.

En règle générale pour l'ensemble des terrains de la vallée, il serait souhaitable de procéder à des cultures fourragères pendant une ou plusieurs années afin d'améliorer leur structure.

La qualité de l'eau d'irrigation, en général examinée dans l'optique d'une salination excessive, doit par contre, dans le cas de l'eau du Sénégal, être abordée dans l'optique des effets éventuels sur la terre d'une eau trop peu minéralisée, au pH élevé et contenant souvent du carbonate de soude résiduel, qui

peut provoquer l'alcalinisation des terres irriguées. Faible minéralisation, pH élevé, alcalinisation possible ont pour conséquence de favoriser la mise en suspension de l'argile qui peut colmater les pores des terres et ainsi les rendre imperméables.

Dans le cas de terres lourdes, au drainage déjà difficile, la mise en suspension de l'argile, s'accompagnant d'une destruction de la structure, serait catastrophique et nécessiterait de coûteuses mesures de restauration des sols.

1.2.7. Systèmes de l'Aftout de Sahel, du lac R'Kiz et du lac de Guiers

La dépression de l'Aftout es Sahel s'étend sur 170 km, du Sénégal à Nouakchott et occupe une superficie totale d'environ 1000 km^2. La moitié environ de la superficie est occupée par des sebkhas, dont la cote se situe en dessous du 0 IGN, l'autre moitié consistant en terrasses alluviales dont la cote varie entre 0 et 2 m IGN. La nappe phréatique, dont la teneur en sel représente localement deux à trois fois celle de l'eau de mer, se trouve entre - 1 et - 3 m IGN. Il n'y aurait pas d'échange entre la mer et la nappe, tout au moins dans la zone sud.

Le potentiel en terres irrigables inventorié par la SOGREAH se répartit comme suit (classes de l'US Bureau of Reclamation) :

Classe	2	3	4	5	6(P)	Total
Surface	970	13.650	7.280	15.440	1.680	39.020

. Classes 2-3 : Aptitude moyenne à marginale
. Classes 4-5 : Aptitude limitée à l'irrigation
. Classe 6 : Inapte à la culture normale, doit être réservée aux forêts et pâturages.

Selon la solution de mise en valeur qui sera adoptée, les superficies nettes cultivables représentent des surfaces variant de 5.500 à 10.600 ha. Dans ce dernier cas, soit un canal de 89 km, en partie revêtu et comportant 3 à 4 stations de reprises devra être construit, soit la cuvette sera inondée sur une surface approximative de 400 km^2 à la cote 1,45. Si la solution de l'inondation est retenue, le remplissage s'effectuera en moyen d'un chenal de 17 km, d'août à octobre jusqu'au niveau + 1,45 IGN. La vidange interviendrait en décembre-janvier ; le niveau serait ensuite maintenu au 0 IGN pendant l'étiage, permettant l'exploitation des terres situées entre + 0,50 et + 2,00 IGN. La superficie inondée à la cote 0 IGN varierait entre 200 et 310 km^2.

Les besoins en eau globaux et leur répartition annuelle ne sont pas encore connus et dépendront de la solution retenue.

Le système du lac de R'Kiz, en cours d'étude, comprendra 5.000 à 7.000 hectares de terres irrigables en plus des cultures de décrue. Le système d'irrigation, le mode et l'alimentation de la réserve ne sont pas encore définitivement fixés. L'alimentation en eau du système, contrôlée à partir des 4 chenaux reliant la dépression au fleuve, ne dépendra toutefois du système hydraulique du Sénégal qu'en période de crue.

Le système du lac de Guiers a un potentiel global de 12 à 15.000 hectares, qui sont principalement dévolus à la culture de la canne à sucre (Compagnie Sucrière Sénégalaise à Richard Toll). L'étude de ce système dont l'alimentation en eau est assurée essentiellement en période de crue, ne sera pas abordée ici (cf. SOGREAH, Etudes d'Exécution du Barrage de DIAMA).

Les trois systèmes de l'Aftout es Sahel, R'Kiz et Guiers n'ont pas été pris en compte dans le calcul des besoins en eau en phase finale.

l'adoption de formules d'irrigation différentes (aspersion ?) de celles en application ailleurs dans la vallée. Là où l'irrigation gravitaire sera possible (zones hydromorphes situées en bordure des marigots), il semble que l'aménagement local des marigots présente des possibilités intéressantes, indépendantes du système du fleuve. Ces considérations ont mené à l'exclusion du calcul des besoins en eau des 39.300 ha du complexe "glacis-hautes terrasses".

N'ont donc été pris en compte dans le calcul des besoins en eau que le potentiel rapidement aménageable selon le schéma classique endiguement-pompage, des terres des alluvions récentes.

Ce potentiel représente 8.400 ha de petites cuvettes disséminées le long du fleuve, soit approximativement 6.300 ha nets qui ont été découpés par la SCET en 12 zones principales d'irrigation.

En tenant compte de l'existence probable d'environ 4.800 ha bruts (grossièrement estimés à partir des cartes au 1:50.000) de terres de même nature se trouvant sur les deux rives du fleuve

- entre Bakel et Ambidedi, y compris un certain nombre de sites le long de la Falémé aux alentours de son confluent avec le Sénégal
- entre Kayes et Bafoulabe

soit un total d'environ 3.600 hectares nets, le potential global de la zone Bakel-Kayes (Bafoulabe) entrant en ligne de compte pour le calcul des besoins en eau s'élève à 8.900 ha nets.

1.3. Modalités d'exploitation des ressources naturelles

La recherche agronomique faisant suite aux expérimentations agronomiques déjà entreprises de longue date dans la vallée, par l'IRAT notamment; un Projet Régional de Recherche Agronomique a été mis en place à partir de l'année 1968 avec l'aide du PNUD et de la FAO ; après 1977 sa poursuite devrait être assurée par les Instituts Nationaux.

Les objectifs essentiels de ce projet sont de :

- Rassembler et analyser la documentation concernant l'agronomie,
- Préparer un programme à court terme d'expérimentation agronomique,
- Etablir des directives pour des programmes à moyen et long termes dans la perspective d'un aménagement intégral du Fleuve Sénégal.

Trois stations de recherches ont été implantées dans chacun des trois Etats Membres de l'OMVS à Guédé (Sénégal), Kaédi (Mauritanie) et Samé (Mali).

Les principales interventions sont résumées dans les paragraphes suivants.

1.3.1. Agrométéorologie (cf : Rapport Rijks 1976 - Lucido 1976)

Ces études ont porté tout d'abord sur la description du climat : le rayonnement solaire, la fréquence des hautes et des basses températures, la vitesse et la fréquence du vent, la pluviométrie, etc... Ces paramètres ont également fait l'objet d'une analyse fréquentielle et statistique. Les relations existant entre les variations annuelles de ces paramètres et le développement des cultures (facteurs et contraintes climatiques) ont ensuite été abordées. L'étude systématique des besoins en eau des principales plantes de grande culture n'a été abordée qu'à partir de 1971, principalement à Guédé et Kaedi (voir chap. 4).

L'incidence des facteurs agro-climatiques sur certains paramètres économiques a été également étudiée.

Un résumé des principaux résultats de l'agrométéorologie est présenté en Annexe 2.

1.3.2. Pédologie (cf.Rapport de Boyagdiev, Nov. 1976)

Ces études ont accompagné les interventions de mise en valeur pour compléter l'étude générale de SEDAGRI et ont surtout été axées sur les relations sol-eau-plante.

Une carte physionomique de la vallée, de Bakel au Delta, a également été dressée sur base des images en fausses couleurs fournies par le satellite ERTS-1 récemment rebaptisé LANDSAT-1.

1.3.3. Recherche appliquée

Les travaux du projet dans ce secteur ont portés essentiellement sur l'amélioration variétale (détection des meilleurs écotypes dans les populations locales ; sélection des espèces les moins exigeantes en eau, à cycle court) et sur l'amélioration des façons culturales (travail du sol, période et densité des semis, rotations, fertilisation, mécanisation).

1.3.4. Prévulgarisation

A côté de la recherche appliquée poursuivie en station, l'application des résultats de cette recherche en milieu rural a été lancée. Les efforts ont porté aussi bien sur les cultures traditionnelles, pluviales et de décrue, que sur les cultures intensives irriguées, tant en grands aménagements qu'en petits périmètres. La prévulgarisation a été confiée entre 1970 et 1976 à la SATEC.
Le problème crucial de la protection des cultures a également été étudié.

1.3.5. Résultats

Les travaux menés jusqu'à présent, dont les résultats seront repris dans le rapport final en cours de préparation, ont montré essentiellement que :

- Les potentiels de production sont très importants pour les céréales.
  En riziculture des rendements de l'ordre de 8 à 10 t par an en double culture semblent à la portée des agriculteurs de la vallée. Le blé et le maïs ont un potentiel de production élevé pouvant atteindre 6 t à l'hectare en culture de saison froide.

- La double culture est assujettie à un calendrier devant être respecté rigoureusement et ne paraît pas toujours possible en une première phase.
- Une meilleure connaissance de la physiologie des plantes et des façons culturales adaptées est nécessaire.
- La"culture industrielle" irriguée se heurte à de nombreux obstacles.

Par ailleurs, les essais portant sur les fourrages ont montré les potentialités énormes des cultures de ce type et leur intérêt pour l'élevage. L'expérimentation fourragère n'est toutefois pas sortie du cadre des stations de recherche et l'intérêt du paysan pour les cultures fourragères irriguées semble en tout état de cause fort mitigé.

2. Zones irrigables par Manantali et situation actuelle de l'agriculture irriguée dans la vallée

2.1 Potentiel irrigable des principales zones dépendant du système hydraulique du Sénégal

Le potentiel irrigable de l'ensemble du bassin du Fleuve Sénégal a déjà été examiné au chapitre 1.2 et est représenté schématiquement par la carte no. 1.

Nous n'avons retenu comme base pour le calcul des besoins en eau que les zones qui dépendront directement pour leur irrigation du fleuve régularisé (soit essentiellement en contre-saison), ce qui nous a amené à opérer une sélection sur base des renseignements disponibles à l'heure actuelle.
Les zones sélectionnées ont ensuite été découpées en 13 secteurs d'irrigation compte tenu des besoins de la navigation (carte 2 et Annexe 1.2).

2.1.1 Unité naturelle d'équipement entre Bakel et Rosso (U.N.E.) (lit majeur du fleuve)

Compte tenu de la topographie, de la morphologie, du réseau des marigots, de la pédologie et de l'aptitude des terres à l'irrigation, la vallée de Bakel à Rosso sur la Rive Droite et à Dagana sur la Rive Gauche a été divisée en 72 Unités Naturelles d'Equipement d'une taille pouvant varier de 1500 à 15000 hectares et susceptibles d'être équipées les unes après les autres pour l'irrigation.

Le travail de délimitation systématique des Unités Naturelles d'Equipement sur le terrain avec report sur carte au 1/50000 a été exécuté pendant deux années en 1971 - 1972 par une équipe animée par MM. JUTON, CHAUMENY et MUTSAARS avec la participation d'un expert forestier,M. PERRAUDIN.

Les résultats sont présentés dans un Atlas comprenant:

a - Un jeu de cartes au 1/50000 des aptitudes culturales sur lequel ont été portées en surcharge:

. les limites des U.N.E. matérialisées par des endiguements en zones inondables ou la bordure du diéri

. les limites des forêts classées

b - Une série de tableaux récapitulant les principales caractéristiques des U.N.E.:

. Analyse hypsométrique
. Hauteur de pompage
. Cote moyenne, cote des berges, côte d'inondation
. Surface suivant leur aptitude culturale
. Surface utile agricole
. Superficie forestière
. Surface inondée et surface cultivée en oualo.

La répartition des UNE est résumée au tableau 2 et détaillée en Annexe 1.1.
La totalité de ces UNE dépendra directement du système du fleuve pour l'irrigation.

La zone d'irrigation du Gorgol (10.000 ha) dépendra en phase finale des barrages de Foum Gleita et de El Bir, et n'a donc pas été retenue pour le calcul. Signalons toutefois qu'un pompage d'appoint dans le fleuve est prévu en période de sécheresse décennale.

2.1.2 Zones d'irrigation potentielle dans le Haut-Bassin

Le potentiel irrigable du Haut-Bassin (47.000 ha) a déjà été examiné au chapitre 1.2.8.
Une surface nette de 8900 hectares a été prise en compte dans le calcul des besoins en eau.

2.1.3 Potentiel irrigable dans le Delta de Rosso à St. Louis

La configuration particulière du Delta, les problèmes de salinité qui s'y posent et l'existence du barrage de Diama ont rendu difficile l'estimation des surfaces irrigables à partir de Manantali et le calcul des besoins en eau d'irrigation.

Sur les 400.000 hectares de surface totale du Delta, on peut compter que 25.000 hectares ne sont pas salés, 10.000

hectares peuvent être dessalés facilement et 25.000 ha ne sont récupérables qu'au prix de gros travaux.

Par ailleurs, le barrage de Diama relèvera le niveau de l'eau du fleuve; sa zone d'influence se fera sentir jusqu'à Boghé et l'alimentation en eau des systèmes du Lac de R'Kiz, du Lac de Guiers et de l'Aftout es Sahel se fera à partir de la réserve de Diama.

Le rapport définitif concernant le mode d'exploitation de la réserve n'est pas encore disponible à l'heure où ces lignes sont écrites et de toute façon, l'alimentation de ces systèmes n'est pas prévue à l'horizon 1985, limite jusqu'à laquelle la SOGREAH a déterminé l'exploitation de la réserve.

Ces incertitudes nous ont obligé à fixer des limitations et à considérer certaines hypothèses relatives à la phase finale:

a - faute d'informations suffisantes, les systèmes du Lac R'Kiz et de l'Aftout es Sahel n'ont pas été pris en compte dans le calcul. Ils sont supposés ne dépendre du système du fleuve qu'en période de crue, ainsi d'ailleurs que le système du Lac de Guiers. L'alimentation en eau de ces systèmes sera facilitée et accélérée par l'existence du barrage de Diama.

b - l'exploitation de Diama en phase finale serait essentiellement limitée à un rôle de barrage anti-sel et de reprise pour faciliter irrigation et navigation. Dans ce cas, le niveau de la réserve est supposé rester constant, tout en admettant des variations temporaires dues aux besoins de l'irrigation. L'eau nécessaire à l'irrigation des superficies dépendant de Diama serait donc fournie en phase finale par Manantali.

Une superficie nette de 12.500 hectares dans le Delta a été retenue pour l'estimation des besoins en eau.

2.1.4 Superficies nettes totales irrigables par Manantali

Un total de 376.529 hectares nets a été retenu pour le calcul des besoins en eau effectué au chapitre 4. Le détail par secteur d'irrigation, tels que délimités sur la carte 2, en est donné en Annexe 1.2 . Un résumé en est présenté au tableau 3.

Tableau 3 Répartition du potentiel irrigable par secteur d'irrigation (hectares nets)

Secteur		Points kilométriques (origine St. Louis)	Superficies ha	Superficies %
I	KAYES (BAFOULABE) - MOUDERI	924 - 770	8900	2,36
II	MOUDERI - GOURIKI-NDIOUM	770 - 684	33233	8,83
III	GOURIKI-NDIOUM - TCHIMPEN	684 - 639	27600	7,33
IV	TCHIMPEN - KOUNDEL	639 - 605	27632	7,34
V	KOUNDEL - NGUIGUILONE	605 - 579	11355	3,02
VI	NGUIGUILONE - KERR	579 - 524	20831	5,53
VII	KERR - MBAGNE	524 - 490	25018	6,64
VIII	MBAGNE - VINDINGUE (1)	490 - 482	50845	13,50
IX	VINDINGUE - DIOULDE-DIABE	482 - 435	14345	3,81
X	DIOULDE-DIABE - DEMET	435 - 380	34230	9,09
XI	DEMET - MAFOU	380 - 330	29754	7,90
XII	MAFOU - PODOR	330 - 265	25778	6,85
XIII	PODOR - ST. LOUIS	265 - 0	67008	17,80
TOTAL			376529	100,00

(1) Compte tenu du partage des eaux entre Sénégal et Doué.

2.2. Situation actuelle de l'agriculture irriguée à partir du système hydraulique du fleuve Sénégal

L'agriculture dans les régions riveraines du fleuve Sénégal a de tout temps été tributaire des apports pluviométriques et du régime du fleuve pour la satisfaction de ses besoins en eau. Il parait utile de rappeler avant toute chose les caractéristiques de ces deux facteurs que sont la pluie et le fleuve :

- Les pluies sont irrégulières aussi bien dans le temps et dans l'espace qu'en quantité et n'apparaissent qu'en hivernage de juin-juillet à octobre; elles varient entre 300 et 900 mm/an comme indiqué par les isohyètes de la Carte 1.
- Le fleuve Sénégal de son côté connaît :
  - . des irrégularités annuelles: de 10.000 m^3/sec (maximum absolu) en Août-Septembre dans les années de très forte hydraulicité, le débit ne dépasse guère 10 m^3/sec en mai à Bakel.
  - . des irrégularités interannuelles : le volume d'eau s'écoulant vers la mer peut varier de 34 milliards de m^3 (1936) à 8 milliards de m^3 (1972).
    En moyenne, le débit de pointe est de 4.000 m^3/sec et le volume transité voisine quelques 25 milliards de m^3.
  - . une remontée en période de décrue de la langue salée plus ou moins loin dans le fleuve, jusqu'à Dagana en année moyenne et jusqu'à Boghé en année de faible crue.

En face de ces conditions climatiques précaires, l'agriculture irriguée à partir du fleuve Sénégal a développé deux systèmes d'exploitation qui sont d'une part les périmètres aménagés et d'autre part le système traditionnel caractérisé par les cultures de décrue.

2.2.1. Les aménagements

Le bassin du fleuve Sénégal en général et la rive gauche de la vallée du fleuve en particulier ont déjà fait l'objet d'études et d'actions d'aménagements diverses, avec comme objectif défini, la maîtrise des aléas climatiques.

A l'heure actuelle, le type d'aménagement retenu par les sociétés d'intervention et défini parallèlement par l'OMVS qui a élaboré un programme d'aménagement intégré de toute la vallée du fleuve est l'aménagement dit tertiaire. Celui-ci consiste à diviser les périmètres en parcelles dans lesquelles la dénivelée ne dépasse pas 10 cm; chaque parcelle est dotée d'un réseau d'irrigation et de drainage, ce qui permet de la remplir et de la vider à volonté. Un tel système offre l'avantage de s'affranchir des aléas climatiques et hydrauliques dans la mesure où il permet non seulement de remplacer la crue mais aussi de pratiquer une imbibition et la levée sous irrigation.

Deux catégories d'opération prenant en compte ce type d'aménagement coexistent actuellement dans la vallée : ce sont les grands périmètres et les petits périmètres. Ils se caractérisent chacun par leurs principes, leurs systèmes culturaux et leur impact au niveau des rendements qu'il convient d'analyser.

2.2.1.1. Les grands aménagements

L'objectif consiste à endiguer des cuvettes compactes qui seront divisées en parcelles d'assez grande taille (2 à 3 ha). Ces parcelles seront dotées d'un réseau d'irrigation , d'un réseau de drainage et d'un planage adéquat qui ramène la dénivelée à un maximum de 10 cm. La nature des sols (souvent très argileux) rend impossible le travail à la main pour la construction des canaux et le planage. De plus le coût des digues oblige à rentabiliser rapidement l'aménagement, ce qui impose des cadences rapides et donc un aménagement fait par des engins mécaniques. La mise en valeur rapide de l'aménagement,nécessitée par son coût élevé,rend difficile la vulgarisation et entraîne la mécanisation des travaux du sol :

labours, pulvérisage et billonnage éventuel. Ce type d'aménagement ne responsabilise pas le paysan qui agit en manoeuvre mais offre la seule voie possible d'atteindre avec l'augmentation des surfaces aménagées et des rendements qu'elle permet, l'amélioration du revenu paysan et la couverture des besoins nationaux.

Ce type d'aménagement se rencontre en Mauritanie et au Sénégal mais n'existe pas au Mali.

En Mauritanie, seule la riziculture est actuellement pratiquée sur le seul grand aménagement qui existe pour le moment (MPOURRIE) tandis qu'au Sénégal où cette expérience est plus ancienne, on rencontre :

. riz, blé, tomates sur les périmètres dotés d'équipements tertiaires.

. riz et tomates sur les périmètres du Delta non équipés en réseau tertiaire mais ayant fait l'objet d'aménagements sommaires localisés.

. riz sur l'ensemble des périmètres ayant seulement un réseau secondaire.

Le tableau 4 donne les superficies cultivées sur les grands périmètres pour le Sénégal et la Mauritanie.
L'impact des grands aménagements s'est traduit au niveau paysan par une augmentation des rendements : ceux-ci sont en moyenne de 2,5 t/ha pour une seule culture de riz et de 5 t/ha en double culture.
Le tableau 5 donne les objectifs de rendement des cultures pratiquées ou envisageables dans les grands périmètres et leur évolution dans le temps.

Tableau 4 SUPERFICIES CULTIVEES - GRANDS PERIMETRES (1976)

PAYS	PERIMETRES	Culture de riz en ha		Culture de tomates - ha		Culture de Blé -ha	Superficie totale	
		Aménagement Secondaire	Aménagement Tertiaire	Aménagement Secondaire	Aménagement Tertiaire	Aménagement Tertiaire	Aménagement Secondaire	Aménagement Tertiaire
SENEGAL	DELTA	6.621	2.120	425	150	-	7.046	2.270
	DAGANA	-	625	-	625	66		1.316
	NIANGA	-	44	-	50	-		94
	GUEDE	-	302	-	-	-		302
	Sous-total	6.621	3.091	425	825	66	7.046	3.982
	Total	9.712		1.250		66	11.028	
MAURI-TANIE	M'POURRIE		800					
Total Sénégal + Mauritanie		10.512		1.250		66	11.828	

Tableau 5

EVOLUTION DES RENDEMENTS EN T/HA (objectifs)[1]

CULTURES	ANNEES					
	1	2	3	4	5	6
1 seule culture de riz	2,5	3	3,5	4	4	4
Double culture de riz:						
1er Riz	2,5	3	3,5	4	4	4
2ème Riz	2,5	3	3,5	4	4	4
Double culture Riz-Blé:						
Riz	2,5	3	3,5	4	4	4
Blé	2	2,5	3	3,5	3,5	3,5
Maïs	2,5	3	3,5	4	4	4
Sorgho						
Culture sur Billons	1,5	2	2,5	3	3	3
Type décrue derrière riz	0,7	1	1,3	1,5	1,5	1,5
Niébé	1	1,5	2	2	2	2
Tomates	20	22	24	26	28	30
Canne à sucre						80
Cultures Fourragères (en tonnes de fourrages verts)						150

Source: SAED

(1) Rendement de la riziculture en tonnes de paddy.

2.2.1.2. Les petits périmètres

Leur but est de mettre à la disposition des villages un moyen d'assurer rapidement leur équilibre vivrier au moindre coût. Pour cela, on réalise des unités d'une quinzaine d'hectares dotées d'un groupe motopompe sur flotteur. Les unités sont implantées sur des sites dont la fréquence d'inondation est faible, (1 fois tous les 5 ans ou plus) c'est-à-dire sur le bourrelet de berge. Ceci permet une implantation à proximité des villages. Les terres légères permettent un aménagement manuel plus facile. Les faibles surfaces permettent un bon encadrement des paysans. Cette formule au niveau du respect de la structure sociale, de la vie du village, et de la prise en charge du périmètre par les paysans est très bonne. Elle ne permet malheureusement pas d'aménager une surface importante et est donc forcément limitée dans l'espace à un niveau qui ne permet pas de satisfaire des objectifs de revenus ou de production en accord avec la politique nationale. De plus les coûts de production du riz y sont élevés du fait de la grande perméabilité des terres.

Ce type d'aménagement est très motivant pour les paysans et a le gros avantage de les initier à la technique de la culture intensive et de faciliter ainsi leur intégration aux grands aménagements futurs. Il a été développé dans les trois états de l'OMVS et permet d'envisager outre la culture du riz, le blé, les tomates, le maïs, le sorgho, le niébé, les fourrages, la canne à sucre et les cultures maraîchères. Le tableau 6 donne les périmètres aménagés jusqu'à présent par pays.

Tableau 7 Cultures et rendements - Petits périmètres

Pays	Cultures	Variétés	Rendements atteints moyens	maxima
MALI	Riz (Paddy)	I Kong Pao Taïchung Native no. 1	4 t 5	7 t
	Maïs	Maka de Guédé	2 t 1	3 t 5
	Blé	Mexipack	2 t 5	4 t
	Gombo	Bambey		15 t
	Pomme de terre	Bintje	15 t	15 t
	Chou	Acre d'or	35 t	42 t
	Tomate	Casaque Rouge	18 t	26 t
	Gros Oignon	Early Texas Grano	22 t	25 t
MAURITANIE	Riz	Tchin chou waï IR8 Taï chung	4 t 7	7 t
SENEGAL	Riz Blé	I Kong Pao Taïchung Native no. 1	5 t	7 t 5
	Blé	Mexipack	1 t 5	2 t 9
	Tomate	T 85 Super Roma Roma	60 t	66 t

2.2.2. Cultures de décrue (ou de oualo)

Rappelons que le système agricole traditionnel se compose essentiellement des cultures pluviales dites de diéri, à base de petit mil et étroitement tributaire de la pluviométrie, et des cultures de décrue dites de oualo, à base de sorgho surtout, dépendant de la crue du fleuve. La fig. 1 présente de façon schématique le système agricole traditionnel.

D'après l'enquête effectuée en 1956 par la MISOES, l'exploitation traditionnelle moyenne comportait :

	Zone aval [1]	Zone amont [1]
oualo	3,20 ha	1,90 ha
diéri	2,05 ha	1,25 ha
Total	5,25 ha	3,15 ha

Les superficies totales plus réduites en amont reflètent à la fois une diminution des surfaces disponibles et une utilisation plus intensive des terres, traduisant une augmentation de la densité de la population vers l'amont.

Les conditions climatiques plus défavorables à l'aval rendent compte de l'importance relative plus grande des cultures de oualo par rapport au diéri dans cette région.

2.2.2.1. Superficie cultivée

D'une façon générale, environ 100.000 ha de terres de oualo sont cultivés de manière interannuelle pour une superficie moyenne inondée de 400.000 ha (350.000 ha en H 30 [2]).

---

1) Les zones "aval" et "amont" sont délimitées par une ligne joignant OREFONDE en rive gauche à OVOLOM NERE en rive droite, soit légèrement à l'aval de KAEDI

2) H 30 : hauteur d'eau correspondant à une submersion de 30 jours

Pour la crue 1970 et la saison de oualo 1970-71, la seule pour laquelle les surfaces inondées 30 jours et les superficies cultivées ont été déterminées, la répartition suivante a été observée :

Tableau 8 Surfaces oualo inondées et effectivement cultivées, 1970-71

Zones	Amont de Bakel à Kaédi	Centrale de Kaédi à Podor	Aval de Podor à Rosso	Total
Surfaces inondées 30 jours en ha				
Rive gauche	74.000	99.000	31.000	204.000
Rive droite	34.000	62.000	50.000	146.000
Total	108.000	161.000	81.000	350.000
Cultures de décrue en ha				
Rive gauche	17.400	36.000	6.700	60.000
Rive droite	9.900	22.700	9.000	41.000
Total	27.300	58.700	15.700	101.700

Source : Modèle Mathématique et enquête 1971 sur les cultures de décrue (JUTON/MUTSAARS)

On notera que la surface effectivement cultivée ne représente guère que 30 % du total cultivable.

Différentes contraintes limitent en effet les superficies mises en valeur :

- importance de la crue et allure de la décrue
- calendrier cultural et main-d'oeuvre disponible.

Ces contraintes seront examinées séparément ; les contraintes hydrologiques relèvent du chapitre 6.

2.2.2.2. Systèmes culturaux

Les superficies cultivées se répartissent de la manière suivante :

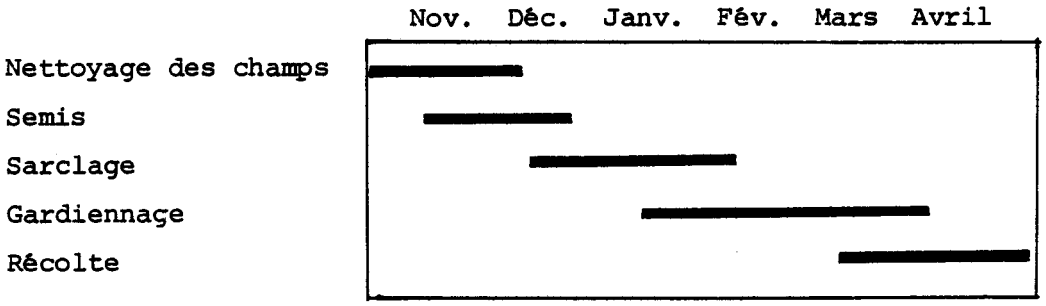
- falo ou bourrelet de berge 7,5 %
- fondé 16 %
- hollaldé et faux hollaldé 76,5 %

Ces pourcentages correspondent aux surfaces des terres cultivées et non des terres cultivables (enquête MISOES).

Le sorgho (samé) couvre les deux tiers du total et la quasi totalité du hollaldé et faux hollaldé.
Viennent ensuite le maïs (surtout en amont et spécialement en falo et fondé), le niébé associé au sorgho, sur fondé et hollaldé ; des cultures maraîchères, notamment sur le falo, complètent cet inventaire.

Il n'existe pas de jachère volontaire ; sur le falo et les hollaldés inondés tous les ans la fertilité des sols se refait avec la crue.

Les opérations culturales s'étendent de novembre à avril, et se subdivisent comme suit (en zone médiane, soit BOGHE)



Différents projets d'assistance aux cultures de décrue ont été prévus, en vue d'augmenter les rendements (objectif: 700 - 800 kg/ha) par la rationalisation des techniques culturales et d'assurer la défense des cultures.

2.2.2.4. Facteurs limitants des cultures de décrue

Le recouvrement des calendriers culturaux du diéri (juin-octobre ou novembre) et du oualo (novembre à avril) représente un premier goulot d'étranglement: suivant la date de la décrue, les opérations de défrichement et le semis des terres libérées par la crue peuvent débuter au moment de la récolte du mil.

Le sarclage limite ensuite la surface totale par exploitant. En moyenne un homme adulte ne peut cultiver que 2,4 ha de oualo.

Avec 1,35 homme adulte par exploitation, ceci conduit à 3,20 ha maximum de oualo par exploitation (chiffre moyen en zone aval). L'émigration, portant sur les hommes adultes du ménage, entraîne une baisse brutale des possibilités de culture de la famille que ne cultive plus en moyenne que 2,30 ha de oualo et 1,50 ha de diéri (enquête MISOES, 1956).

L'harmattan, apparaissant en mars-avril, parfois dès février, peut réduire les rendements de 40% par échaudage, s'il intervient avant la formation des grains. Par ailleurs, la croissance des plantes semble favorisée par un ensoleillement plus élevé (taille définitive atteinte après 80 jours à Kaédi, 90-100 jours à Richard Toll); la déficience en eau commençant à se marquer début janvier influence les rendements au cas où la taille définitive n'est pas atteinte à cette période. (travaux de Rijks, 1971).

Un semis précoce est donc dans tous les cas souhaitable.

Les facteurs conditionnels du point de vue hydrologique (voir ch. 6) sont essentiellement :

- une submersion suffisante du oualo : la durée de 30 jours a généralement été admise comme étant la plus adéquate
- une décrue précoce et régulière, sans être trop rapide.

Il n'existe aucune corrélation entre la hauteur maximale atteinte par la crue (et donc, les superficies inondées) et les superficies cultivées en oualo (Juton, 1970).

Par ailleurs, une crue exceptionnellement forte, s'accompagnant d'une date de retrait tardive, voit un déplacement des superficies cultivées (des hollaldés vers les fondés), les hollaldés étant dénoyés trop tard pour être ensemencés avec des chances de succès. Par crue très faible par contre, les parties basses des cuvettes, qui sont habituellement libérées trop tard pour être cultivées, sont mises en valeur.

On assiste ainsi d'une année à l'autre à un déplacement des surfaces cultivées suivant l'importance de la crue et l'allure de la décrue.

La réussite - ou l'échec - des cultures de diéri conditionneront aussi dans une large mesure l'importance des superficies cultivées en oualo : nous sommes encore en économie de subsistance.

3. Systèmes culturaux et rotations envisageables en zone irriguée et définition de l'hectare théorique irrigué

3.1. Méthodologie

Le choix des cultures et des rotations culturales en phase finale dépendra d'un ensemble de facteurs impossible à définir avec précision à l'heure actuelle.

Il faut cependant tenir compte d'une large prédominance des cultures vivrières, en vue de satisfaire aux besoins de la consommation des Etats et de la vocation culturale des sols.

Du point de vue du calcul des besoins en eau, des cultures ayant un cycle et des exigences comparables sont substituables; du point de vue du calcul économique, on peut substituer des spéculations présentant les mêmes caractéristiques économiques.

Nous avons retenu dans l'ensemble les vocations culturales et les rotations proposées par Norbert Beyrard, puis reprises par le rapport oral chinois.

Cependant, nous avons modifié assez largement la répartition des cultures en contre-saison, pour tenir compte des difficultés d'assurer un double cycle de riz dans les conditions agro-climatiques de la vallée et introduire pour les cultures vivrières une jachère quadriannuelle dans la rotation, suivant en cela les conseils des spécialistes du développement agricole.

Les vocations culturales des différentes spéculations ont été réparties en accordance avec les subdivisions traditionnelles des sols, soit fondé, hollaldé et faux-hollaldé, bien que ces dernières ne cadrent pas exactement avec les classes d'aptitudes définies par les pédologues.

Nous avons également tenu compte des particularités propres à chaque Etat quant aux pourcentages des différentes cultures.

Nous n'avons considéré dans l'application des rotations que deux saisons : hivernage, de juin à octobre et contre-saison, de novembre à avril-mai. Actuellement, la contre-saison est divisée en contre-saison froide (de novembre à février) et contre-saison chaude (de mars à mai-juin), mais l'ordonnancement des calendriers culturaux dans le cadre d'une double (voire triple) culture annuelle n'est pas encore bien défini pour toutes les spéculations.

Nous avons construit, sur base de la répartition des cultures dans l'ensemble de la vallée, un "hectare théorique moyen" de saison d'hivernage et un hectare théorique de contre-saison, auquel nous avons appliqué et les calculs de besoins en eau et les calculs économiques.

Enfin, pour le calcul des besoins en eau, nous avons calé les calendriers culturaux aux périodes optimales recommandés par les spécialistes.

3.2 Caractéristiques générales des spéculations retenues

Les cultures entrant dans la composition de l'hectare théorique défini en 3.3. sont essentiellement des céréales, des légumineuses, des cultures maraîchères et fourragères et la canne à sucre. Un peu de coton a également été retenu pour la rive mauritannienne. En ce qui concerne les rendements en grande culture, les hypothèses les plus réalistes ont été retenues.

3.2.1 Riz

Les variétés IKONG PAO et TAICHUNG NATIVE sont actuellement les variétés les plus diffusées en aménagement. Le problème de la double culture riz-riz, avec les calendriers culturaux tendus qu'elle impose (allongement considérable du cycle en contre-saison froide) n'est pas encore résolu de façon satisfaisante.

En hivernage, le cycle du riz s'étendra du 15 juin à la fin septembre ; en contre-saison, de la mi-novembre à la mi-mai. Les rendements moyens en paddy sur lesquels nous avons tablé en grande culture sont de 4 t en hivernage et 3,5 t en contre-saison. L'analyse économique tient compte d'un rendement de 3,5 t/ha. Le riz sera surtout cultivé sur sols lourds (hollaldé et faux-hollaldé).

3.2.2. Blé

La culture du blé semble promise à une grande extension dans la vallée, où elle trouve des conditions particulièrement favorables en contre-saison froide sur sols légers (fondé). La variété Mexipak est actuellement diffusée ; son cycle s'étend de mi-novembre à février-mars. Les rendements en grande culture ont été estimés à 3,5 t/hectare.

3.2.3. Maïs

Le maïs, grâce à son cycle court et à ses rendements potentiels élevés, peut jouer un rôle important tant du point de vue vivrier que fourrager. Il peut s'accommoder de types de sols très variés. Plante thermophile, le maïs sera de préférence une culture d'hivernage, mais il peut également entrer dans la rotation en contre-saison.

En hivernage, son cycle va de mi-juin à septembre ; en contre-saison, de mi-novembre à mars.

La variété locale Maka est actuellement la mieux adaptée ; son potentiel de production en grande culture pourrait atteindre 3 t/ha.

3.2.4. Sorgho

La culture irriguée du sorgho dispose d'un grand choix de variétés locales, adaptées aussi bien aux conditions climatiques de l'hivernage que de la contre-saison.

Assez semblable au maïs du point de vue phytotechnique, le sorgho est cependant plus sensible aux attaques des prédateurs en contre-saison (grain nu).

Les variétés actuellement sélectionnées pour l'hivernage appartiennent au type CE 90, tandis que la variété SD 10, ainsi que diverses variétés de sorgho de décrue (RT 13 et RT 50) montrent un bon potentiel en contre-saison.

Les rendements retenus sont de l'ordre de 3 t/ha en grande culture.

3.2.5. Niébé

Le niébé est une importante source de protéines végétales et constitue en outre un fourrage intéressant. Il peut être cultivé en association, avec un sorgho d'hivernage par exemple.

La recherche variétale n'a pas encore permis de fixer des écotypes bien adaptés à la culture irriguée.

Nous n'avons retenu dans la rotation que le niébé de contre-saison, cultivé sur sols moyens et légers et dont le cycle s'étale de novembre à mars-avril.

Les rendements, encore que fort irréguliers, peuvent être estimés à 750-1000 kg de grain et 30 t de fourrage vert en grande culture.

De bonnes conditions de conservation des grains doivent être assurées immédiatement après la récolte sous peine de subir des pertes importantes (parasitisme).

3.2.6. Coton

La culture cotonnière n'occupera qu'une place assez limitée dans les systèmes d'agriculture irriguée de la vallée. Ses possibilités en cultures pluviale sont en effet beaucoup plus intéressantes à un coût moindre.

Nous n'avons retenu le coton comme culture irriguée que pour la Mauritanie, sur environ un tiers des fondés en saison d'hivernage.

Avec un cycle de 140-150 jours, le coton s'insère cependant assez mal dans le système de la double culture.

La variété Allen 333, semée en juin, est récoltée en septembre-octobre. Les rendements attendus peuvent atteindre un maximum de 3,5 t de coton graine à l'hectare.

3.2.7. Maraîchage et arboriculture fruitière

Par les hauts rendements à l'hectare qu'elles permettent d'atteindre, des superficies relativement réduites de ces cultures suffiront à couvrir les besoins de la consommation intérieure des Etats.

Les données suffisamment sûres manquent encore en ce qui concerne l'arboriculture irriguée, aussi avons nous supposé une répartition égale entre maraîchage et arboriculture. Les rendements sont basés sur ceux de la tomate[1] et ont été estimés à 15 t/ha (aménagement paysan).

Les sols fondés conviennent le mieux à ces cultures, qui s'étaleront sur toute l'année.

---

1) Considérée comme produit de substitution pour les calculs économiques.

Nous avons retenu dans le calcul un total de 14.000 hectares nets de canne à sucre, répartis comme suit :

- Mali 2.000 ha
- Mauritanie 7.000 ha
- Sénégal 5.000 ha

L'irrigation de la canne est stoppée dans les deux à quatre mois qui précèdent la coupe. Nous avons étalé cet arrêt de l'irrigation sur toute la période et retenu un coefficient de culture de 80 %.

Les rendements en plantation industrielle devraient avoisiner les 100 t de canne fraîche à l'hectare, diminuant à chaque repousse.
Les sous-produits de la canne ("water shoots") et de son usinage (bagasses, mélasse) seront utilisés pour l'alimentation du bétail.

3.3. Composition de l'hectare théorique irrigué

Sur base de la répartition des superficies entre les saisons, les spéculations et les Etats, nous avons construit pour l'ensemble de la vallée l'hectare théorique suivant, représentant l'allocation des surfaces en pourcentages de la superficie totale.

Tableau 9 Répartition des cultures d'hivernage et de contre-saison en pourcentage de la superficie totale

Culture	Riz	Blé	Maïs	Sorgho	Niébé	Coton	Maraîchage et fruits	Fourrages	Canne à sucre
Hivernage	30,6	—	16,5	28,6	—	3,0	3,2	14,5	3,4
Contre-saison	16,3	23,0	16,7	16,7	5,8	—	3,5	14,5	3,4

Nous avons considéré que :

- 100 % des surfaces sont cultivées en hivernage
- 75 % des surfaces consacrées aux cultures vivrières (riz, blé, maïs, sorgho, niébé) sont cultivées en contre-saison
- la canne à sucre n'est cultivée qu'à 80 % (c'est-à-dire 4 années sur 5).
- fourrage et maraîchage sont pratiqués à 100 % toute l'année.

Compte tenu de ces coefficients d'utilisation du sol, nous obtenons les surfaces réellement cultivées et irriguées (tableau 10)

Tableau 10 Composition de l'hectare théorique irrigué

Culture	Hivernage (Juin-Octobre)	Contre-Saison (Novembre-Mai)
Riz	30,6 %	12,2 %
Blé	0,0 %	17,3 %
Maïs	16,5 %	12,5 %
Sorgho	28,6 %	12,5 %
Niébé	0,0 %	4,3 %
Coton	3,0 %	0,0 %
Maraîchage et fruits	3,2 %	3,5 %
Fourrages	14,5 %	14,5 %
Canne à sucre	2,7 %	2,7 %
Total	99,1 %	79,6 %

Cet hectare théorique a servi de base à tous les calculs de besoins en eau et de rentabilité économique.

Nous donnons à titre de comparaison la composition de l'hectare théorique irrigué, tel qu'il serait dérivé du rapport oral chinois. Nous avons modifié certaines de ces surfaces en contre-saison pour les raisons indiquées au paragraphe 3.1.

Tableau 11 Répartition des cultures d'hivernage et de contre saison (dérivée du rapport oral chinois) en pourcentage de la superficie totale

Culture	Riz	Blé	Maïs	Sorgho	Niébé	Coton	Maraîchage et fruits	Fourrages	Canne à sucre
Hivernage	31,7	—	15,7	26,6	—	2,9	2,1	15,4	5,5
Contre-saison	30,6	34,5	—	—	4,90	—	3,3	21,0	5,5

Les chinois ont considéré un coefficient de culture de 100% tant en hivernage qu'en contre-saison dans leurs calculs de besoin en eau. Les raisons pour ces différences ont été expliquées au paragraphe 3.1.

- FAO: Développement de la recherche agronomique dans le bassin du fleuve Sénégal. Organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal. Agrométéorologie, établi sur la base des travaux de D.A. Rijks. AGP: SF/REG 114.

  Ce rapport analyse entre autre les besoins en eau des cultures irriguées déjà cultivées ou à introduire dans la région, tant en hivernage qu'en contre-saison sèche, chaude ou froide entre 1971 et 1975. Les mesures ont été effectuées à Kaedi et Guédé à l'aide de cuves lysimétriques pour le riz et d'une sonde à neutrons de type Wallingford pour les autres cultures.

- En 1974, un rapport oral, présenté par la mission chinoise sur les études concernant le barrage de Manantali fixe des normes d'irrigation pour les cultures irriguées. Celles-ci prennent en compte d'une part les normes de l'irrigation sur les casiers pilotes et les périmètres existant et d'autre part des facteurs de la pluviométrie, de l'évaporation, des types de sols et de la dimension des casiers.

- Dans le cadre de l'élaboration d'aménagement pour la vallée établie par la SCET - International en 1976 pour le compte de la SAED des estimations sur les besoins en eau sont fournies pour certaines cultures. Ces estimations ont été déterminées à partir des travaux de l'OMVS et des expériences effectuées par la SCET - International.

- Dans le cadre de l'étude d'exécution du barrage du delta, la SOGREAH donne également une estimation des volumes d'eau nécessaires à l'irrigation.

- Enfin, d'autres études existent dont les besoins en eau du sorgho de décrue par Maymard (1957) et ceux de la canne à sucre irriguée par Dancette.

Il est à noter que malgré la diversité et l'abondance des sources, les expériences effectuées restent très localisées et ne prennent

pas en compte l'hétérogénéité des conditions climatiques observée le long de la vallée. En effet, il a été prouvé que les taux d'évaporation varient d'un endroit à l'autre de la vallée de même que la durée de la période froide. Rijks note à ce propos:" A Guédé par exemple, au cours de certaines années, les moyennes décadaires des températures minimales sont restées inférieures à 15°C pendant 70 jours, tandis que cette période a rarement dépassé 30 jours à Samé". Par ailleurs, les données fournies n'ont pas été vérifiées sur une série d'années suffisamment longue ou normale pour être représentatifs des besoins en eau effectifs.

Toutefois, malgré ces difficultés, nous sommes parvenus, sous conditions des hypothèses explicitées dans le paragraphe qui suit à déterminer les besoins en eau nets des cultures irriguées.

4.2 Détermination des besoins en eau nets

Nous avons vu dans le paragraphe précédent que la détermination des besoins en eau se heurtait à des difficultés dues à l'hétérogénéité des contraintes climatiques le long de la vallée. D'une manière générale, on peut considérer que les variations importantes du climat sont accentuées par l'influence océanique très marquée dans la zone du Delta. Cette influence qui se manifeste par une réduction de l'amplitude thermique, une augmentation de l'humidité de l'air et une réduction du déficit de saturation de l'air et qui par conséquent diminue les besoins en eau ne s'exerce pas dans la vallée où prédominent les conditions continentales.

Par ailleurs, nous n'envisageons que deux cycles culturaux par an, l'un en hivernage et l'autre pendant la contre-saison froide.

Enfin il y a lieu de caler le calendrier cultural compte tenu du rayonnement réduit en novembre - décembre et des basses températures de décembre - janvier - février.

4.2.1 Besoins en eau mensuels par culture

Le tableau récapitulatif 12 donne les besoins en eau nets des cultures. Les chiffres qu'il importe d'expliciter

ont été établis à partir des rapports de la SCET - International pour les fourrages, de la SOGREAH pour la canne à sucre, de la mission chinoise pour les légumes et fruits et de Rijks pour les autres cultures.

4.2.1.1 Cultures d'hivernage

a) Riz d'hivernage

Les chiffres ont été tirés du rapport agrométéorologique de Rijks et concernent les observations effectuées à Guédé et Kaedi en semis direct sur deux ans 1972 et 1973.

On peut se rendre compte que ces chiffres sont au minimum égaux à l'évapotranspiration potentielle retenue qui est la moyenne sur deux ans en semis direct des observations effectuées à Guédé. Nous avons choisi Guédé parce que l'essai y a été conduit en vraie grandeur et dans des conditions réelles d'exploitation sur une parcelle de 3.000 m^2.

b) Maïs

Même source que pour le riz avec la différence que les données retenues pour les besoins en eau sont établies sur la base d'une seule observation en 1973 et celles relatives à l'évapotranspiration sur la base des essais effectués en 1972.

c) Coton

Mêmes remarques que pour le riz.

d) Sorgho

Les besoins en eau ont été calculés sur la base des normes d'irrigation et de la répartition mensuelle en % de ces normes d'irrigation fournies par le rapport oral de la mission chinoise. En ce qui concerne précisément le sorgho, la norme est de 7.850 m^3/ha pour le Sénégal et la Mauritanie et 6.750 m^3/ha pour le Mali. Nous avons choisi la norme de 7.850 m^3/ha eu égard à la faible proportion des superficies irrigables au Mali par rapport au reste.

e) Légumes et fruits

Même source que le sorgho, le calcul ayant été effectué à partir d'une norme de 6.000 m^3/ha relative aux fruits et que nous supposons valable pour les légumes également. Par ailleurs, légumes et fruits interviennent pour 50% chacun, selon la répartition mensuelle suivante:

Cultures	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Total
Légumes		12	22	39	27	100
Fruits	26	24	9	21	20	100

4.2.1.2 Cultures de contre-saison

a) Riz

Les données ont été tirées du rapport de Rijks et constituent une moyenne des observations menées en 4 ans de 1971 à 1974 à Guédé et Kaedi. Notons que Rijks donne dans son rapport des intervalles pour les besoins mensuels du riz mais nous avons pris le maximum pour l'estimation des besoins en eau nets des cultures.

L'évapotranspiration retenue constitue une moyenne sur quatre ans des essais menés à Guédé en semis direct exception faite du mois de mai où la moyenne n'a été établie que sur les deux campagnes disponibles 1971/1972 et 1973/1974.

b) Les remarques relatives au riz de contre-saison sont tout aussi valables pour le blé, le maïs et le sorgho.

c) Niébé

Nous ne disposons que d'une seule observation effectuée en 1972/1973 à Guédé.

d) Légumes et fruits

Nous n'avons pu exploiter que la seule source disponible qu'est le rapport oral de la mission chinoise qui donne des normes d'irrigation et la répartition mensuelle de

ces normes en % aussi bien pour les légumes que pour les fruits. Le rapport ne mentionne que la norme d'irrigation pour les fruits soit 9.700 m^3/ha ce qui nous a amené à formuler deux hypothèses:

1. Nous supposons que cette norme de 9.700 m^3/ha est valable également pour les légumes.
2. Les cultures légumières et fruitières interviennent chacune pour 50% compte tenu de la répartition mensuelle suivante en %:

Cultures	Novembre	Décembre	Janvier	Févr.	Mars	Avril	Mai	Total
Légumes	11	18	19	21	31			100
Fruits	11	11	11	14	15	19	19	100

4.2.1.3 Cultures annuelles

a) Canne à sucre

Nous avons repris les valeurs données par la SOGREAH qui ont été établies à partir d'observation et d'analyse des différentes méthodes d'irrigation de la canne à sucre envisagées à la CSS.

La SOGREAH souligne que ces besoins ont été établis dans le cadre de l'irrigation par submersion et oscillent autour de 7 mm/j avec un minimum de 5 mm/j en début de saison (novembre à janvier) et un maximum de 10 mm/j en fin de saison sèche (avril à juin).

A noter que nous avons corrigé les chiffres de la SOGREAH qui tenaient compte d'une efficience de 80%.

b) Cultures fourragères

Nous nous sommes conformés aux chiffres mentionnés dans le rapport diagnostic de la SCET - International, seule source disponible.

Tableau: 12 Estimation des besoins en eau nets des cultures
Chiffres en mm/ha, établis d'après les rapports de Rijks, de la mission chinoise et SCET/SAED

Cultures		Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Totaux
Cultures d'hivernage														
Riz (1)	ETP	271	360	367	112	205(3)								1.315
	Besoins	250±50	390±80	360±40	140±40									1.450
Maïs (2)	ETP	143	258	214	20									635
	Besoins	140	260	200	40									640
Coton (1)	ETP	111	211	230	146	34								722
	Besoins	110	210	230	150									700
Sorgho (4)	Besoins	63	204	267	181	71								786
Légumes + fruits		156	108	93	180	141								678
Cultures de contre-saison														
Riz	ETP (5)						230	180	221	289	318	324	194(8)	1.562
	Besoins						200±50	200±60	230±40	310±60	400±40	380±100	190±40	2.260
Blé	ETP (5)						70	180	212	156	21(7)			639
	Besoins						70	180	220	170				640
Maïs	ETP (5)						72	140	176	157	34			579
	Besoins						70	160	190	180	50			650
Sorgho	ETP (5)						78	91	138	137	68			512
	Besoins						70	110	140	150	80			550
Niébé	ETP (6)						57	129	140	223	213			762
	Besoins						70	130	140	200	200	140		880
Légumes + fruits (4)							107	141	146	170	224	184	184	1.156
Cultures annuelles														
Canne à sucre (9)		257	206	192	177	225	161	127	127	206	206	257	257	2.141
Fourrages (10)		357				286	286	214	214	286	357	357	357	2.714

(1) Moyenne sur deux ans (1972 et 1973) à Guédé en semis direct: Rapport Rijks
(2) Une seule observation en 1972 à Guédé (Rijks)
(3) Chiffre relevé à Kaédi en 1972
(4) Calculé sur base des données mentionnées dans le rapport de la mission chinoise
(5) Moyenne sur 4 ans (71/72 à 74/75) observée à Guédé (Rijks)
(6) Moyenne relevée sur une année (72/73) à Guédé
(7) Une seule observation en 71/72
(8) Moyenne sur deux ans: 71/72 et 73/74
(9) Chiffres relevés dans le rapport SOGREAH (DIAMA)
(10) Chiffres relevés dans le rapport diagnostic SAED/SCET

Tableau 13: Besoins en eau de l'hectare théorique irrigué

Hypothèses de base: (1) Pour les cultures d'hivernage: 100 % des superficies sont cultivées
(2) Pour la contre-saison: 100 % des superficies consacrées aux fruits et légumes sont cultivées et 75 % des superficies allouées aux autres cultures sont cultivées
(3) Pour les cultures annuelles: 80 % pour la canne à sucre et 100 % pour les fourrages.

		Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Total
Evaporation d'un bac Classe A (1)		453	395	184	281	326	307	287	357	313	411	455	476	
Cultures d'hivernage														
Riz		91,8	143,8	122,4	55,1									413,1
Maïs		23,1	42,9	33	6,6									105,6
Coton		3,3	6,3	6,9	4,5									21
Sorgho		18,0	58,3	76,4	51,8	20,3								224,8
Légumes + fruits		5,0	3,4	3	5,7	4,5								21,6
Cultures de contre-saison														
Riz							30,6	31,8	33,0	45,2	53,8	58,7	28,1	281,2
Blé							12,1	31,0	37,9	29,3				110,3
Maïs							8,8	20,0	23,8	22,5	6,3			81,4
Sorgho							8,8	13,8	17,5	18,8	10,0			68,9
Niébé							3,0	5,6	6,1	8,7	8,7			32,1
Légumes + fruits							3,7	4,9	5,1	5,9	7,8	6,4	6,4	40,2
Cultures annuelles														
Canne à sucre		7	5,6	5,2	4,8	6,1	4,4	3,4	3,4	5,6	5,6	7	7	65,1
Fourrages		51,8				41,5	41,5	31,0	31,0	41,5	51,8	51,8	51,8	393,7
Total	Bn	200	260,3	246,9	128,5	72,4	112,9	141,5	157,8	177,5	144	123,9	93,3	1.859
	B_{r1} (65%)	307,7	400,5	379,8	197,7	111,4	173,7	217,7	242,8	273,1	221,5	190,6	143,5	2.860
	B_{r2} (75%)	266,7	347,1	329,2	171,3	96,5	150,5	188,7	210,4	236,7	192	165,2	124,4	2.478,7
B_{r1} en %		10,7	14,0	13,3	6,9	3,9	6,1	7,6	8,5	9,6	7,7	6,7	5,0	100
B_{r2} en %		10,7	14,0	13,3	6,9	3,9	6,1	7,6	8,5	9,6	7,7	6,7	5,0	100
TOTAL CUMULE	B_{r1} en valeur absolue	307,7	708,2	1.088	1.285,7	1.397,1	1.570,8	1.788,5	2.031,3	2.304,4	2.525,9	2.716,5	2.860	
	B_{r1} en% du total annuel	10,7	24,7	38	44,9	48,8	54,9	62,5	71	80,6	88,3	95	100	
	B_{r2} en valeur absolue	266,7	613,8	943	1.14,3	1.210,8	1.361,2	1.550	1.760,4	1.997,1	2.189,1	2.354,3	2.478,7	
	B_{r2} en% du total annuel	10,7	24,7	38	44,9	48,8	54,9	62,5	71	80,6	88,3	95	100	

Bn = Besoins nets à la parcelle exprimés en mm

B_{r1} = Besoins réels pour une efficience de 65 % (en mm)

B_{r2} = Besoins réels pour une efficience de 75 % (en mm)

(1) Source rapport diagnostic SCET/SAED

4.2.2 Besoins en eau mensuels de l'hectare théorique

Nous avons déterminé ces besoins en tenant compte d'une part de la composition de l'hectare théorique définie au chapitre 3 et d'autre part d'un certain nombre d'hypothèses qui sont:

1°) On suppose que pour les cultures d'hivernage 100% des superficies sont cultivées.

2°) Pour la contre-saison nous avons retenu que 100% des superficies consacrées aux fruits et légumes sont cultivés alors que seulement 75% des superficies allouées aux autres cultures sont prises en compte ce qui permettra au paysan de laisser chaque année une partie de sa parcelle en jachère.

3°) Concernant les cultures annuelles, nous avons retenu que les fourrages occuperont 100% des surfaces qui leur sont allouês tandis que la canne à sucre n'occupera que 80% seulement (cycle de 4 années sur 5).

Sur la base des hypothèses énoncées ci-dessus, nous avons calculé pour la contre-saison et pour l'hivernage les besoins mensuels de chaque culture envisagée dans l'hectare théorique et la somme de ces besoins donne les besoins en eau nets de l'hectare théorique irrigué.

Le tableau 13 récapitule les résultats de ces calculs et permet de constater que les besoins nets à la parcelle sont de 1859 mm soit un besoin de 18590 m^3 pour l'hectare théorique pour toute l'année.

4.3 Détermination des besoins en tête de réseau ou besoins réels

Nous avons vu dans le paragraphe précédent les besoins nets de l'hectare théorique c'est à dire la quantité d'eau qui satisfait les besoins physiologiques des plantes composant cet hectare théorique. Il importe de faire la différence entre ces besoins en eau des cultures et les quantités d'eau à mettre à la disposition des agriculteurs ou besoins réels.

Ces quantités d'eau qui sont fonction des caractéristiques des réseaux d'irrigation utilisés, tiennent compte des pertes par évaporation, percolation et colature ce qui nous amène à déter-

CONSOMMATIONS MENSUELLES REELLES POUR UNE EFFICIENCE DE 65%

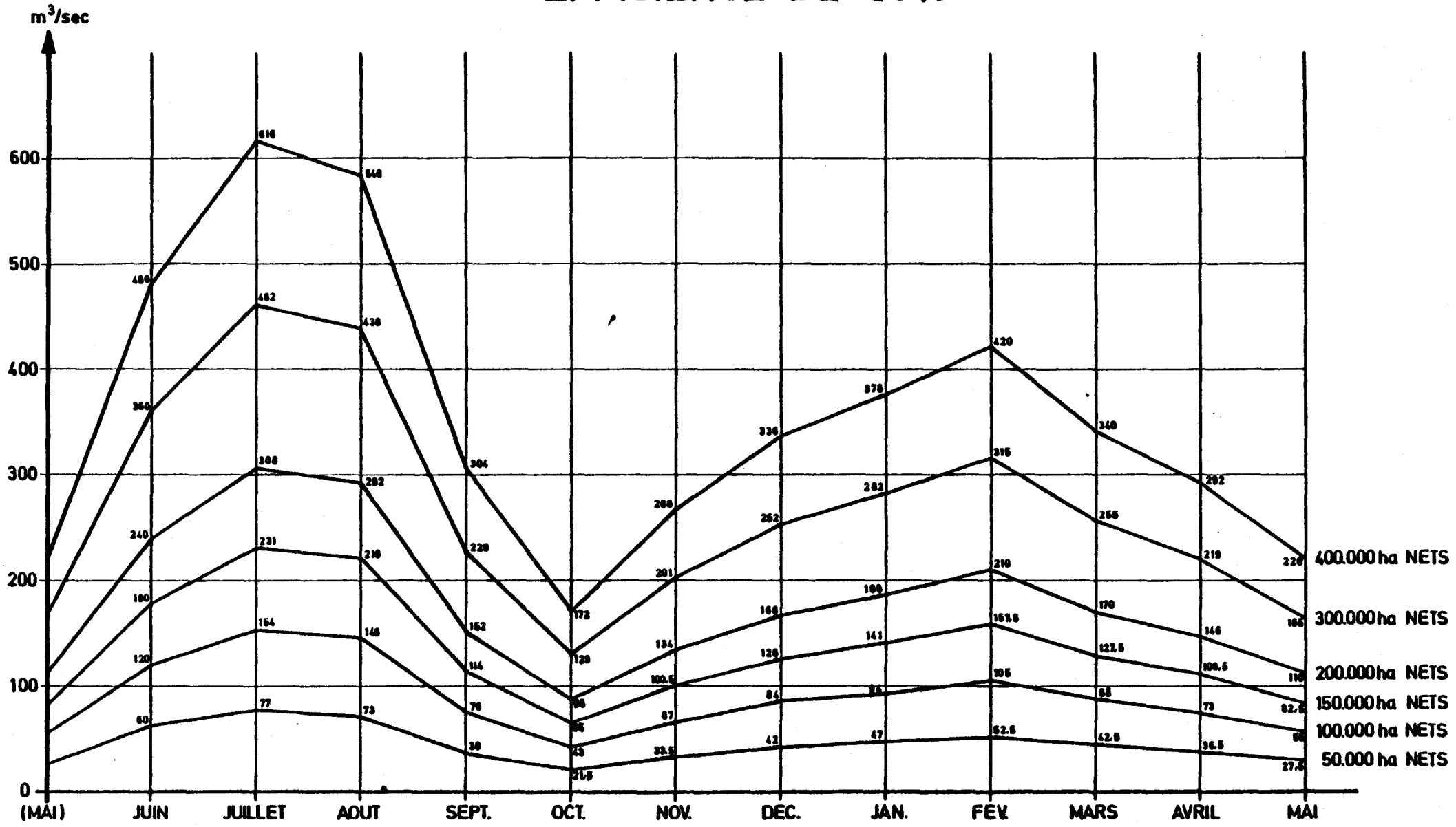


FIG. 7

miner l'efficience du réseau.

4.3.1 Efficience du réseau

Un seul essai de détermination de l'efficience d'un réseau d'irrigation a été entrepris à la CUMA de Guédé par Monsieur Roelofsen de la FAO. Le périmètre expérimental qui couvrait 50 ha était réparti entre 25 exploitants à raison de 2 ha par paysan et le système de rotation d'irrigation était de 5 ha/jour. Enfin l'eau était fournie par des pompes d'une capacité de 8000 m^3/jour.

L'essai a conduit à une efficacité de distribution de 70% (voir Annexe 3 pour les détails du calcul). C'est compte tenu de ce résultat que nous avons jugé raisonnable de retenir une efficience de 65% pour le calcul du coût de pompage et en supposant que 13% du total pompé retournent au système hydraulique, l'efficience globale sera prise égale à 75%, ce qui parait une hypothèse réaliste.

4.3.2 Besoins en eau réels mensuels et annuels de l'hectare théorique

Sur la base des besoins nets de l'hectare théorique définis précédemment et compte tenu des efficiences retenues ci-dessus, nous avons déterminé les besoins réels de l'hectare théorique. Nous arrivons ainsi à une consommation en eau réelle de 28600 m^3/ha pour une efficience de 65% et 24787 m^3/ha pour une efficience de 75%.

Le tableau 13 donne la valeur de ces besoins par mois et par an ainsi que leur total cumulé. (Voir aussi Fig. 4).

CONSOMMATIONS MENSUELLES REELLES POUR UNE EFFICIENCE DE 75%

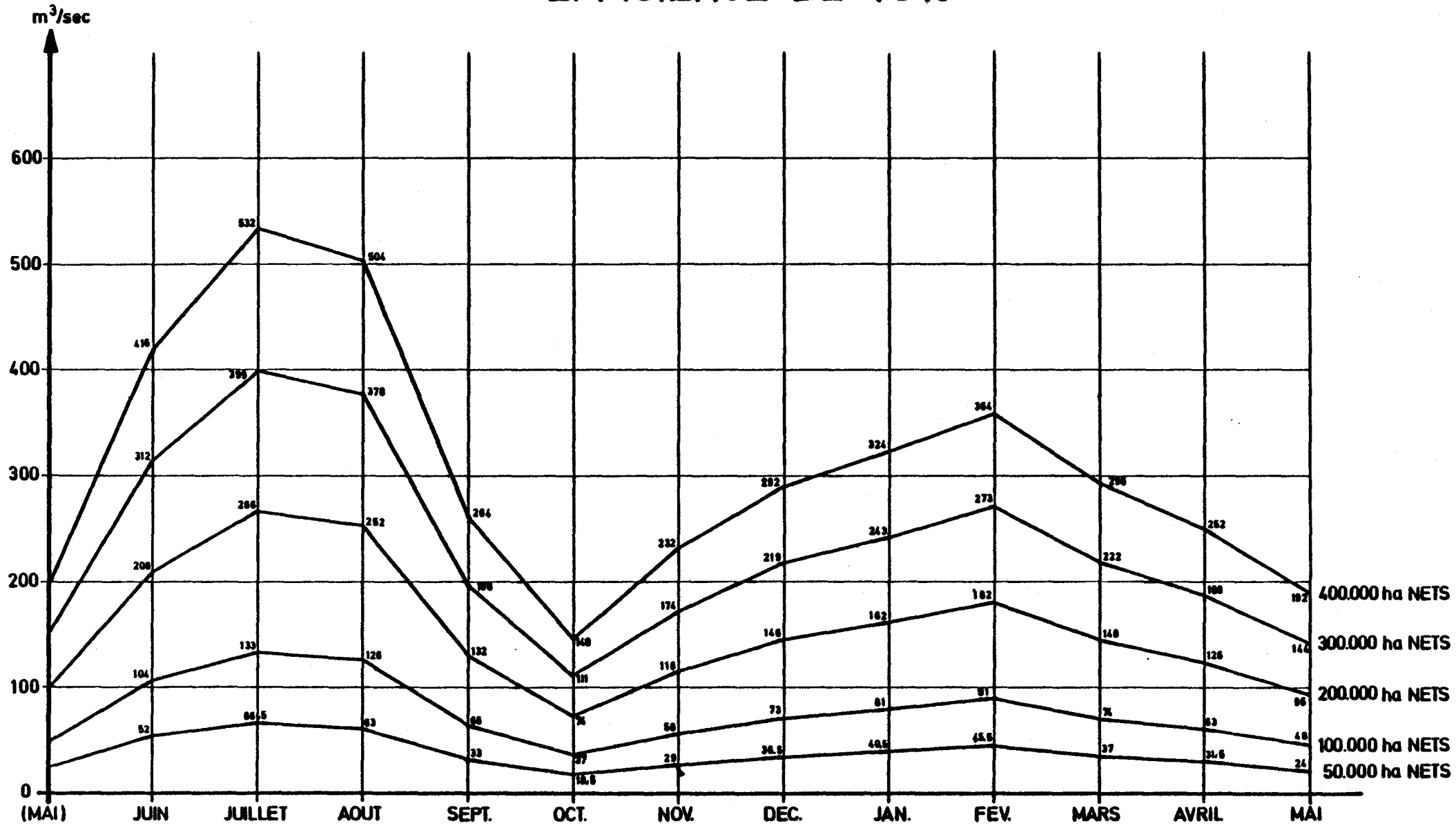
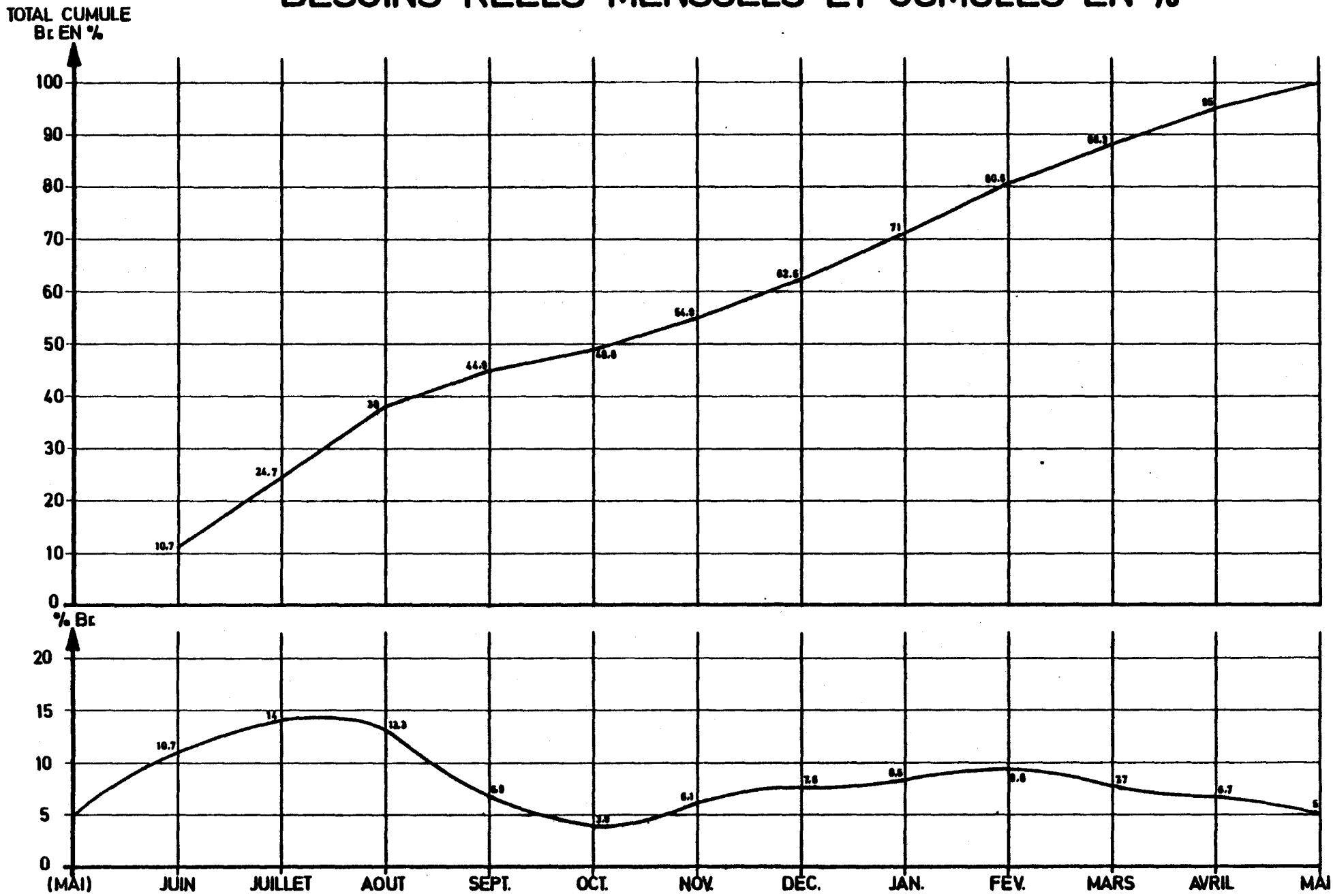


FIG. 3

BESOINS REELS MENSUELS ET CUMULES EN %



5. Répartition de la consommation d'eau dans la vallée

Sur la base des besoins en eau réels de l'hectare théorique et du potentiel irrigable défini au chapitre 2, nous avons calculé la consommation d'eau dans la vallée. Les besoins en eau mensuels et annuels ont été calculés non seulement pour la vallée mais pour l'ensemble vallée et delta et l'ensemble de ces besoins sera imputé au barrage de Manantali, étant entendu qu'en période de croisière, l'eau nécessaire à l'irrigation de la zone d'influence de Diama sera stockée à Manantali de façon à garder le niveau de la retenue constant. En effet le système d'exploitation de la retenue de Diama avec épuisement total de la réserve en période d'étiage pour les besoins de l'irrigation sera incompatible avec l'autre objectif du barrage de Manantali qu'est la navigation.

5.1. Potentiel irrigable de la vallée et du delta

Ce potentiel est constitué par les superficies irrigables du Mali auxquelles il faudra ajouter les superficies nettes irrigables recensées dans la vallée et le delta du Sénégal. Treize zones potentielles d'irrigation représentant les superficies entre seuils ont été délimitées (Annexe 1). Le tableau ci-après donne les superficies nettes en valeur absolue et en valeur relative pour chaque zone; il permet de constater que la superficie totale nette irrigable par Manantali de l'ensemble vallée-delta est de 376.529 ha.

Zones	I	II	III	IV	V	VI
S. nette en ha.	8.900	33.233	27.600	27.632	11.355	20.831
S. en %	2,36	8,83	7,33	7,34	3,62	5,53

Zones	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
S. nette en ha	25.018	50.845	14.345	34.230	29.754	25.778	67.008
S. en %	6,64	13,5	3,81	9,09	7,90	6,85	17.80

TOTAL	
S. nette en ha	376.529
S. en %	100

Superficie entre seuils et potentiel total irrigable de l'ensemble vallée + delta.

TABLEAU 14 Superficies nettes et besoins mensuels et annuels en eau entre seuils (en m^3/s)

Efficience du rêseau = 75 %

	Superficie		Besoins en eau entre seuils en m^3/s													Total Q cumulé	
	S nette en ha	S en valeur relative %	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Débit moyen Q	en valeur absolue	en valeur relative %
I Kayes-Bakel (Mali)	8.900	2,36	9,36	11,88	11,27	5,86	3,32	5,16	6,48	7,25	8,09	6,55	5,63	4,24	7,08	7,08	2,36
II Mouderi-Gourki-N'Diom	33.233	8,83	34,56	44,36	42,05	21,89	12,38	19,30	24,20	27,07	30,24	24,48	21,02	15,84	26,47	33,55	11,19
III Gourki N'Diom-Tchimpen	27.600	7,33	28,70	36,83	34,93	18,18	10,29	16,02	20,09	22,48	25,12	20,33	17,46	13,16	21,97	55,52	18,52
IV Tchimpen-Koundel	27.632	7,34	28,74	36,88	34,96	18,20	10,30	16,04	20,11	22,51	25,14	20,36	17,48	13,17	21,99	77,51	25,86
V Koundel-N'Guiguilone	11.355	3,02	11,81	15,16	14,37	7,48	4,23	6,59	8,27	9,25	10,33	8,36	7,18	5,41	9,04	86,55	28,88
VI N'Guiguilone-Kerr	20.831	5,53	21,67	27,80	26,35	13,72	8,0	12,10	15,17	16,97	18,95	15,35	13,18	9,93	16,60	103,15	34,41
VII Kerr-M'Bagne	25.018	6,64	26,02	33,39	31,66	16,47	9,32	14,52	18,21	20,38	22,77	18,42	15,82	11,92	19,91	123,06	41,05
VIII M'Bagne-Vindingue	50.845	13,50	52,87	67,86	64,33	33,49	18,94	29,53	37,01	41,42	46,27	37,46	32,17	24,23	40,46	163,52	54,55
IX Vindingue-Dioude Diabe	14.345	3,81	14,91	19,14	18,15	9,45	5,35	8,33	10,44	11,68	13,05	10,56	9,07	6,84	11,41	174,93	58,36
X Dioulde Diabe-Demet	34.230	9,09	35,60	45,68	43,31	22,54	12,76	19,87	24,92	27,89	31,15	27,51	21,66	16,32	27,24	202,17	67,45
XI Demet-Mafou	29.754	7,90	30,95	39,57	37,49	19,63	11,0	17,25	21,72	24,10	27,07	22,01	18,74	14,28	23,65	225,82	75,35
XII Mafou-Podor	25.778	6,85	26,80	34,28	32,48	17,01	9,53	14,95	18,82	20,88	23,45	19,07	16,24	12,37	20,49	246,31	82,2
XIII Delta	67.008	17,80	69,69	89,12	84,43	44,22	24,79	38,86	48,92	54,28	60,98	49,59	42,21	32,16	53,27	299,58	100
Total	376,529	100	391,70	502	475,8	248,1	140,2	218,6	274,4	306,1	342,6	277,8	237,9	179,9	299,6		

REPARTITION DE LA CONSOMMATION D'EAU ET DES SUPERFICIES IRRIGABLES LE LONG DE LA VALLEE

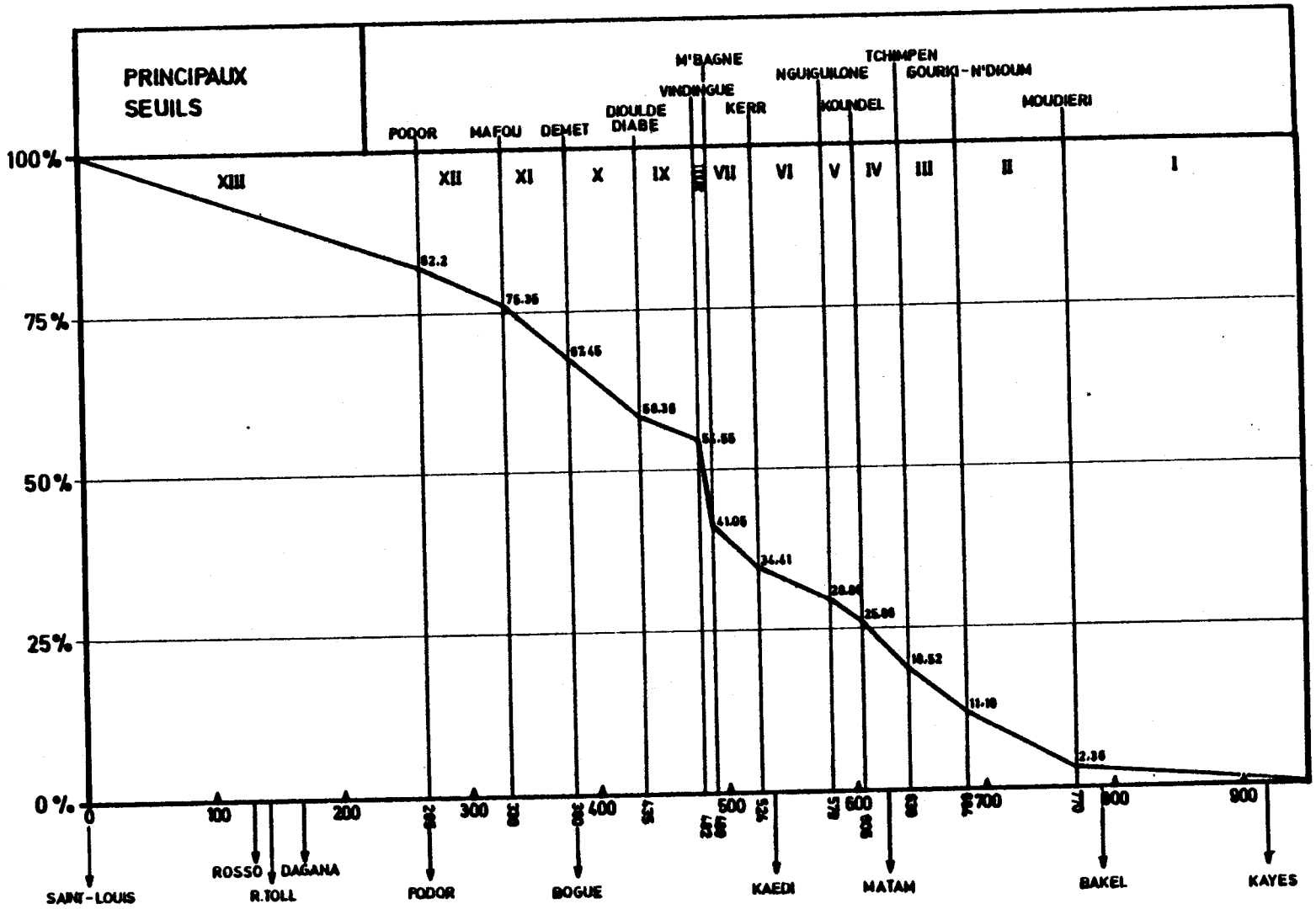


FIG. 5

5.2. Besoins en eau mensuels et annuels entre seuils

Ces besoins sont donnés en m^3/s pour chaque zone et par mois dans le tableau 14 et le graphique de la figure 5 permet de visualiser la répartition de ces besoins en pourcentage cumulé entre les principaux seuils.

Le débit moyen est de 299,6 m^3/s, soit un volume moyen mensuel de 776,5 millions de m^3 et une consommation annuelle de 9.318,76 millions de m^3.

La consommation minimale est de 140,2 m^3/s en octobre et les débits de pointes interviennent pendant l'hivernage aux mois de juillet et août avec un maximum en juillet de 502 m^3/s soit un volume de 1.344,5 millions de m^3. Pendant la contre-saison, le mois critique reste février avec un besoin de 346,6 m^3/s soit 858,42 millions de m^3.

Il y a lieu de souligner que la détermination du volume final à stocker dans le barrage devra nécessairement prendre en compte les pertes par infiltration et évaporation dans la retenue.

Par ailleurs, nous rappelons que les besoins mentionnés dans le tableau 14 ont été déterminés sur la base d'une hypothèse haute qui fait abstraction des apports pluviométriques. Ces apports interviennent en hivernage et il s'impose d'étudier leur influence sur les mois à très forte demande de juillet, août et septembre.

La carte des isohyètes moyennes annuelles du bassin du Sénégal établie par l'ORSTOM (carte 1) permet de diviser la zone concernée par le barrage de Manantali en deux régions à pluviométries distinctes:

1. La région Matam-Delta située entre les isohyètes 300 mm et 500 mm et couvrant 75 % du potentiel irrigable;
2. La région Matam-Kayes située entre les isohyètes 500 mm et 800 mm et ne couvrant que 25 % du potentiel irrigable.

Par ailleurs, les hauteurs moyennes pour les mois de juillet, août et septembre aux stations de Kayes, Matam et Rosso, calculées sur la période d'observations de chaque station sont rassemblées dans le tableau ci-après en mm.

Régions \ Mois	Juillet	Août	Septembre
Kayes	173	243	169
Matam	123	200	117
Rosso	43	138	79

Source: Monographie hydrologique - ORSTOM 1974
Le bassin du fleuve Sénégal

En partant de ces données et de leur probabilité d'occurence qui est de 0,8 d'une part et en estimant la pluie utile à 70 % de la pluie totale, nous sommes parvenus pour les régions 1 et 2 aux résultats suivants:

	Sous zones \ Mois	Juillet	Août	Septembre
Pluie utile en mm	1	46	90	54
	2	83	124	80

Enfin, si nous appliquons aux régions 1 et 2 les coefficients respectifs de 0,75 et 0,25, nous aboutissons aux résultats mentionnés ci-dessous qui traduisent la pluie utile pour les mois de juillet, août et septembre pour toute la zone d'influence du barrage de Manantali.

Pluie utile \ Mois	Juillet	Août	Septembre	Total
en mm	55	98	60	213
en m^3/ha	550	980	600	2.130
en l/s/ha	0,20	0,38	0,22	0,27

Nous pouvons d'ores et déjà tirer les conclusions suivantes:

- La prise en compte des apports pluviométriques ramène de manière globale les besoins en eau des mois de juillet, août et septembre aux niveaux suivants:

	Juillet	Août	Septembre
Sans apports pluviométriques (1)	502	475,8	248,1
Avec apports pluviométriques (2)	435,2	370,3	185,3
Taux de diminution en %	- 15	- 30	- 33,4

On constate des diminutions respectives de 15 %, 30 % et 33,4 % pour les mois de juillet, août et septembre.

L'apport pluviométrique se traduit en conséquence par la réduction de la consommation totale annuelle de 802 millions de m^3, ce qui ramène les besoins en eau du potentiel irrigable à un total annuel de 8.516,75 millions de m^3.

Nous avons par ailleurs jugé utile de déterminer la répartition de la consommation d'eau dans la vallée compte tenu des apports pluviométriques aux mois de juillet, août et septembre. En effet, nous avons calculé les besoins de l'hectare théorique pour ces mois et les pourcentages de réduction pour chacune des deux régions définies précédemment. Les résultats sont consignés dans la tableau ci-dessous:

		Juillet	Août	Septembre
l/s/ha Besoins de l'ha théorique sans apports pluviométriques		1,33	1,26	0,66
Région 1	Br avec apport en l/s/ha	1,16	0,91	0,46
	% de la réduction	- 12,78	- 27,78	- 30,30
Région 2	Br avec apport en l/s/ha	1,02	0,78	0,36
	% de la réduction	- 23,31	- 38,10	- 45,45

En admettant que la région 2 qui couvre 25 % du potentiel irrigable s'étend de Kayes à Koundel et la région 1 de Koundel au Delta, nous

avons établi le tableau suivant qui donne la nouvelle répartition des consommations en eau pour les mois de juillet, août et septembre, Le tableau mentionne par ailleurs les débits moyens annuels par zone en valeurs absolue et relative.

Zones	Mois			Q moyen		Q moyen cumulé	
	Juillet	Août	Sept.	m^3/s	%	m^3/s	%
I	9,63	8,16	4,03	6,48	2,32	6,48	2,32
II	35,97	30,45	15,05	24,23	8,68	30,71	11,00
III	29,87	30,45	12,50	20,11	7,21	50,82	18,21
IV	29,91	25,31	12,51	20,13	7,21	70,95	25,42
V	13,44	11,24	5,74	8,49	3,04	79,44	28,46
VI	24,65	20,62	10,53	15,59	5,59	95,03	34,05
VII	29,61	24,78	12,64	18,70	6,70	113,73	40,75
VIII	60,17	50,34	25,70	38,00	13,62	151,73	54,37
IX	16,97	14,20	7,25	10,72	3,84	162,45	58,21
X	40,50	33,89	17,30	25,59	9,17	188,04	67,38
XI	35,09	29,34	15,06	21,72	7,79	209,76	75,17
XII	30,40	25,42	13,05	19,25	6,90	229,01	82,07
XIII	79,02	66,o7	33,94	50,04	17,93	279,05	100
Total:	435,23	370,27	185,30	279,05	100		

5.3. Besoins en eau mensuels et annuels pour une superficie nette mise en valeur variant de 50.000 ha à 400.000 ha

Les rythmes de développement envisagés dans la partie économique de ce rapport, aboutissent à l'horizon 2027 à la mise en valeur des superficies nettes suivantes:

- rythme faible : 99.978 ha
- rythme moyen : 255.163 ha
- rythme rapide : 375.223 ha

Ces résultats impliquent que les consommations d'eau calculées au chapitre précédent n'interviendront que dans 50 ans au plus tôt, ce qui nous impose de déterminer les consommations d'eau pour des superficies nettes mises en valeur variant de 50.000 ha à 400.000 ha. Les résultats sont rassemblés dans les tableaux 15 et 16 pour des efficiences respectives de 65 % et 75 %. Les figures 2. et 3. permettent de visualiser les résultats et appellent les constatations suivantes:

- les courbes de consommation prennent l'allure de deux courbes en cloche réunies en un point où la consommation est minimale (mois d'octobre).
- les pointes de ces deux cloches correspondent aux fortes demandes de juillet, août, septembre pendant l'hivernage et de janvier, février, mars pendant la contre-saison.
- le maximum de la consommation annuelle se situe en juillet, ce qui s'explique principalement par la nécessité de remplir les casiers rizicoles. Là encore, la prise en compte de la pluviométrie, ramènerait les trop fortes consommations des mois de juillet, août et septembre aux niveaux suivants:

	Efficience de 65 % (m3/s)			Efficience de 75 % (m3/sec)		
s. nettes mises en valeur	Juillet	Août	Septembre	Juillet	Août	Septembre
50.000 ha	67	54	27	56,5	44	22
100.000 ha	134	108	54	113	88	44
150.000 ha	201	162	81	169,5	132	66
200.000 ha	268	216	108	226	176	88
300.000 ha	402	324	162	339	264	132
400.000 ha	536	432	216	452	352	176

Tableau 15 Consommations mensuelles réelles en m^3/sec pour des superficies variant de 50.000 ha à 400.000 ha

- efficience: 65% -

	Juin	Juil	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Total BR en % et en m^3/ha - Débit moyen annuel
BR en %	10,7	14,0	13,3	6,9	3,9	6,1	7,6	8,5	9,6	7,7	6,7	5,0	100
BR en m^3/ha/mois	3.077	4.005	3.798	1.977	1.114	1.737	2.177	2.428	2.731	2.215	1.906	1.435	28.600
BR en m^3/sec/ha x 10^{-3}	1,2	1,54	1,46	0,76	0,43	0,67	0,84	0,94	1,05	0,85	0,73	0,55	0,92
BR en m^3/sec pour 50.000 ha	60	77	73	38	21,5	33,5	42	47	52,5	42,5	36,5	27,5	45,83
BR en m^3/sec pour 100.000 ha	120	154	146	76	43	67	84	94	105	85	73	55	91,67
BR en m^3/sec pour 150.000 ha	180	231	219	114	64,5	100,5	126	141	157,5	127,5	109,5	82,5	137,50
BR en m^3/sec pour 200.000 ha	240	308	292	152	86	134	168	188	210	170	146	110	183,33
BR en m^3/sec pour 250.000 ha	300	385	365	190	107,5	167,5	210	235	262,5	212,5	182,5	137,5	229,17
BR en m^3/sec pour 300.000 ha	360	462	438	228	129	201	252	282	315	255	219	165	275
BR en m^3/sec pour 350.000 ha	420	539	511	266	150,5	234,5	294	329	367,5	297,5	255,5	192,5	320,83
BR en m^3/sec pour 400.000 ha	480	616	584	304	172	268	336	376	420	340	292	220	366,67

Tableau 16

Consommations mensuelles réelles en m^3/sec pour des superficies variant de 50.000 ha à 400.000 ha

- efficience: 75% -

	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Total
BR en %	10,7	14,0	13,3	6,9	3,9	6,1	7,6	8,5	9,6	7,7	6,5	5,0	100
BR en m^3/ha/mois	2.667	3.471	3.292	1.713	965	1.505	1.887	2.104	2.367	1.920	1.652	1.224	24.787
BR en m^3/sec/ha x 10^{-3}	1,04	1,33	1,26	0,66	0,37	0,58	0,73	0,81	0,91	0,74	0,63	0,48	0,80
BR en m^3/sec pour 50.000 ha	52	66,5	63	33	18,5	29	36,5	40,5	45,5	37	31,5	24	40
BR en m^3/sec pour 100.000 ha	104	133	126	66	37	58	73	81	91	74	63	48	80
BR en m^3/sec pour 150.000 ha	156	199,5	189	99	55,5	87	109,5	121,5	136,5	111	94,5	72	120
BR en m^3/sec pour 200.000 ha	208	266	252	132	74	116	146	162	182	148	126	96	160
BR en m^3/sec pour 250.000 ha	260	332,5	315	165	92,5	145	182,5	202,5	227,5	185	157,5	120	200
BR en m^3/sec pour 300.000 ha	312	399	378	198	111	174	219	243	273	222	189	144	240
BR en m^3/sec pour 350.000 ha	364	465,5	441	231	129,5	203	255,5	283,5	318,5	259	220,5	168	280
BR en m^3/sec pour 400.000 ha	416	532	504	264	148	232	292	324	364	296	252	192	320

5.4. Détermination des hauteurs de pompage entre seuils

J. Chaumény a établi les hauteurs de pompage pour les différentes unités naturelles d'équipement de la vallée et les données sont rassemblées à l'annexe 1 . Nous avons corrigé ces données en tenant compte des pertes de charges dans la pompe estimées à 1 m et des pertes dans les canaux d'irrigation également estimées à 1 m. Le tableau 17 rappelle les unités d'équipement entre seuils et donne les hauteurs géométriques et les hauteurs manométriques totales correspondantes. Il ressort de ce tableau que les hauteurs manométriques qui sont de 14 m au Mali descendent à 11 m à partir de Bakel. Cette hauteur reste la même, à quelques exceptions près jusqu'à MAFOU où elle n'atteint plus que 8 m ; sa valeur minimale est observée dans le delta avec 6,6 m. La hauteur manométrique moyenne a été estimée à 9,4 m pour l'ensemble de la vallée.

5.5. Coûts de pompage

5.5.1. Hypothèses de base

Pour le calcul des coûts de pompage, nous avons considéré deux catégories de pompes :

- des pompes de 100 CV pour les grands aménagements
- des pompes de 10 CV pour les petits périmètres.

Nous avons supposé par ailleurs que les pompes de 100 CV desservent les 2/3 de la superficie totale tandis que celles de 10 CV ne concernent que le tiers de la superficie totale.

Le tableau 18 donne les débits (en m^3/sec) pour différentes hauteurs de pompage et les besoins en énergie (pour 1 m^3 d'eau pompée) correspondants.

5.5.2. Calcul des coûts de pompage

Les coûts de pompage comprennent d'une part les dépenses en carburants et lubrifiants et d'autre part les dépenses en personnel.

5.5.2.1. Coûts des carburants et lubrifiants

Le tableau ci-dessous fixe les besoins et les prix pour le diesel et les lubrifiants

	Besoins	Prix
Diesel	$0,17 \left(\frac{1}{cvh}\right)$	50 FCFA/l
lubrifiants	$4,5 \left(\frac{1}{100\ l\ diesel}\right)$	300 FCFA/l

Il en résulte les coûts suivants pour pomper 1 m^3 d'eau :

- avec une pompe de 100 CV

diesel : $\frac{0,17}{3\ 600} \times 233 \times 50 = 0,550\ F/m^3$

lubrifiants : $\frac{0,17}{3\ 600} \times \frac{233}{100} \times 4,5 \times 300 = 0,149\ F/m^3$

Total $0,699\ F/m^3$

- avec une pompe de 1o CV

diesel : $\frac{0,17}{3\ 600} \times \frac{347}{100} \times 50 = 0,819\ F/m^3$

lubrifiants : $\frac{0,17}{3\ 600} \times 347 \times 4,5 \times 300 = 0,221\ F/m^3$

Total $1,040\ F/m^3$

5.5.2.2. Coûts du personnel (1)

- Pour une pompe de 100 CV ce coût est d'environ 562.500 FCFA/an/pompe
  Partant d'un débit Q de 0,60 m^3/sec soit 2.160 m^3/h et d'un pompage de 12 heures par jour, nous avons déterminé le coût du m^3 pompé qui est le suivant :

$$\frac{562.500}{12 \times 365 \times 2.160} = 0,059\ F/m^3$$

1) Estimations approximatives

- Pour une pompe de 10 CV, il faut un homme pour 20 pompes avec un salaire horaire de 200 FCFA

  $Q = 0{,}040\ m^3/sec$ soit $144\ m^3/h$

  le m^3 pompé revient à :

  $$\frac{200}{20 \times 144} = 0{,}069\ F/m^3$$

5.5.2.3. <u>Coût de pompage total</u>

Pompe de 100 CV : 0,699 + 0,059 = 0,758 FCFA/m^3

Pompe de 10 CV : 1,040 + 0,069 = 1,109 FCFA/m^3

soit : 0,758 x 2/3 + 1,109 x 1/3= 0,875 FCFA/m^3

Tableau 17. Hauteurs géométrique et manométrique de pompage en débit régularisé en m pour les unités naturelles d'équipement de la Vallée du Sénégal

No.	Zones	Surface (ha)	Hauteur de Pompage Géométrique (m)	Hauteur de Pompage Manométrique (m)
I	Mali	8.900		14,0
II	Mouderi - Gouriki Diom			
	DE 3	1.984	9 + 1 = 10	11
	DE 2	1.807	10 + 1 = 11	12
	DE 1	3.111	9 + 1 = 10	11
	MD 5	3.874	9 + 1 = 10	11
	MD 4	3.453	8,5 + 1 = 9,5	10,5
	MD 3	2.942	8 + 1 = 9	10
	MD 2	5.445	10 + 1 = 11	12
	TB 3	4.574	9 + 1 = 10	11
	TB 2	6.043	10 + 1 = 11	12
		33.233		$\bar{h}_m$ = 11
III	Gouriki Diom - Tchimpen			
	MD 1	5.977	9 + 1 = 10	11
	DA O	3.204	8 + 1 = 9	10
	TB 1	7.672	9 + 1 = 10	11
	MK 3	2.351	8 + 1 = 9	10
	MK 2	8.396	8 + 1 = 9	10
		27.600		$\bar{h}_m$ = 10,5
IV	Tchimpen - Koundel			
	Garli	1.597	8 + 1 = 9	10
	MK 1	5.076	8 + 1 = 9	10
	Di 1	5.250	8 + 1 = 9	10
	Di 5	6.473	8 + 1 = 9	10
	Di 2	990	8 + 1 = 9	10
	Di 3	1.060	8 + 1 = 9	10
	Di 4	4.096	8 + 1 = 9	10
	DT 3	3.090	8 + 1 = 9	10
		27.632		$\bar{h}_m$ = 10
V	Koundel - Nguiguilone			
	Di 6	11.355	8 + 1 = 9	10
VI	Nguiguilone - Kerr			
	OT 6	6.483	8 + 1 = 9	10
	OT 5	8.038	8 + 1 = 9	10
	OT 4	6.330	7 + 1 = 8	9
		20.831		$\bar{h}_m$ = 9,5

XII Mafou - Podor

MO 1	2.029	6 + 1 = 7	8
KO 4	3.954	6 + 1 = 7	8
KO 5	10.950	6 + 1 = 7	8
KO 6	8.845	7 + 1 = 8	9
	25.778		$\bar{h}_m$ = 8,3

XIII Podor - St Louis

NG 3	4.826	6 + 1 = 7	8
NG 2	2.680	5 + 1 = 6	7
NG 1	2.620	5 + 1 = 6	7
DA	2.820	5 + 1 = 6	7
GU	2.528	5 + 1 = 6	7
KO 4	3.954	6 + 1 = 7	8
KO 3	11.268	6 + 1 = 7	8
KO 2	7.247	5 + 1 = 6	7
KO 1	3.968	5 + 1 = 6	7
GA 2	5.036	4 + 1 = 5	6
GA 1	7.609	4 + 1 = 5	6
Delta	12.452		4
	67.008		$\bar{h}_m$ = 6,6

Total des Secteurs I - XIII

376.529 ha nets h_{man} = 9,4 (m)

Tableau 18 Besoins en énergie en fonction de la hauteur manométrique pour des pompes de 100 CV et 10 CV

Hauteur manométrique (m)	Pompe de 100 CV (1) Q en m^3/sec	Energie en CVs/m^3	Pompe de 10 CV (1) Q en m^3/sec	Energie CVs/m^3
12	0,47	298	0,031	452
11	0,51	275	0,034	411
10	0,56	250	0,038	368
9	0,63	222	0,042	333
8	0,70	200	0,047	298

Caractéristiques des pompes

	Rendement de la pompe	Rendement des transmissions	Débit de la pompe en m^3/sec	Puissance du moteur en CV
Pompe de 100 CV	0,75	0,72	$\frac{5,625}{H}$	140
Pompe de 10 CV	0,50	0,72	$\frac{0,375}{H}$	14

H = hauteur manométrique en mètres

6. Période transitoire : Besoins en eau des cultures de décrue

6.1. Cadre de la période transitoire

La modulation de la crue résiduelle au départ d'un ouvrage de régularisation en vue d'améliorer les conditions des cultures de décrue n'est pas nouvelle.

L'étude systématique des conditions et des répercussions de la modification du régime de crue du fleuve régularisé n'a toutefois commencé que tout récemment, avec le Projet de Recherche Hydro-agricole (JUTON, 1970, 1972 ; JUTON et MUTSAARS, 1971, HAMDINOU et RIJK, 1974). Les partisans de la crue modulée attendaient du Projet les caractéristiques de débit, de durée et de calage dans le temps de cette crue. Les Etats directement concernés par la modification du régime de crue (Sénégal et Mauritanie) attendaient une assurance de survie des cultures de décrue.

Il n'a été à l'époque, exhaustivement répondu ni aux uns ni aux autres et nous ne pouvons prétendre avoir fait mieux, faute de bases plus sûres.

Une chose est certaine : la modulation de la crue artificielle à partir de Manantali ne pourra excéder une certaine période sous peine d'hypothéquer gravement les autres buts du barrage : énergie et navigation. Le maintien d'une crue artificielle durant cette période se justifie donc dans le but de maintenir (voire d'élever) un certain niveau de production agricole indispensable aux pays concernés et dans un but social, en vue d'éviter aux populations riveraines une transition trop brutale qui les priverait à la fois de nécessaires denrées d'auto-consommation et d'une source de revenus appréciable. La période transitoire doit être mise à profit pour préparer intensivement les agriculteurs au passage à l'agriculture irriguée. Les projets existants d'assistance aux cultures de décrue pourraient dans cette optique devenir de puissants instruments de diffusion de méthodes culturales rationnelles et de vulgarisation de l'emploi de semences sélectionnées et des moyens de défense des cultures.

6.2. Durée de la période transitoire

La durée de la période transitoire dépendra au premier lieu du rythme d'aménagement de la vallée, mais aussi d'un certain nombre d'autres facteurs plus difficiles à définir.

Les différentes études menées jusqu'à présent aboutissent à des résultats très différents :

- Pour SENEGAL-CONSULT, la phase transitoire durerait 30 ans après la construction du barrage, avec le lâcher d'une crue artificielle de 3.500 m^3/s pendant 20 ans, puis de 3.000 m^3/s pendant 10 ans. A la fin de la période transitoire, les surfaces irriguées atteindraient 120.000 hectares, tandis qu'il resterait 10.000 hectares de cultures de décrue.
- Pour NORBERT BEYRARD, la phase transitoire durerait 8 ans après la construction ; la crue artificielle devrait assurer un débit de 3.000 m^3/s en début de période (diminuant graduellement), avec une superficie irriguée après 8 ans de 158.000 hectares. Aucune culture de décrue ne subsisterait après la huitième année.
- Le "Rapport oral" chinois préconise l'ajustement de la crue artificielle à l'hydrogramme de la crue de 1973, pour laquelle 100.000 hectares de cultures de décrue ont été recensés avec précision, soit un débit en pointe de 2.500 m^3/s. La durée de la période transitoire n'est pas précisée, mais la crue artificielle serait supprimée quand les superficies irriguées auraient atteint 70.000 à 100.000 hectares. Les chinois mentionnent également que les données de base nécessaires à la détermination de la crue artificielle ne sont pas encore clairement définies.

Relevons qu'aucune de ces études n'envisage la possibilité d'existence des cultures de décrue à partir des seules crues sauvages des affluents non régularisés.

Les rythmes d'aménagement faible, moyen et rapide définis au chapitre 3 de la deuxième partie du présent rapport, montrent que les surfaces suivantes pourraient être développées en double culture aux dates suivantes :

	Rythme		
	faible	moyen	rapide
1986	21.000	50.000	69.000
1991	29.000	73.000	102.000
1996	38.000	95.000	135.000

Les productions annuelles de grains que l'on pourrait attendre de ces cultures irriguées, sur base des rendements donnés au paragraphe 3.2. ci-dessus sont comparées dans le tableau suivant aux productions espérées de 100.000 ha de cultures de décrue soit environ 50.000 tonnes de grains et niébés (voir tableau 23).

	Production		
	faible	moyen (5.000 tonnes)	rapide
1986	160.600	380.000	524.400
1991	221.560	557.520	775.200
1996	290.320	725.800	1.026.000

Il apparaît donc que, au cours des années 1978-1986, soit huit ans, on peut développer au minimum, au rythme le plus faible, 21.000 ha (soit 2.625 ha/an).

En double culture, rendue possible dès le début de la régularisation du fleuve à partir de Manantali, on obtiendrait une production de 160.000 tonnes de grains, soit quatre fois la production de céréales obtenue à partir des cultures de décrue. D'un point de vue strictement productif donc, la période transitoire ne se justifierait pas.

En dehors du rythme d'aménagement global de la vallée et des impératifs de production, d'autres critères devraient entrer en ligne de compte pour décider de l'arrêt de la crue artificielle, entre autres la répartition équilibrée de ces aménagements le long de la vallée et sur chacune des rives.

Les impératifs socio-économiques sont très difficiles à cerner ; ils concernent essentiellement :

- la garantie d'une production d'autoconsommation suffisante et le maintien d'une activité agricole traditionnelle aussi longtemps que les aménagements n'auront pas pris la relève
- la modification profonde des structures sociales qui sera entraînée par le passage à l'agriculture irriguée.

Comme hypothèse de travail dans le présent rapport, et aux fins des calculs de navigation, on a supposé que la période transitoire se terminerait en 1991 au moment où 73.000 ha de double culture (rythme moyen de 5.000 ha/an) produiraient quelque 557.000 tonnes de grains.

6.3. Facteurs hydrologiques conditionnant les cultures de décrue

6.3.1. Données de base

Les données antérieures à 1970 consistent essentiellement en différentes publications de la Mission d'Aménagement du Fleuve Sénégal (MAS, 1935-1958), l'étude de la Mission Socio-Economique du fleuve Sénégal (MISOES, 1962) et les Rapports annuels des services de l'Agriculture de 1947 à 1970. Ces derniers ne concernent toutefois que la rive gauche du fleuve ; aucune statistique n'est disponible pour la rive droite.

Une meilleure connaissance des conditions des cultures de décrue a pu être acquise entre 1970 et 1974 grâce :

- aux essais de corrélation hauteur de crues - cultures de décrue (JUTON 1970) sur base des statistiques disponibles.
- aux inventaires des superficies cultivées en décrue, effectués systématiquement par avion en 1971, 1973 et 1974.
- aux travaux de recherche portant sur l'amélioration des techniques culturales (RIJKS, 1971).

Le modèle mathématique du Fleuve Sénégal permet de relier les superficies inondées au type de crue. Cependant, il apparaît difficile de tirer des conclusions d'une chronique des surfaces inondées, toute terre inondée, abstraction faite de la durée de submersion, n'étant pas forcément cultivable en décrue.

CHAUMENY, dans son "Etude sur les Unités Naturelles d'Equipement" (1973) dégage un certain nombre d'éléments intéressants permettant de comparer l'utilisation du sol dans certaines zones délimitées par les UNE pour les crues 1970 et 1971. A cette époque l'inventaire des forêts dans la vallée était disponible (PERRAUDIN, 1972) et a permis de différencier les zones forestières des zones cultivées en décrue.

Retenons essentiellement que

- il n'y a pas de corrélation directe entre hauteur de crue (et donc surface inondée) et superficie cultivée en décrue (JUTON)
- la réserve en eau utile du sol doit avoisiner 250-300 mm pour couvrir les besoins des cultures de décrue. Ce chiffre serait atteint après une durée moyenne de submersion de 30 jours. La hauteur correspondante est notée H 30 (RIJKS)

- le potentiel sûr du point de vue des cultures de décrue est pratiquement celui des hollaldés, qui représentent, 135.000 ha dans les UNE (forêts exclues) et 30.000 hectares pour le reste de la vallée (CHAUMENY).

Les facteurs limitants sur le plan agricole ont déjà été examinés au chapitre 2.2.2.4.

Le tableau 19 met en parallèle les superficies de oualo cultivées en décrue entre 1946 et 1973 et les H 30 à Bakel, en mètres IGN. Le détail des années 1970, 1972 et 1973, pour lesquelles des statistiques précises existent, est donné au tableau 22.

Tableau 19 Cultures de oualo dans la vallée - 1946-1973

ANNEE	TOTAL VALLEE (1000 ha) 1)	H 30 à Bakel (IGN)	ANNEE	TOTAL VALLEE (1000 ha) 1)	H 30 à Bakel (IGN)
1946	100	19,80	1964	109	21,75
1947	105	19,45	1965	123	22,70
			1966	117	20,50
1950	119	22,70	1967	140	21,90
1951	116	20,30	1968	86	16,80
1952	98	19,85	1969	95	19,80
1953	88	18,70			
1954	131	21,15	1970	110	19,20
1955	101	21,50	1972	15	17,40
1956	142	21,05	1973	97	19,60
1957	143	21,10			
1961	78	20,85			
1963	94	18,85			

1) Les chiffres de 1946 à 1969 sont basés sur les statistiques des Services de l'Agriculture pour la rive gauche seule. Les superficies de la rive droite ont été estimées en appliquant les coefficients suivants :

- zone amont : RD = RG
- zone aval : RD = 0,4 RG

Les chiffres de 1970 à 1973 ont été obtenus par observation aérienne directe.

6.3.2. Propagation de la crue et amorce de la décrue

La figure 6 donne le limnigramme de la crue 1956 (considérée comme moyenne (P = 50 %) sur l'échantillon 1903-1969) pour différentes escales de la vallée.

Cette figure donne une idée de la vitesse de propagation de la crue et de son amortissement entre Bakel et la mer.

Les dates d'amorce de la décrue nous intéressent particulièrement en relation avec les dates de semis possible des cultures de oualo.

Tableau 20 Amorce de la décrue en relation avec les dates de semis des cultures de oualo (crue 1956)

ESCALE	PK	Amorce de la décrue	Date limite de semis 1)
BAKEL	794	20 septembre	10 novembre
MATAM	624	28 septembre	18 novembre
KAEDI	524	1 octobre	21 novembre
BOGHE	380	5 octobre	25 novembre
PODOR	265	12 octobre	3 décembre

1) En conditions optimales de ressuyage du sol.

Notons que la crue 1956 a connu une pointe relativement tardive par rapport à la moyenne.

6.3.3. Caractéristiques des crues des dernières années en relation avec les cultures de oualo

Nous ne considérons ici que les crues de 1970, 1972 et 1973 pour lesquelles les superficies cultivées en décrue sont connues avec précision. Les lignes suivantes sont tirées pour l'essentiel de l'inventaire 1973-1974 (HAMDINOU et RIJKS).

En 1970 la crue a été classée à la limite entre moyenne/ faible et faible. Le débit moyen suivant a été enregistré à Bakel :

. du 9 au 31 Août	2 480 m^3/s
. du 1 au 26 Sept.	2 615 m^3/s
. du 9 Août au 26 Sept.	2 550 m^3/s

La crue 1972 se classe comme une crue de sécheresse centennale. Elle se distingue par les caractéristiques hydrologiques ci-après :

. débit maximal à Bakel	1 428 m^3/sec
. date de démarrage de la crue	28 juin
. date du maximum de la crue	9 sept.
. Module annuel	260 m^3/sec

La crue 1973 est également faible et d'une fréquence de sécheresse décennale. Elle présente les caractéristiques ci-après :

. débit moyen du 23 au 27 Août (5 jours)	2 409 m^3/s
. débit moyen du 16 au 30/8 (15 jours)	2 080 m^3/s
. la pointe de crue à Bakel a été été de	2 546 m^3/s (nouveau tarage)
. la pointe de crue précoce a été enregistrée le	25 Août

Les hydrogrammes de ces trois crues sont représentés à la figure 7.

Nous croyons donc que les données recueillies au cours de la campagne 1973 sont d'un intérêt réel et au reste très pertinentes pour représenter la situation nouvelle que créera l'aménagement du fleuve et le maintien momentané d'une crue résiduelle appelée

à assurer coûte que coûte la poursuite fiable des cultures de décrue pendant au moins dix ans, une fois que les barrages de régularisation seront entrés en service.

Les cultures prises en compte sont les cultures de décrue faites sur le oualo . Il n'est pas tenu compte des cultures falo établies le long des berges des marigots.

On a noté un élargissement des cultures sur terres falo , par rapport à 1972, mais sans qu'on puisse donner des indications quantitatives à leur sujet.

On a remarqué qu'au cours de cette campagne des cultures ont été parfois établies sur des terres n'ayant pas été assez longuement inondées. Nous estimons que la superficie couverte par des cultures "de désespoir", qui n'arriveront probablement pas à maturité, est d'environ 15 %. Il y a de plus un certain pourcentage de terres où les cultures n'ont pu démarrer qu'après un deuxième et parfois un troisième semis. Dans ces conditions, les sorghos peuvent arriver à maturité, mais les épis seront probablement petits et les rendements assez bas. A incriminer : a) une croissance moins vigoureuse, car plus tardive dans l'année, pendant la période froide ; b) un épuisement partiel de l'eau stockée dans le sol (évaporation du sol nu au départ) entraînant une trop faible disponibilité en eau au stade de formation des graines. Nous estimons la superficie de ces cultures déphasées à environ 25 % avec des variations importantes d'une région à l'autre.

La précocité de la décrue surtout en région amont et par conséquent l'exécution précoce des semis qui ont été effectués en période assez chaude par rapport à ce qui se passe les autres années, ont eu deux effets importants sur le déroulement de la présente campagne.

1) Le semis en période chaude a permis une levée rapide et une bonne croissance initiale des cultures, on observe une augmentation des rendements concernés.

2) Les criquets, plus nombreux en période chaude qu'en période froide, ont été plus agressifs. Faute cette année d'une végétation naturelle abondante (à cause de manque de pluies) les criquets se sont rabattus en grand nombre sur les jeunes plantules de sorgho de décrue pendant cette période chaude avec comme résultat des dégâts importants dans certaines régions. Certains champs ont ainsi été totalement ravagés par des essaims de criquets. Faute de semences, les resemis n'ont pas toujours pu être réalisés, ou l'ont été assez tard.

Les deux effets découlant de la précocité de la crue se trouvent ainsi donc partiellement neutralisés.

Les résultats obtenus en 1973 confirmeraient la conclusion tirée par JUTON (1971) :

- qu'il n'y a pas de corrélation directe entre l'importance de la crue et les superficies effectivement cultivées en décrue ;
- qu'une crue moyenne faible, si elle est suivie d'une décrue précoce, peut offrir des conditions écologiques de cultures supérieures à la moyenne.

Il faut enfin conclure que surtout en année de décrue précoce, des mesures phytosanitaires appropriées, mises en place en temps opportun et en quantité adéquate, sont indispensables pour réaliser des rendements maxima en culture de sorgho de décrue.

La comparaison de ces crues avec une crue médiane (P = 50 %) donne les résultats suivants :

Tableau 21 Correspondance hauteur/débit 1970-1972-1973

	Médiane	1970/1971	1972/1973	1973/1974
- Caractéristiques de la crue	Médiane	Moyenne faible	centennale faible	décennale faible
Hauteur en m IGN				
Maximum à Bakel	22,20	20,80	17,40	19,60
30 jours à Bakel	21,30	19,20	16,90	17,60
Maximum à Matam	15,2	14,4	12,0	13,7
Kaédi	12,2	11,5	9,6	10,7
Podor	5,3	4,8	2,8	4,0
- Débits à Bakel en m^3/s (ancien Tarage)				
Maximum	4.600	3.800	1.428	2.900
30 jours	4.100	2.500	1.350	1.850
Moyen Juillet-Octobre	1.960	1.420	650	960
Moyen Annuel	743	545	265	369

Pour ces trois années, les superficies suivantes ont été cultivées en oualo:

Tableau 22 Superficies oualo de 1970, 1972 et 1973 [1)]

	1970/1971	1972/1973	1973/1974
Zone amont : BAKEL/KAEDI			
. Rive gauche	23.800 ha	4.900 ha	30.000 ha
. Rive droite	18.600 ha	3.000 ha	15.100 ha
Zone aval : KAEDI/ROSSO			
. Rive gauche	38.000 ha	5.840 ha	32.000 ha
. Rive droite	29.000 ha	1.500 ha	19.800 ha
TOTAUX			
. Rive gauche	61.800 ha	10.740 ha	62.100 ha
. Rive droite	48.300 ha	4.500 ha	34.900 ha
Vallée	110.200 ha	15.240 ha	97.000 ha

1) Une correction de - 10 % a été appliquée aux résultats bruts, les observateurs estimant que les superficies ont été recensées par excès.

CHAUMENY (1973) estime que la crue 1970-1971 a été suffisante pour permettre toutes les cultures de décrue possible sur hollaldé, mais signale que le phénomène de l' "anneau de culture" [1] peut jouer pour certaines cuvettes traditionnellement cultivées et permettre ainsi localement une certaine corrélation "sélective" entre hauteur de crue et surface cultivée en décrue.

La crue 1973, retenue comme base de l'hydrogramme de crue artificielcielle proposé (ch. 6.4.), mérite d'être examinée en détail. HAMDINOU et RIJKS (1974) écrivent ce qui suit :

"On est amené à prêter grande attention à la crue de 1973 et à son allure générale car il se fait que sa hauteur maximale achevée correspond à peu près à ce que sera la hauteur de la crue résiduelle après régularisation du régime du fleuve à 300 m^3/sec à Bakel. On en retire diverses informations pour les études de planification en ce qui concerne les superficies inondables et les superficies cultivées dans de telles conditions."

"On pourrait éventuellement objecter que la durée de la pointe de crue et donc de l'inondation, n'étant pas très longue la superficie cultivée en 1973 est inférieure à ce que serait la superficie cultivée après une crue de même hauteur, mais de durée normale, c'est-à-dire plus longue. Cette objection, valable en soi en année de pluviométrie normale, n'a qu'une faible importance pour l'exercice 1973-1974. En effet, étant donné l'échec total des cultures pluviales dans toute la région (pluviométrie très déficiente) les paysans, traumatisés par plusieurs années de sécheresse successives, ont pratiquement ensemencé toutes les superficies submergées par la crue même durant une très courte durée, au très grand risque de ne rien récolter du tout. Ce qu'ils ne font en aucun cas en année normale."

---

1) Lorsque la crue augmente, les parties basses des cuvettes sont dénoyées trop tard pour permettre la culture et un anneau de culture supplémentaire est cultivé dans le haut de la cuvette.

6.4. Hydrogramme optimal à Bakel en période transitoire

Les débits précédemment proposés pour la modulation de la crue résiduelle, soit 3.500 m^3/s et 3.000 m^3/s étaient probablement dérivés des caractéristiques de la crue naturelle de 1970. L'OMVS a finalement retenu la valeur de 2.500 m^3/s en pointe, correspondant à une crue décennale faible.

Compte tenu des observations formulées plus haut, la crue naturelle 1973 a valeur de référence à la fois du point de vue hydrologique, du point de vue des superficies mises en valeur et du point de vue agronomique.

L'hydrogramme optimal à Bakel, apte à satisfaire les exigences agronomiques des cultures de décrue est proposé à la figure 7 . Cet hydrogramme purement théorique ne préjuge pas des possibilités hydrologiques de Manantali à le satisfaire tel quel (voir rapport mission A.1.5. "Régularisation"). Les points importants à notre avis en sont :

- H 30 au débit charnière de 1 800 m^3/s atteint entre le 15/8 et le 20/9
- décroissance aussi régulière que possible pour atteindre le débit régularisé de 200 m^3/s entre la fin octobre et la mi- novembre
- le débit de pointe (ici entre 2.200 et 2.500 m^3/s) atteint entre le 25 août et le 15 septembre.

La valeur absolue de la pointe de crue importe relativement peu mais une pointe étalée permettra sans doute un remplissage meilleur en aval de dépressions difficilement accessibles à une crue d'allure trop aiguë.

Il apparaît également important d'éviter l'apparition de pointes de crues secondaires d'une certaine importance une fois la décrue amorcée, qui risqueraient de submerger les terrains déjà ensemencés.

HYDROGRAMME DE CRUE OPTIMAL A BAKEL EN COMPARAISON AVEC QUELQUES CRUES NATURELLES

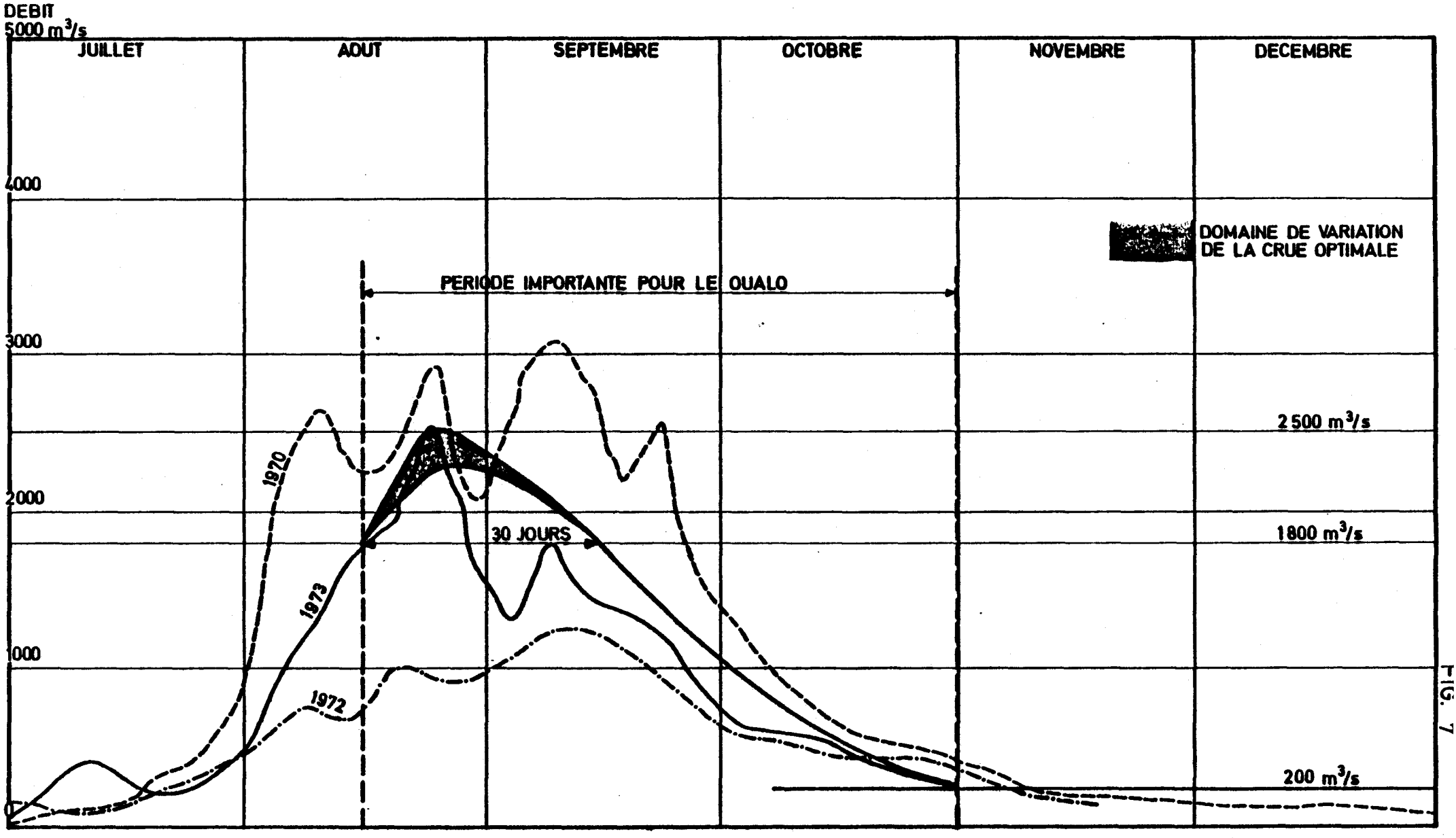


FIG. 7

6.5. Valeur économique de la production de 100 000 hectares de cultures de décrue

6.5.1. Valeur brute (base prix nationaux)

Presque toute la production des cultures de décrue est autoconsommée. Basée sur les prix nationaux (1) de la Mauritanie et du Sénégal, la valeur brute est répartie entre les cultures et les pays comme présenté au tableau 23.

6.5.2. Inputs agricoles (base prix nationaux)

Les inputs agricoles sont seulement les semences et le travail (voir 2.2.2.2). Le prix des semences est estimé au même niveau que pour les produits. Le prix d'opportunité de la journée travailleur dans l'agriculture traditionnelle est estimé à zéro.

6.5.3. Valeur ajoutée (base prix nationaux)

La valeur ajoutée sur base des prix nationaux est calculée ci-dessous :

Pays	Valeur brute Unité	(million)	Semences t	UM/FCFA (million)	Valeur agricole UM/FCFA (million)	Valeur ajoutée FCFA (million)
Mauritanie	UM	151,470	459	3,947	147,523	856,633
Sénégal	FCFA	993,577	688	22,125	971,452	971,452
Total	FCFA	1872,089	-	45,018	-	1827,071

1) Voir Partie économique, ch. 2.6., Tableau 4

Tableau 23 Valeur économique brute de la production de 100.000 hectares de cultures de décrue, par pays (base : prix nationaux)

Répartition	Pays	Culture	Superficie (ha)	Rendement kg/ha (1)	Production t/an	Prix (2)	Valeur brute Millions	Valeur brute Millions FCFA
Falo	Mauritanie	Maïs	3.000	300	900	6	5.400	31.320
	Sénégal	Maïs	4.500	300	1.350	37	49.950	49.950
Fondé	Mauritanie	Maïs	3.200	300	960	6	5.760	33.408
		Sorgho	3.200	375	1.200	6	7.200	41.760
	Sénégal	Maïs	4.800	300	1.440	37	53.280	53.280
		Sorgho	4.800	375	1.800	35	63.000	63.000
Hollaldé + faux hollaldé	Mauritanie	Sorgho	30.600	375	11.475	6	68.850	399.330
		Niébé	31.600	175	5.355	12	64.260	372.708
	Sénégal	Sorgho	45.900	375	17.212	35	602.437	602.437
		Niébé	45.900	175	8.032	28	224.896	224.896
Total	-	-	100.000	-	maïs: 4.650 sorgho:31.687 niébé:13.387 total:49.724	-	-	1,872.089

1) Moyen

2) Pour la Mauritanie en UM, pour le Sénégal en FCFA

Taux de change : 1 UM = 5,8 FCFA

6.5.4. Valeur ajoutée (base prix mondiaux (1))

La valeur ajoutée sur base des prix mondiaux est calculée ci-dessous :

Culture	Valeur brute	Semences	Valeur ajoutée
	Millions FCFA		
Maïs	334,3	7,2	327,1
Sorgho	2.278,3	37,6	2.240,7
Niébé	693,8	25,8	668,0
Total	3.306,4	70,6	3.235,8

1) Voir Partie économique, Annexe 1

7. Considérations sur les programmes de développement intégré (1)

L'étude entreprise par le Cabinet Norbert BEYRARD FRANCE en 1974 a proposé un programme de différentes actions avec un échéancier précis des réalisations envisagées et de leur impact économique.

Ce schéma a permis d'ouvrir un large débat et en Mai 1976 l'OMVS a préparé un document faisant état des méthodes et moyens de mise en oeuvre d'un programme à long terme englobant la mise en valeur de l'ensemble du Bassin du Sénégal.

A court ou moyen terme on peut compléter ce schéma théorique par quelques réflexions sur l'aménagement progressif des périmètres d'irrigation dans la Vallée compte tenu de la mise en place des grands ouvrages.

Le schéma d'aménagement hydroagricole du Fleuve doit se placer dans la perspective du fonctionnement des barrages, d'une part de Diama prévu entre 1980 et 1985 et dont l'influence se fera sentir sur le Delta et la Basse Vallée, d'autre part de Manantali qui intéressera à plus long terme l'ensemble de la Vallée.

Dans ces conditions il y aura lieu de:

- assurer le plus rapidement possible la rentabilisation des barrages, ce qui impose que des aménagements soient mis en oeuvre avant l'achèvement des barrages,
- maintenir sur place la population sans qu'elle ait à subir des ruptures profondes dans ses systèmes de culture et d'alimentation,
- limiter les aménagements coûteux qui ne pourront être rentabilisés immédiatement du fait de la nécessité de former les exploitations aux nouvelles techniques culturales et d'irrigation.

Actuellement les ressources en eau sont très abondantes jusqu'au

---

(1) Source: Aménagement du Bassin Versant du Fleuve Sénégal, OMVS, octobre 1976.

ANNEXES

ANNEXE 1: POTENTIEL IRRIGABLE

ANNEXE 2: CONTRAINTES CLIMATIQUES DANS LA VALLEE DU SENEGAL

ANNEXE 3: DETERMINATION DE L'EFFICIENCE D'UN RESEAU D'IRRIGATION

1. Unités Naturelles d'Equipement rive DROITE
Surfaces NETTES irrigables selon les Plans de Culture
(SN.=75% de la surface brute agricole - unité = ha.)

F = Fondé H = Hollaldé FH = Faux Hollalde

Nom	Sigle	F	FH	H	Total net irrigable	Surface endiguée
GARAK	GA 1	1.294	4.001	2.314	7.609	10.400
	GA 2	982	2.224	1.830	5.036	6.800
	1 - 2	2.276	6.225	4.144	12.645	17.200
KOUNDI	KO 1	514	1.875	1.579	3.968	5.480
	KO 2	735	5.051	1.461	7.247	10.068
	KO 3	1.147	7.811	2.310	11.268	15.400
	KO 4	264	1.952	1.738	3.954	5.400
	KO 5	3.488	3.735	3.727	10.950	15.300
	KO 6	5.126	2.178	1.541	8.845	12.750
	KO 7	2.516	827	9	3.352	4.600
	KO 8	5.879	2.203	2.511	10.593	15.416
	1 - 8	19.669	25.632	14.876	60.177	84.414
BOGHE	BO 1	1.177	215	2.411	3.803	5.325
	BO 2	1.140	349	187	1.676	2.325
	BO 3	243	144	288	675	920
	1 - 3	2.560	708	2.886	6.154	8.570
TIANGOL M'BAGNE	MB 1	865	575	1.505	2.945	3.990
	MB 2	1.204	598	2.916	4.718	6.365
	MB 3	3.733	692	1.860	6.285	9.174
	1 - 3	5.802	1.865	6.281	13.948	19.529
KAEDI	KI	1.999	1.515	4.106	7.620	11.480
GARLI	GI	589	236	772	1.597	2.792
DAO	DAO	1.201	669	1.334	3.204	5.200
MAGHAMA DEMBAKANE	MD 1	618	2.149	3.210	5.977	8.190
	MD 2	1.365	855	3.225	5.445	7.475
	MD 3	1.204	1.150	588	2.942	4.268
	MD 4	2.083	892	478	3.453	5.465
	MD 5	2.314	521	1.039	3.874	5.710
	1 - 5	7.584	5.567	8.540	21.691	31.108
Total vallée		41.681	43.108	42.252	127.041	180.293
		33%	34%	33%		
Delta			3.100	6.200	9.300	
GORGOL			3.500	6.500	10.000	
TOTAL		41.681	49.708	54.952	146.341	

1. Unités Naturelles d'Equipement rive GAUCHE
Surfaces NETTES irrigables selon les Plans de Culture
(SN. = 75% de la surface brute agricole unité = ha.)

F = Fondé H = Hollaldé FH = Faux Hollaldé

Nom	Sigle	F	FH	H	Total net irrigable	Surface endiguée
GUIDARAR	GU	404	886	1.238	2.528	3.404
DAGANA	DA	367	1.314	1.139	2.820	3.990
N'GALANKA	NG 1	311	1.432	877	2.620	3.640
	NG 2	1.048	676	956	2.680	3.635
	NG 3	2.113	1.200	1.513	4.826	6.800
	NG 4	2.989	4.399	3.064	10.452	14.900
	1 - 4	6.461	7.707	6.410	20.578	28.975
MORFIL	MO 1	439	416	1.174	2.029	2.800
	MO 2	885	2.100	3.210	6.195	8.950
	MO 3	4.159	5.329	2.636	12.124	16.950
	MO 4	931	1.470	595	2.996	4.300
	MO 5	456	829	1.515	2.800	3.850
	MO 6	435	675	574	1.684	2.550
	MO 7	2.438	2.392	1.860	6.690	9.500
	MO 8	1.851	598	67	2.516	4.000
	MO 9	1.312	3.499	2.461	7.272	10.400
	1 - 9	12.906	17.308	14.092	44.306	63.300
	MO 10	1.331	907	1.078	3.316	4.800
	MO 11	1.654	3.928	3.397	8.979	12.650
	MO 12	2.239	2.077	1.012	5.328	7.550
	MO 13	877	1.684	1.097	3.658	5.150
	MO 14	1.924	1.485	630	4.039	5.650
	MO 15	1.185	1.095	1.282	3.562	5.050
	MO 16	565	319	877	1.761	2.630
	MO 17	276	748	504	1.528	2.390
	MO 18	664	649	281	1.594	2.250
	10-18	10.715	12.892	10.158	33.765	48.120
	1-18	23.621	30.200	24.250	78.071	111.420
DOUE	DO 1	1.245	1.777	2.449	5.471	7.830
	DO 2	639	967	374	1.980	2.890
	DO 3	322	498	362	1.182	1.657
	1 - 3	2.206	3.242	3.185	8.633	12.377
OREFONDE TILOGNE	OT 1	1.028	2.000	4.290	7.318	11.447
	OT 2	2.576	2.869	5.535	10.980	15.370
	OT 3	1.335	1.102	653	3.090	4.380
	OT 4	2.269	1.286	2.775	6.330	8.800
	OT 5	2.473	2.593	2.972	8.038	11.450
	OT 6	1.770	2.182	2.531	6.483	9.600
	1 - 6	11.451	12.032	18.756	42.239	61.047

Nom	Sigle	F	FH	H	Total net irrigable	Surface endiguée
DIAMEL	DI 1	2.355	604	2.291	5.250	7.310
	DI 2	775	103	112	990	1.495
	DI 3	896	86	78	1.060	1.450
	DI 4	2.810	596	690	4.096	5.812
	DI 5	3.630	1.869	974	6.473	9.800
	DI 6	5.415	3.302	2.638	11.355	16.700
	1 - 6	15.881	6.560	6.783	23.174	42.567
MATAM KANEL	MK 1	2.992	202	1.882	5.076	7.000
	MK 2	3.337	844	4.215	8.396	12.385
	MK 3	1.305	84	962	2.351	3.375
	1 - 3	7.634	1.130	7.059	15.823	22.760
TIANGOL BALLEL	TB 1	3.206	926	3.540	7.672	10.990
	TB 2	3.062	1.841	1.140	6.043	8.825
	TB 3	3.366	889	319	4.574	7.030
	1 - 3	9.634	3.656	4.999	18.289	26.845
DEMBAKANE	DE 1	903	1.271	937	3.112	4.665
	DE 2	712	746	349	1.807	2.790
	DE 3	1.106	94	784	1.984	3.112
	1 - 3	2.721	2.111	2.070	6.903	10.567
TOTAL Rive Gauche		80.380 36%	68.838 30%	75.889 34%	225.107	323.952
DELTA NON SALE			5.000	10.000	15.000	
DESSALEMENT FACILE				9.500	9.500	
DESSALEMENT DIFFICILE				24.000	24.000	
TOTAL DELTA			5.000	43.500	48.500	
TOTAL		80.380	73.838	119.382	272.607	

2. Répartition des superficies irriguées nettes en phase finale entre différents points de contrôle

La répartition des superficies irriguées nettes en phase finale dans la vallée du fleuve Sénégal, base du calcul des consommations en eau par secteurs (tableau 14) a été effectuée en tenant compte des paramètres suivants:

1. Définition des secteurs d'irrigation

Les secteurs d'irrigation dans la vallée ont été définis en tenant compte de la présence de 11 seuils majeurs représentant une gêne pour la navigation entre Kayes et Podor. La connaissance des débits mensuels nécessaires à l'irrigation entre deux points de contrôle a permis l'établissement ultérieur des lignes d'eau nécessaires à la navigation.
Les seuils de Diakandape et Kabou n'ont pas été pris en compte, les volumes d'eau prélevés pour l'irrigation en amont de ces seuils étant insignifiants par rapport au volume écoulé.
Le secteur XI Demet-Podor, consistant à l'origine en un seul tronçon dont le niveau d'eau était sous l'influence de la retenue de Diama, a été plus tard subdivisé en deux sous-secteurs, Demet-Mafou (XI) et Mafou-Podor (XII) en vue de permettre le calcul des lignes d'eau. La ville de Podor a été prise comme point de contrôle pour des raisons pratiques (situation au confluent du Doué et du Sénégal), bien qu'aucun seuil majeur n'y soit situé.

2. Superficies irriguées en amont de BAKEL

Seules les surfaces irrigables par pompage direct dans le fleuve et aménageables suivant le schéma classique des aménagements de la vallée (endiguement et irrigation gravitaire) ont été prises en compte.

3. Unités naturelles d'équipement (UNE) dans la vallée, entre Bakel et Rosso.

Ces UNE sont identifiées par leur sigle, correspondant à l'Atlas des UNE de Chaumeny. Pour la facilité du calcul, les ponctions en eau d'irrigation nécessaire à la totalité de l'UNE ont été reportées en un seul point, situé à l'extrémité amont de l'UNE.

4. Les ponctions nécessaires à l'irrigation des UNE de l'île à MORPHIL (MO 1 à 17) ont été réparties selon le schéma le plus probable entre le Sénégal et le Doué. Les consommations nécessaires aux périmètres irrigués à partir du Doué entre Podor et Vindingue (secteur VIII) ont été reportées au point de contrôle de MBAGNE.

La localisation et la répartition des secteurs d'irrigation dans la vallée sont détaillées ci-après et schématisées à la carte 1.

SECTEUR I: KAYES (BAFOULABE) - MOUDERI (BAKEL)

PK 924 - 770

Sigle	Superficie nette irrigable (ha)	% du total
-	8900	2,36

SECTEUR II: MOUDERI - GOURIKI NDIOUM

PK 770 - 684

Sigle	Superficie nette irrigable (ha)	% du total
DE 3	1984	
DE 2	1807	
DE 1	3111	
MD 5	3874	
MD 4	3453	
MD 3	2942	
MD 2	5445	
TB 3	4574	
TB 2	6043	
	33233	8,83

SECTEUR III: GOURIKI NDIOUM - TCHIMPEN

PK 684 - 639

MD 1	5977	
DA O	3204	
TB 1	7672	
MK 3	2351	
MK 2	8396	
	27600	7,33

SECTEUR IV: TCHIMPEN - KOUNDEL

PK 639 - 605

Sigle	Superficie nette irrigable (ha)	% du total
Garli	1597	
MK 1	5076	
Di 1	5250	
Di 5	6473	
Di 2	990	
Di 3	1060	
Di 4	4096	
OT 3	3090	
	27632	7,34

SECTEUR V: KOUNDEL - NGUIGUILONE

PK 605 - 579

Di 6	11355	3,02

SECTEUR VI: NGUIGUILONE - KERR

PK 579 - 524

OT 6	6483	
OT 5	8038	
OT 4	6310	
	20831	5,33

SECTEUR VII: KERR - MBAGNE

PK 524 - 490

OT 2	10980	
Kaedi	7620	
OT 1	7318	
	25018	6,64

SECTEUR VIII: MBAGNE - VINDINGUE

PK 490 - 482

MB 3	6285	
MO 13	3658	
Doué 2	1980	
Doué 1	5471	
MO 6	1684	
MO 4	2996	
MO 3	12124	
MO 2	6195	
NG 4	10452	
	50845	13,50

SECTEUR IX: VINDINGUE - DIOULDE-DIABE

PK 482 - 435

Sigle	Superficie nette irrigable (ha)	% du total
MO 18	1594	
MO 17	1528	
MO 16	1761	
Doué 3	1182	
MB 2	4718	
MO 15	3562	
	14345	3,81

SECTEUR X: DIOULDE-DIABE - DEMET

PK 435 - 380

MO 14	4039	
MB 1	2945	
MO 12	5328	
MO 11	8979	
MO 10	3316	
MO 9	7272	
BO 3	675	
BO 2	1676	
	34230	9,09

SECTEUR XI: DEMET - MAFOU

PK 380 - 330

MO 8	2516	
MO 7	6690	
MO 5	2800	
BO 1	3803	
KO 7	3352	
KO 8	10593	
	29154	7,90

SECTEUR XII: MAFOU - PODOR

PK 330 - 265

MO 1	2029	
KO 4	3954	
KO 5	10950	
KO 6	8845	
	25778	6,85

ANNEXE 2
FIG. 2

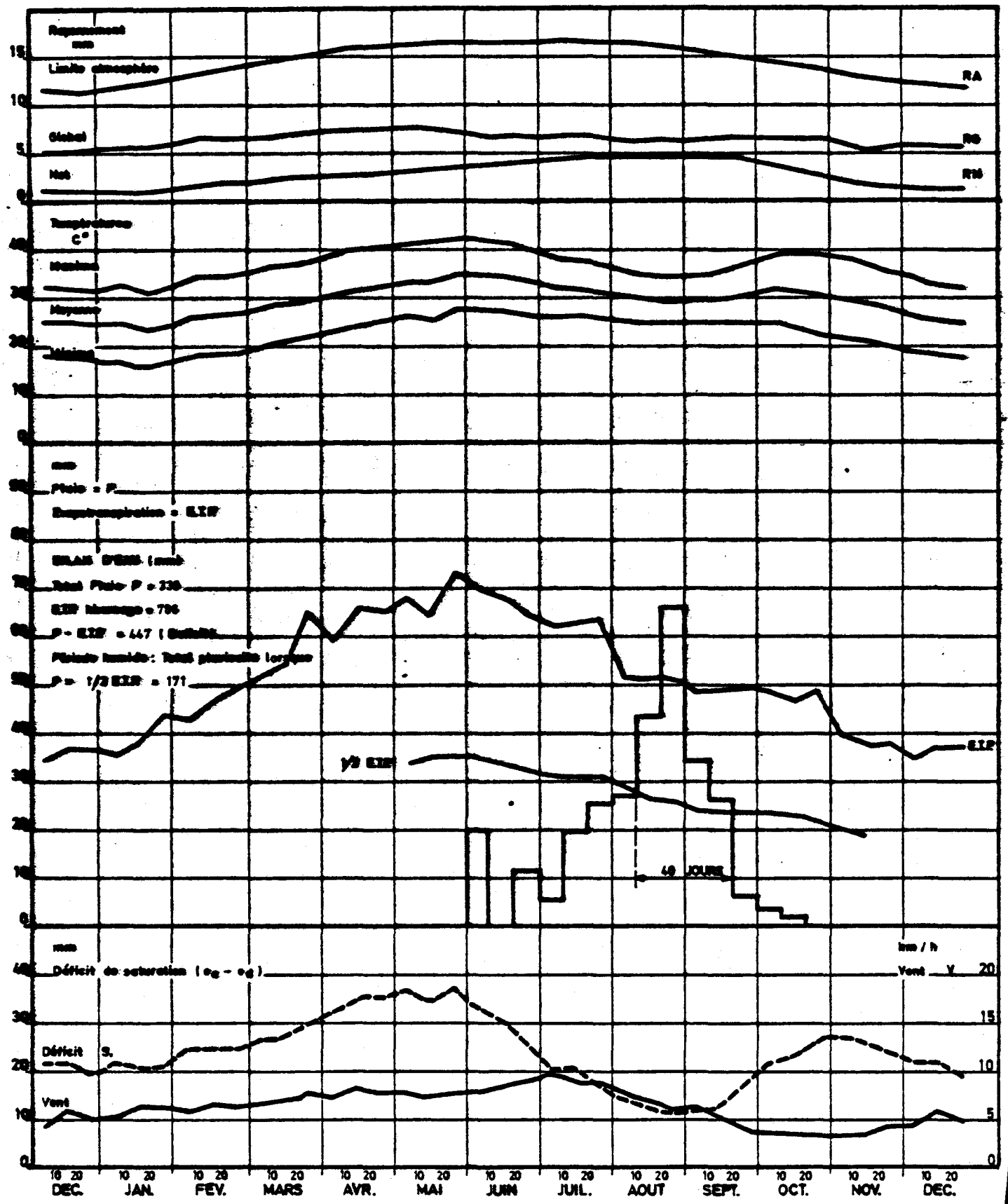
STATION DE KAEDI

PRINCIPAUX FACTEURS AGROCLIMATIQUES - PERIODE :

AVRIL 1970 A MAI 1975

PROJET RECHERCHE AGRONOMIQUE

LATITUDE 16° 08 N
LONGITUDE 13° 30 W
ALTITUDE 40 m



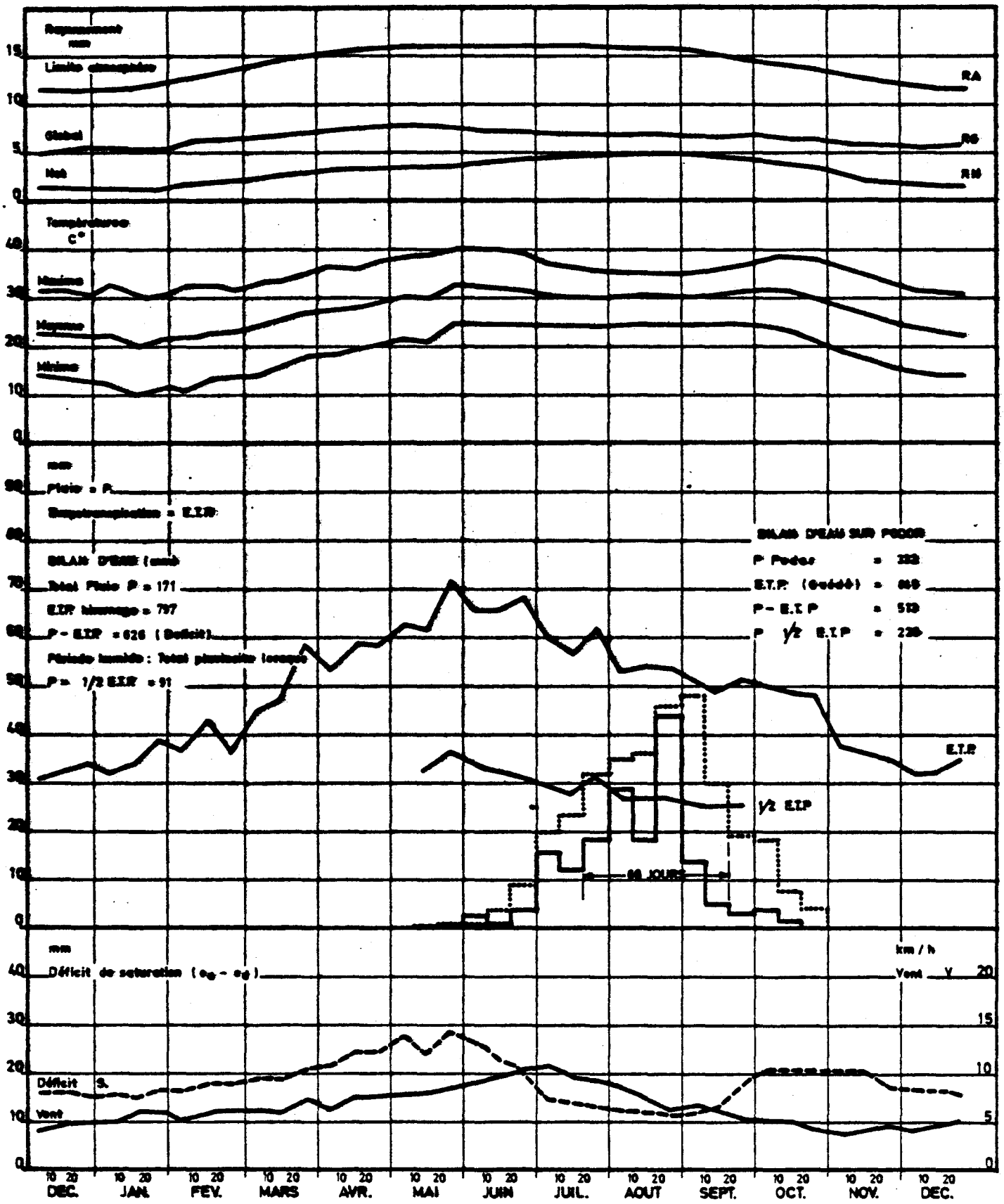
ANNEXE 2
FIG. 3

STATION DE GUEDE

PRINCIPAUX FACTEURS AGROCLIMATIQUES - PERIODE DE NOVEMBRE 1970 A MARS 1976

PROJET RECHERCHE AGRONOMIQUE

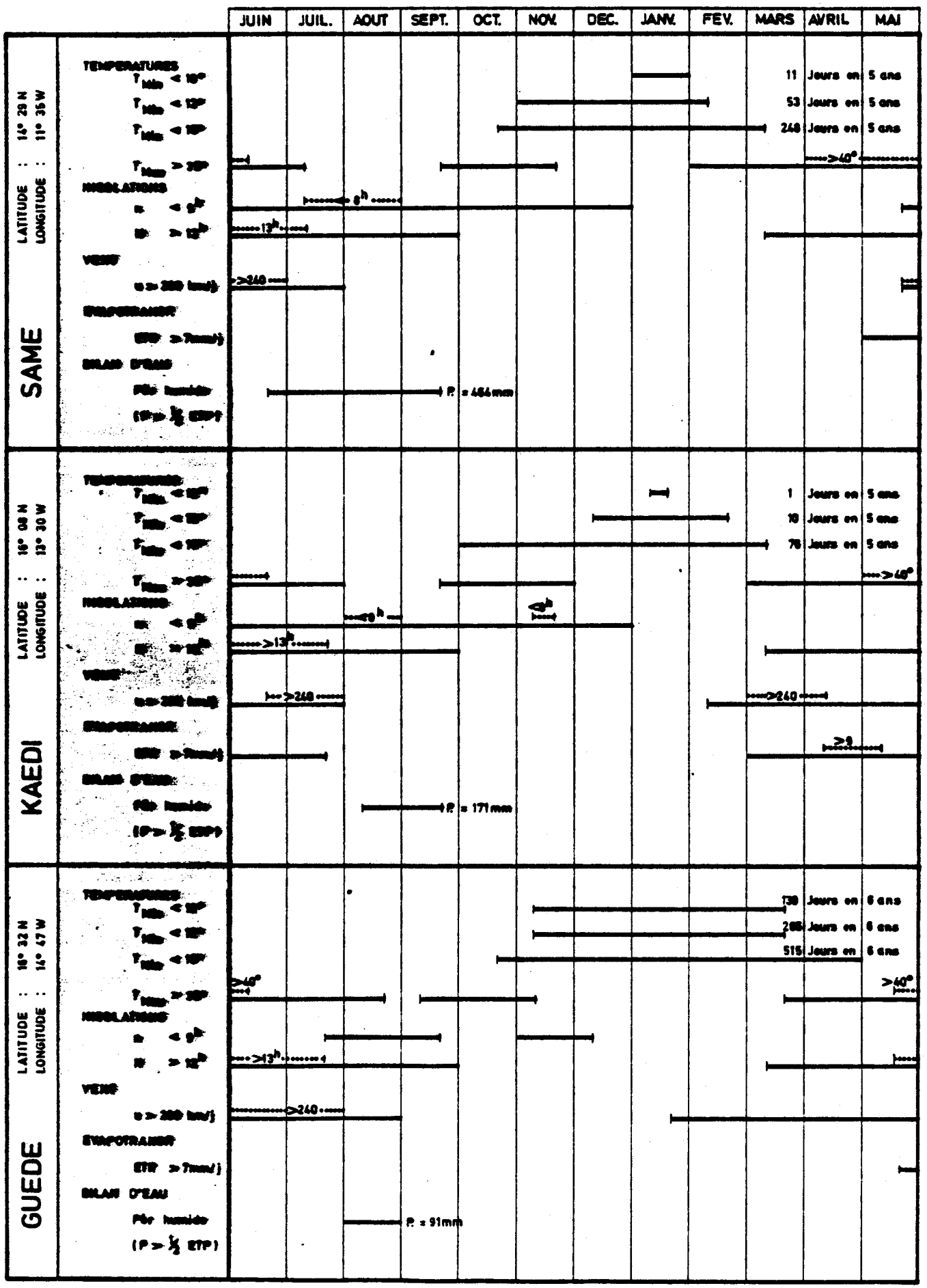
LATITUDE 16° 32 N
LONGITUDE 14° 47 W
ALTITUDE 8 m



CONTRAINTES CLIMATIQUES DANS LA VALLEE DU SENEGAL

ANNEXE 2
FIG. 4

STATIONS DE: SAME (MALI), KAEDI (MAURITANIE), GUEDE (SENEGAL) PERIODE 1970 -75

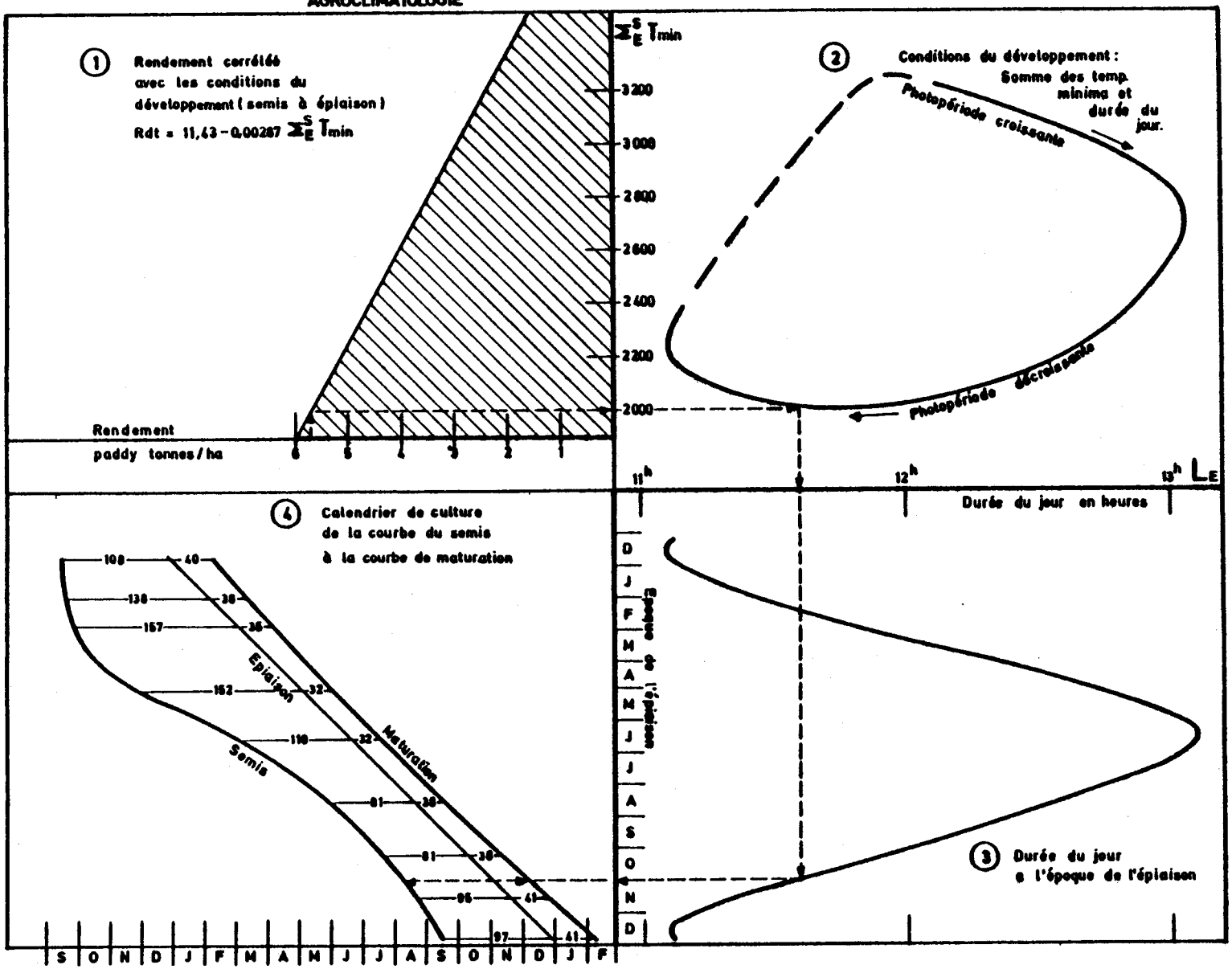


RIZ

CALENDRIER DE CULTURE POUR UN RENDEMENT DONNÉ

SELON LES CONDITIONS CLIMATIQUES DE LA STATION DE KAEDI (MAURITANIE)

SOURCE : PROJET DE RECHERCHE AGRONOMIQUE AGROCLIMATOLOGIE



- Exemples -

A) (Suivre flèches)

① Rendement = 5,7 t/ha avec ΣT min = 2000°

② Conditions du développement ΣT min = 2000° ; durée du jour LE = 11 h 6'

③ Epoque de l'épiaison avec LE 11 h 6' : 3e décade octobre

④ Calendrier
- Semis : 1/2 2e décade août
- Maturation : 1e décade décembre
- Durée du cycle : 117 jours

⑤ Besoins en eau
- ETP en 117 jours et maturation en 1e décade décembre 540 mm
- coefficient de culture K = 1,60
- ETR = K.ETP = 864 mm

B)

① Rendement = 3,2 t/ha ; ΣT = 2900°

② Condition du développement ΣT = 2900 ; LE = 12 h 9'

③ Epiaison : 2e décade mai

④ Calendrier
- Semis : 1e décade janvier
- Maturation : 1/2 2e décade juin
- durée cycle : 165 jours

⑤ Besoins en eau
- ETP en 165 jours et maturation 2e décade juin 850 mm
- Coefficient de culture K = 2,20
- ETR = K.ETP = 1870 mm

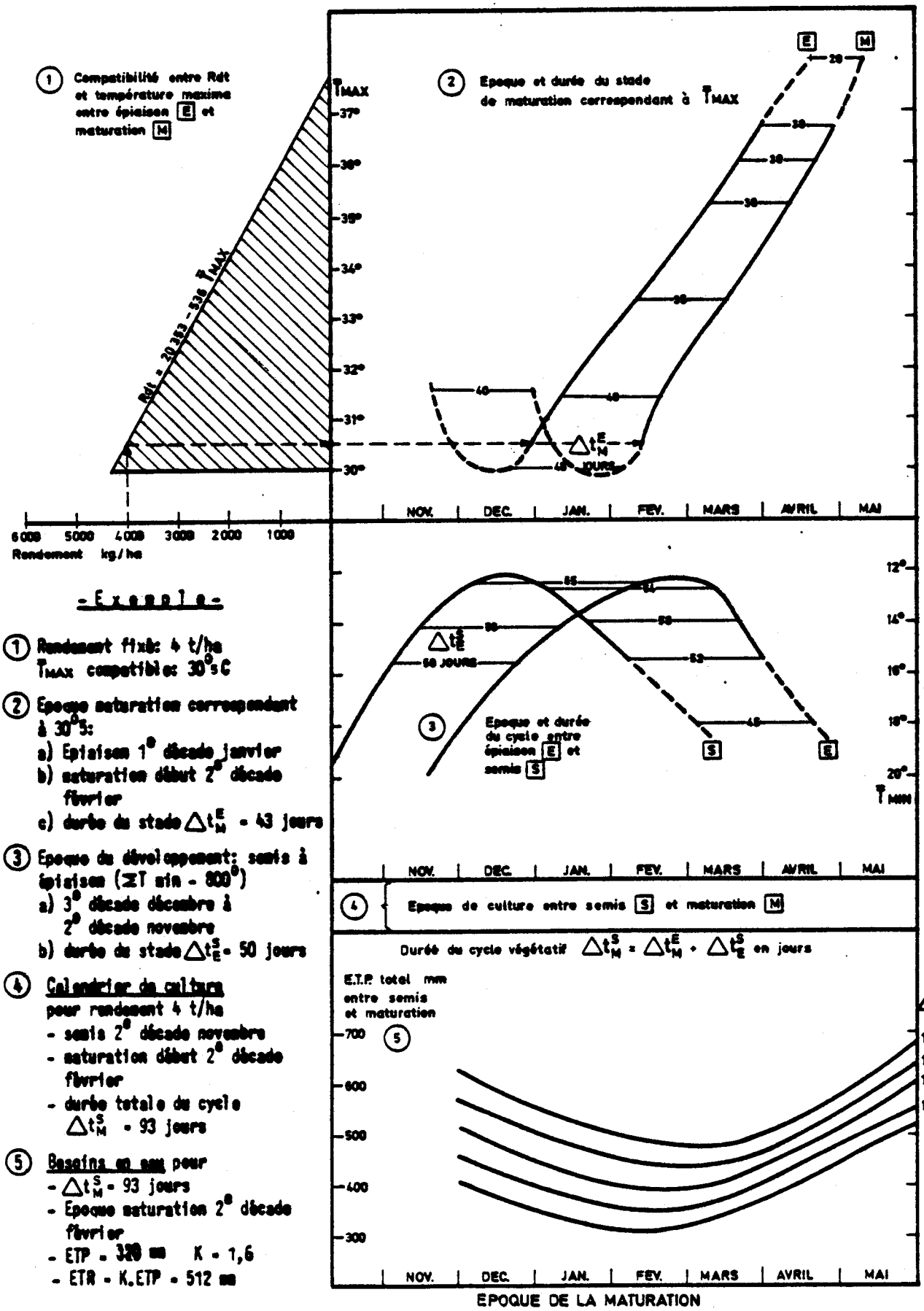
ANNEXE 2
FIG. 5

BLE (Variété Mexipak)

CALENDRIER DE CULTURE POUR UN RENDEMENT DONNE

SELON LES CONDITIONS CLIMATIQUES DE LA STATION DE GUEDE (SENEGAL)

SOURCE: PROJET DE RECHERCHE AGRONOMIQUE, AGROCLIMATOLOGIE



- Exemple -

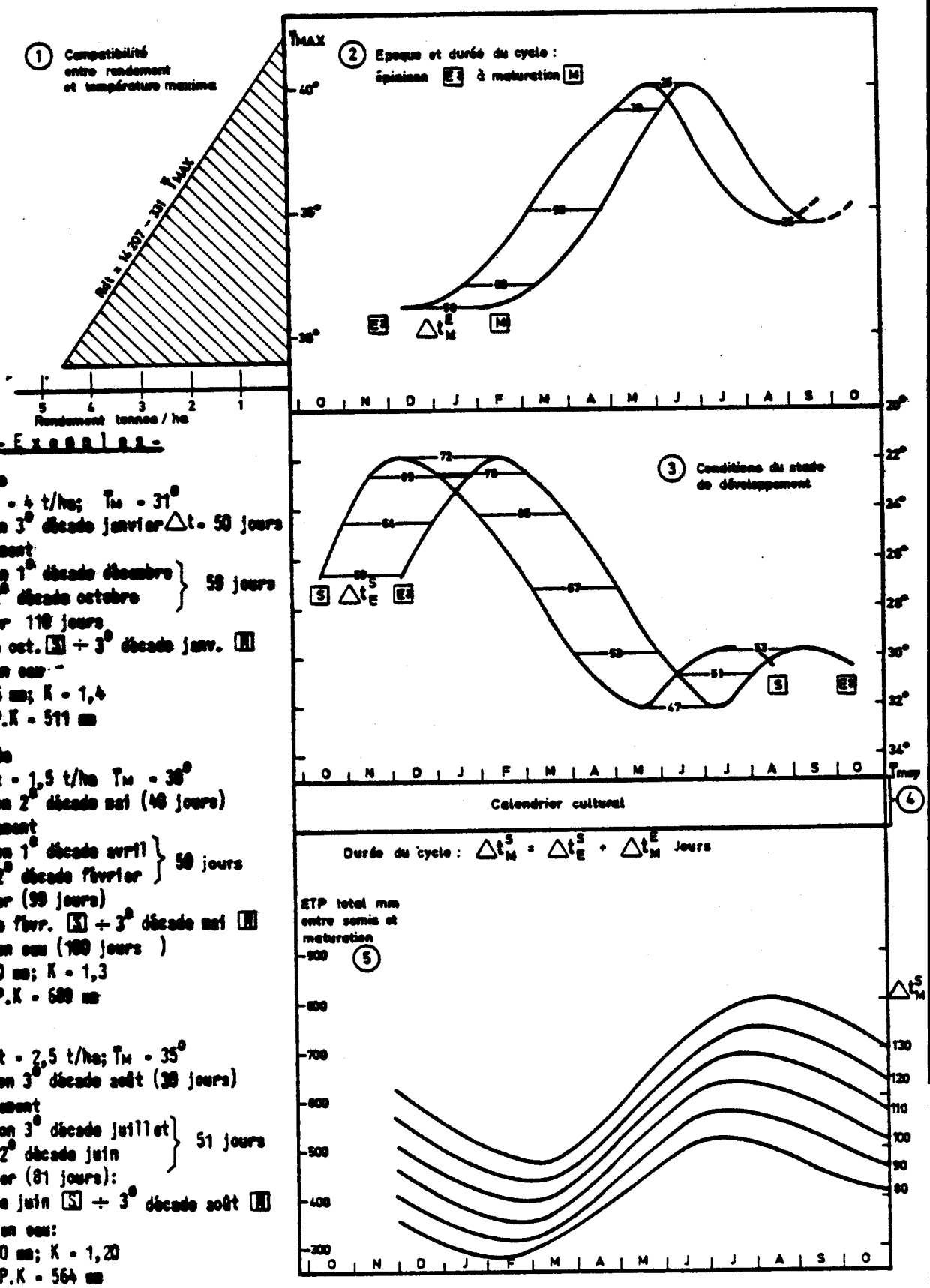
1. Rendement fixé: 4 t/ha
   T_{MAX} compatible: 30°C
2. Epoque maturation correspondant à 30°C:
   a) Epiaison 1e décade janvier
   b) maturation début 2e décade février
   c) durée du stade Δt_M^E = 43 jours
3. Epoque du développement: semis à épiaison (ΣT min - 800°)
   a) 3e décade décembre à 2e décade novembre
   b) durée du stade Δt_E^S = 50 jours
4. Calendrier de culture pour rendement 4 t/ha
   - semis 2e décade novembre
   - maturation début 2e décade février
   - durée totale du cycle Δt_M^S = 93 jours
5. Besoins en eau pour
   - Δt_M^S = 93 jours
   - Epoque maturation 2e décade février
   - ETP = 320 mm K = 1,6
   - ETR = K.ETP = 512 mm

MAÏS

CALENDRIER DE CULTURE POUR UN RENDEMENT DONNE

SELON LES CONDITIONS CLIMATIQUES DE LA STATION DE GUEDE (SENEGAL)

SOURCE : PROJET DE RECHERCHE AGRONOMIQUE
AGROCLIMATOLOGIE



- Exemples -

A) Saison froide

1. Rendement = 4 t/ha; T_M = 31°
2. Maturation 3° décade janvier Δt = 50 jours
3. Développement
   - Epiaison 1° décade décembre } 59 jours
   - Semis 2° décade octobre
4. Calendrier 119 jours
   2° décade oct. [S] ÷ 3° décade janv. [M]
5. Besoins en eau
   ETP = 365 mm; K = 1,4
   ETR = ETP.K = 511 mm

B) Saison chaude

1. Rendement = 1,5 t/ha T_M = 38°
2. Maturation 2° décade mai (48 jours)
3. Développement
   - Epiaison 1° décade avril } 50 jours
   - Semis 2° décade février
4. Calendrier (99 jours)
   2° décade fevr. [S] ÷ 3° décade mai [M]
5. Besoins en eau (100 jours)
   ETP = 530 mm; K = 1,3
   ETR = ETP.K = 689 mm

C) Hivernage

1. Rendement = 2,5 t/ha; T_M = 35°
2. Maturation 3° décade août (39 jours)
3. Développement
   - Epiaison 3° décade juillet } 51 jours
   - Semis 2° décade juin
4. Calendrier (81 jours):
   2° décade juin [S] ÷ 3° décade août [M]
5. Besoins en eau:
   ETP = 470 mm; K = 1,20
   ETR = ETP.K = 564 mm

Détermination de l'efficience d'un réseau d'irrigation par Roelofsen (FAO)

1. Données de base

. périmètre de 50 ha (CUMA de Guédé)
. système de rotation d'irrigation de 5 ha/jour
. superficie par paysan : 2 ha
. débit de la pompe Q = 8 000 m^3/jour
. canaux trapézoïdaux
. infiltration : 0,1 m^3/m^2
. évaporation : 10 mm/jour (E bac)
. sol : limon argileux imperméable

2. Pertes par infiltration et évaporation

2.1. Canal principal

Le canal est rempli de manière permanente

. longueur totale : 1500 m
. grande base B = 2,90 m
. petite base b = 0,50 m
. côté l = 1,45 m

infiltration : 3,4 x 1500 x 0,1	=	510 m^3/24 h
évaporation : 2,9 x 1500 x 0,01	=	43 m^3/24 h
		553 m^3/24 h
		soit 7 % de Q

2.2. Canal secondaire

. longueur totale : 5000 m soit 500 m/5 ha
B = 1,80 m
b = 0,30 m
l = 0,90 m

<u>infiltration</u> : 2,1 x 5000 x 0,1 = 1050 m^3/24 h/50 ha
soit 1050 m^3/10 jours/5 ha

<u>évaporation</u> : 1,8 x 5000 x 0,01= 90 m^3/24 h/50 ha
soit 90 m^3/10 jours/5 ha

Pertes : 1140 m^3/24 h soit 14 % de Q
Les pertes dans les canaux principaux et secondaires s'élèvent à 1693 m^3/24 h soit une efficacité de distribution de 79 %.

On peut améliorer la situation en creusant des canaux tertiaires à raison de 3 canaux de 80 m de longueur par 2 ha. Cela permettrait un gain de 37 % en efficacité de distribution mais il se produirait également des pertes par infiltration et évaporation dans les canaux tertiaires.

2.3. <u>Canal tertiaire</u>

25 unités de 2 ha
longueur des canaux : 25 x 3 x 80 = 6000 m
B = 0,90 m
b = 0,30 m
l = 0,42 m

<u>infiltration</u> : 1,15 x 6000 x 0,1 = 690 m^3/24 h/50 ha
soit 690 m^3/10 jours/5 ha

<u>évaporation</u> : 0,9 x 6000 x 0,01 = 54 m^3/24 h/50 ha
soit 54 m^3/10 jours/5 ha

Les pertes totales dans les canaux primaires, secondaires et tertiaires sont de 2487 m^3/jour ; compte tenu de la capacité de la pompe qui est de 8000 m^3/jour, on a une efficience de 70 %.

DEUXIEME PARTIE

CALCUL DES COUTS ET BENEFICES DERIVABLES DE L'AGRICULTURE IRRIGUEE

Taux de change utilisés:

1 US $	=	245	FCFA
1 UM	=	5,8	FCFA
1 FM	=	0,5	FCFA

1. Généralités

1.1. Situation économique des trois pays

Les estimations pour 1975 de la population, des taux d'accroissement annuel moyen, de la part de l'emploi dans le secteur primaire et le PNB par habitant sont rassemblées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Généralités sur les économies des trois pays

Pays	Population (Millions)	Taux d'accroissement moyen (%)	Part de population employée dans le secteur primaire	PNB, par hab. 1972 (FCFA) (1)
Mali	5,845	2,6	90	19.600
Mauritanie	1,295	2,6	90	44.100
Sénégal	4,445	2,4	75	63.700

Les économies nationales et surtout les productions agricoles sont extrêmement vulnérables vis-à-vis des aléas climatiques. Elles sont également très fortement dépendantes de l'extérieur et particulièrement vulnérables vis-à-vis des fluctuations du marché des matières premières et vis-à-vis de la détérioration des termes d'échange. Les importations représentent environ 25 % du produit intérieur brut des pays. Dans chaque pays un petit nombre de produits représente la presque totalité des exportations. Ainsi l'arachide représente 60 % des exportations du Sénégal, le minerai de fer 65 % de celles de Mauritanie.

1.2. Situation de l'agriculture dans les trois pays

- Productions

  Les productions nationales en céréales ne sont pas suffisantes dans les trois pays pour satisfaire la demande nationale. Les principales productions dans les trois pays en année normale sont rassemblées ci-après.

---

(1) Atlas Banque Mondiale 1974

Pays	Mil/sorgho	Niébé	Riz	Maïs	Manioc	Arachide	Blé
	en 1.000 t						
Mali	674	-	146	72	-	136	-
Mauritanie	100	10	4	4	-	0,8	0,4
Sénégal	493	20	105	41	150	900	-

- Importations

En année normale, la production céréalière couvre environ 80 % des besoins au Mali, 60 % des besoins en Mauritanie et 75 % des besoins au Sénégal. Les importations s'élèvent à 156.000 t/an pour le Mali, à 90.000 t/an pour la Mauritanie et à 210.000 t/an pour le Sénégal.

- Projection de la demande

Les estimations de la FAO en ce qui concerne la demande en 1990 dans les trois pays sont données ci-dessous (milliers de tonnes):

Pays	Maïs/Mil/Sorgho	Riz	Blé	Sucre
Mali	1.405	232	41	54
Mauritanie	208	64	34	47
Sénégal	738	603	202	157

1.3. Situation de l'élevage

1.3.1. Les effectifs bovins, ovins et caprins dans la région du projet

La détermination du capital bétail n'est que très approximative du fait de l'absence de recensement administratif concernant le cheptel dans les trois pays. Les effectifs bovins, ovins et caprins seraient en 1975 pour les trois pays dans la vallée:

Effectifs du bétail	Bovins	Ovins	Caprins
Mali (1)	32.000	566.000	283.000
Mauritanie (2)	540.000	220.000	110.000
Sénégal (3)	383.000	396.000	198.000
Total	955.000	1.182.000	591.000
en UBT (4)	811.750	165.480	82.740

Ces chiffres sont avancés avec une approximation de 20 % pour les bovins et 30 % pour les ovins/caprins pour le Sénégal. Les chiffres pour le Mali et la Mauritanie sont beaucoup plus incertains.

(1) Source: DE Mauritanie DPA 1976

(2) Source: Rapp. Beyrard les chiffres sont actualisés

(3) Source: SAED (Estimations de l'inspection régionale de l'élevage)

(4) Unité de Bétail Tropical (UBT) (voir Memento de l'Agronome).

1.3.2. Races et caractéristiques dans l'élevage traditionnel

Les bovins:

Les bovins de la région sont essentiellement des zébus de race Gobra et en moins grand nombre les zébus maures et les taurins N'dama.

Les ovins:

Deux races d'ovins sont présentes: Le mouton maure et le mouton peul

Les caprins:

Chez les caprins, la race de la chèvre du Sahel ou chèvre maure est dominante.

Le tableau 2 indique les caractéristiques des bovins, ovins et caprins dans l'élevage traditionnel de la région.

1.3.3. Potentiel

Le bétail élevé sur le mode extensif traditionnel comme dans la région du projet est sous-alimenté pendant une période plus ou moins longue chaque année. En améliorant l'alimentation pendant 4 à 6 mois par an, on pourrait éviter l'amaigrissement dû à la saison sèche et accroître la production laitière de 50 %. Si les animaux reçoivent une alimentation suffisante leur permettant d'extérioriser toutes les qualités de leur potentiel

Tableau 2: Caractéristiques de l'élevage traditionnel

Caractéristiques de l'élevage traditionnel (1)	Bovins (2)	Ovins	Caprins
Poids moyen	220 kg	30 kg (3)	25 kg (3)
Taux moyen de fécondité	60 %	90 %	140 %
Précocité			
Première mise-bas	4-5 ans	15-18 mois	15-18 mois
Etat de boucherie	mâles 5-6 ans	mâles 2 ans	mâles 1 an
Taux moyen de mortalité	0-1 an : 35 % 1-2 ans: 5 % puis 3 %	0-1 an = 40-50 % puis 5 %	0-1 an = 40-50 % puis 5 %
Rendement numérique	10,5 %	30 %	40 %
Taux d'exploitation	8,5 %	24 %	34 %
Croît du troupeau	2 %	6 %	6 %
Rendement viande	38 % (2)	40 % (2)	40 % (2)
Equivalent UBT	0,85	0,14	0,14
Lactation moyenne	250 l	15 l	30 l

(1) Source: SAED / SCET-INTER
(2) type Gobra
(3) Information des vétérinaires locaux (Mouton maure)

génétique, on peut obtenir des bouvillons de 150 kg en 180 jours (1) avec le Gobra et des rendements laitiers dépassant 300 l par lactation moyenne.

Le tableau 3 indique les potentiels génétiques des bovins, ovins et caprins dans l'élevage moderne.

La commercialisation des animaux se fait généralement à un âge trop avancé. Les circuits commerciaux sont trop compliqués et les lieux de vente sont rarement équipés de resserres réfrigérées permettant le stockage de la viande invendue.

L'amélioration des circuits commerciaux est à envisager:

- Etablissement de marchés régionaux en nombre limité pour pouvoir les contrôler (Kayes, Bakel, Matam, Kaedi, Boghe, Podor)
- Etablissement d'abattoirs, d'usines de préparation de viandes en conserve, en semi-conserve (abattoir régional à St. Louis, abattoir frigorifique à Kaedi et autres possibilités à Kayes et Bakel).

---

(1) Mémento de l'agronome

Tableau 3: Caractéristiques de l'élevage moderne

Caractéristiques de l'élevage moderne	Bovins (1)	Ovins (2)	Caprins
Poids moyen	mâles 350-450 kg femelles 250-350 kg	Béliers 45 kg Brebis 30 kg Moutons 39 kg	35 kg
Taux moyen de fécondité	66 %	90 %	140 %
Précocité	première mise-bas 4 ans Etat de boucherie 5 ans	première mise-bas 15-18 mois Etat de boucherie mâles:2 ans	première mise-bas 15-18 mois Etat de boucherie mâles:2ans
Taux moyen de mortalité	0-1 an = 20 % 1-2 ans: 3 % puis 3 %	0-1 an = 20-40 % puis 3 %	0-1 an = 20-40 % puis 3 %
Rendement numérique	20 %	55 %	65 %
Taux d'exploitation	18 %	49 %	59 %
Croît du troupeau	2 %	6 %	6 %
Rendement viande	48 %	40 %	40 %
Equivalent UBT	1,4	0,15	0,14
Lactation moyenne	500 l	80 l	100-120 l

(1) Gobra

(2) Maure

2. Méthodologie: Hypothèse et calculs de base

2.1. Coûts et bénéfices attribuables à Manantali

Sans le barrage de Manantali, une seule culture annuelle est possible dans la vallée.Mais les investissements de base dans les périmètres seront en tout cas nécessaires pour augmenter et assurer la production. En conséquence, les investissements de base, tel que l'endiguement, ne sont pas attribuables à Manantali. Avec Manantali, une deuxième culture en contre-saison sera possible et seuls les coûts et bénéfices de la culture de contre-saison seront attribués à Manantali.

Toutefois, l'Annexe 7 donne une évaluation de la rentabilité des aménagements hydroagricoles en eux-mêmes.

2.2. Bases du calcul économique

Deux approches seront choisies:

- En première approche les coûts et bénéfices sur la base des prix des marchés nationaux des trois pays seront utilisés. La main-d'oeuvre (non spécialisée) sera valorisée aux coûts d'opportunité.

- Dans le but de rendre l'évolution de la valeur ajoutée additionnelle comparable pour l'ensemble de la vallée, une seconde approche sera basée sur les prix du marché mondial. La main-d'oeuvre (non spécialisée) sera également valorisée aux coûts d'opportunité.

  Cette seconde approche considère (1)
  - Les insuffisances du marché des trois pays
  - La répercussion du projet sur la balance des paiements
  - L'influence sur les secteurs économiques amont et aval
  - L'effet multiplicateur et accélérateur induit par le projet.

---

(1) Little/Mirrlees: OECD Manual; Ruthenberg, H. : Ein Rahmen zur Planung und Beurteilung landwirtschaftlicher Entwicklungsprojekte. (Un cadre pour la planification et le jugement de projets de développement agricole)

2.3. Répartition de l'hectare théorique

- Sur base des cultures (1):

La répartition des cultures sur l'hectare théorique est basée sur la composition des cultures de contre-saison: 75% de la surface totale sera cultivée en contre-saison sauf les fourrages et les légumes qui sont cultivés à 100% et la canne à sucre qui est cultivée à 80%. Pour l'analyse économique, comme légumes seules les tomates ont été prises en compte pour les raisons suivantes:

- Les trois pays sont des importateurs nets en concentré de tomate. Un but de la politique est d'assurer l'autosuffisance aussi pour ce produit.
- Aucune prévision sur l'introduction des agrumes ou autres fruits dans la vallée n'est possible avec un degré de certitude suffisant pour être prise en compte.

La superficie totale durant la période de contre-saison est répartie comme suit :

Culture	Pourcentage de la superficie cultivée	Superficie (ha)
Riz	16,3	0,122
Blé	23,0	0,173
Maïs	16,7	0,125
Sorgho	16,7	0,125
Niébé	5,8	0,044
Tomates	3,5	0,035
Canne à sucre	3,4	0,027
Fourrage	14,5	0,145

- Sur base du type d'aménagement:

Approximativement 2/3 de la superficie totale de la vallée sont attribués aux grands aménagements et 1/3 aux petits périmètres. La répartition de l'hectare théorique est en conséquence la même: 0,67 ha grands aménagements et 0,33 ha petits périmètres.

- Sur base du degré de mécanisation:

Les grands aménagements sont installés dans les terres lourdes et ont en conséquence besoin de la mécanisation. Les petits périmètres sur les fondés sont adaptés à la culture attelée. La

(1) voir première partie, ch. 3

répartition de la superficie de l'hectare théorique du point vue mécanisation est en conséquence 0,67 ha en culture mécanisée et 0,33 ha en culture attelée.

2.4. Rendements moyens des cultures[1)]

Les cultures concernées ont les rendements moyens à l'hectare suivants:

Culture	Rendement (t/ha)	Paille	Sous-produits (t/ha) Sons	Fourrage vert	Bagasse
Riz	3,5	4,0	0,4	-	-
Blé	3,5	4,0	0,6	-	-
Maïs	3,0	4,0	-	-	-
Sorgho	3,0	4,3	0,6	-	-
Niébé	0,875	-	-	30,0	-
Tomate	15,0	-	-	-	-
Canne à sucre	100,0	-	-	-	50
Fourrage	-	-	-	150,0	-

La disponibilité fourragère correspondante se présente comme suit:

Sous-Produit	Culture	Valeur fourragère[2)] UF / t	Valeur fourragère UF / ha théorique
Paille:	Riz	350	171
	Blé	350	242
	Maïs	350	175
	Sorgho	300	161
Sons:	Riz	800	39
	Blé	800	83
	Sorgho	900	64
Fourrage vert:	Niébé	700	92
	Penisetum purpureum[3)]	50	1088
Bagasse:	Canne à sucre[3)]	125	118
Total			2233

1) voir Première Partie, concepts agronomiques.
2) Source: Mémento de l'agronome.
3) seulement la moitié du rendement annuel est considérée

Tableau 4: Valeur de la production agricole et de l'élevage (prix 1976) de l'hectare théorique

Agriculture	Superficie ha	Production t	Mali			Mauritanie			Sénégal		MM[3]	
			Prix FM/kg	Valeur FM	Valeur FCFA	Prix UM/kg	Valeur UM	Valeur FCFA	Prix FCFA/kg	Valeur FCFA	Prix FCFA/kg	Valeur FCFA
Culture												
Riz	0,122	0,427	31,2	13.322	6.661	10,0	4.270	24.766	41,5	17.721	69,66	32.880
Blé	0,173	0,606	55,0	33.330	16.665	10,0	6.060	35.148	40,0	24.240	71,85	43.541
Maïs	0,125	0,375	32,0	12.000	6.000	6,0	2.250	13.050	37,0	13.875	65,80	24.675
Sorgho	0,125	0,375	32,0	12.000	6.000	6,0	2.250	13.050	35,0	13.125	62,82	23.558
Niébé	0,044	0,039	75,0	2.925	1.463	12,0	486	2.819	28,0	1.092	45,00	1.755
Tomate	0,039	0,525	30,0	15.750	7.875	4,0	2.100	12.180	40,0	21.000	134,33[1]	19.747
Canne à sucre	0,027	2,700	6,0	16.200	8.000	0,5	1.350	7.830	3,0	8.100	90[2]	19.440
Fourrage	0,145	(2,233 UF)										
Total Agriculture	-	-	-	105.527	52.764	-	18.766	108.893	-	99.153	-	165.596
Elevage												
Bovins	Lait (l)	62	161	9.982		50	3.100		40	2.480	60	3.720
	Viande (kg)	26	498	12.948		50	1.300		420	10.920	344	8.944
Ovins	Lait (l)	62	161	9.982		50	3.100		40	2.480	60	3.720
	Viande (kg)	13	498	6.474		50	650		420	5.460	344	4.472
Caprins	Lait (l)	51	161	8.211		50	2.550		40	2.040	60	3.060
	Viande (kg)	7	498	3.486		50	350		420	2.940	344	2.408
Total Elevage	-	-	-	51.083	25.542	-	17.050	64.090	-	26.320	-	26.324
En % de l'agriculture	-	-	-	-	48%	-	-	59%	-	27%	-	16%

(1) Concentré 28%
(2) Teneur en sucre 10%
(3) MM = Marché mondial - voir Annexe 1.

2.7. Coûts de production variables en contre-saison

Les coûts de production sur l'hectare théorique sont déterminés par les besoins en semences, engrais, produits phytosanitaires et en travail. Les besoins pour les cultures de l'hectare théorique sont rassemblés dans le tableau 5 et les coûts (1) correspondants dans les tableaux 6 et 6a.

Les coûts pour l'élevage sont en partie (production de fourrage) déjà inclus dans les coûts de production de l'agriculture. Les frais d'élevage sont estimés à 400 FCFA par UBT, soit en total arrondi à 700 FCFA par hectare théorique.

Le coût d'opportunité de la journée de main-d'oeuvre est estimé par la SAED à la valeur de 7,14 kg sorgho (rendement moyen de la journée de travail dans l'agriculture traditionelle) soit aux

prix nationaux:	Mali	228 FM	= 114,00 FCFA
	Mauritanie	42,84 UM	= 248,50 FCFA
	Sénégal		250,00 FCFA
et au prix mondial			464,00 FCFA

Tableau 6a: Coûts totaux de production

pays		FCFA
Mali	66.997 FM	33.499
Mauritanie	12.018 UM	69.704
Sénégal (2)	26.848 FCFA	26.848
marché mondial	-	62.527

(1) Prix 1976 voir Annexe 2

(2) Les engrais sont fortement subventionnés au Sénégal Pour avoir le coût réel, il faut ajouter 19.403 FCFA soit 44.315 FCFA comme coût total de la production.

10 CV pour l'ha des petits périmètres sont rassemblés au tableau 8. La durée moyenne de vie est estimée à 6 ans. Les investissements pour le renouvellement est par conséquent à faire à ce rythme.

Tableau 8 : Investissements en petits périmètres (prix mondiaux 1976)

Animaux et machines	Quantité [1]	Prix unitaire FCFA	Coût à Manantali FCFA
Paire de boeufs	1/3	100.000	16.667
Multiculteur	1/3	35.700	5.950
Semoir	1/3	24.767	4.128
Charrette	1/6	34.172	2.848
Pompe 10 CV	0,0769	2.200.000	169.180
Total			198.773

Pour le Mali une augmentation des coûts de 10% est estimée, soit 218.650

Pour la Mauritanie une augmentation des coûts de 25% est estimée, soit 248.466

2.9.2. Charges d'entretien [1]

Les charges d'entretien sont données au tableau 9

Tableau 9 : Charges d'entretien (FCFA)

Frais vétérinaires :	seulement en saison des pluies	
Harnachement:		25
Alimentation :	15 j/ha x 2 x 40,83 FCFA	1.226
Total		1.251

1) Source: SCET INTER

2.9.3. Entretien des périmètres

L'entretien est fait entièrement à la main par les paysans. Les besoins en main-d'oeuvre sont estimés à 10 jours/travailleurs par ha. 50 % sont attribués à Manantali soit aux coûts d'opportunité basés sur les:

prix mondiaux	2.445 FCFA/ha
prix maliens	570 FCFA/ha
prix mauritaniens	1.292 FCFA/ha
prix sénégalais	1.250 FCFA/ha

2.10 Coûts de pompage prix 1976

Les coûts de pompage comprennent les coûts de fonctionnement et de personnel. Ils sont calculés à 0.95 FCFA/m^3 1) soit pour 14.629 m^3 au total pour la contre-saison et pour 2/3 grands aménagements et 1/3 petits périmètres 13.898 FCFA/ha.

2.11 Coûts d'encadrement 2)

Les coûts d'encadrement sont fonction du rythme d'aménagement. Ces coûts sont estimés approximativement, étant proportionnels à la superficie. 50 % du coût total sont attribuables à Manantali.

2.12 Coût estimatif de la formation 2)

Pour le coût de la formation les mêmes suppositions que pour les coûts d'encadrement sont faites.

2.13 Sommaire des coûts et bénéfices

Le sommaire des coûts et bénéfices est donné au tableau 10.

---

1) 0,875 FCFA/m^3 + 8 % pour réparations - voir première partie, ch 5.5

2) Source: OMVS

Tableau 10 : Sommaire des coûts et bénéfices de l'ha théorique (FCFA/ha.an)

Intitulé	Mali	Mauritanie	Sénégal	Prix Mondiaux	Remarques
1. Bénéfices					
1.1. Production agricole	52.764	108.843	99.153	160.471	voir tabl. 4
1.2. Elevage	25.542	64.090	26.320	26.324	"
Total Bénéfice	78.306	172.933	125.473	186.795	
2. Coûts variables	33.499	69.704	44.315	62.527	voir tabl. 6
3. Pompage	15.288	17.373	13.898	13.898	Paragr. 2.10
4. Autres charges					
4.1. Grands périmètres (G.P.)					
Fonctionnement	4.389	4.997	3.998	3.998	Paragr. 2.8.2.
Service	3.518	3.997	3.198	3.198	Paragr. 2.8.3.
Entretien	7.895	8.971	7.177	7.177	Paragr. 2.8.4.
Total G.P.	15.802	17.965	14.373	14.373	
4.2. Petits périmètres (P.P.)					
Elevage	459	521	417	417	Paragr. 2.9.2.
Entretien	190	414	417	815	Paragr. 2.9.3.
Total P.P.	649	935	834	1.232	
4.3. Encadrement	5.720	6.500	5.200	5.200	Paragr. 2.11.
4.4. Formation	(139 millions CFA/an de 1977 à 1981 p.m.)				
Total autres charges	22.171	25.400	20.407	20.805	
Total COUTS (2) à (4)	70.958	112.477	78.620	97.230	
5. Investissements					
5.1. Grands Périmètres	275.872	313.263	250.061	250.061	Paragr. 2.8.1.
5.2. Petits Périmètres	72.883	82.822	66.258	66.258	Paragr. 2.9.1.
	348.755	396.085	316.319	316.319	

3. Rythmes d'aménagement des surfaces irriguées par pompage

3.1 Chiffres de base - superficies aménagées en 1976/77

Les chiffres des superficies aménagées en 1976-1977 (en aménagement tertiaire) ont servi de base à l'estimation de trois rythmes d'aménagement. Ce chiffre sert aussi de base au calcul économique. Les superficies aménagées en 1976/77 sont par pays et au total avec une augmentation pour des aménagements plus rapides que prévus:

Mali	115 ha
Mauritanie:	2.168 ha (y compris Gorgol)
Sénégal:	4.600 ha
Total:	6.883 ha

3.2 Rythme faible

Le rythme faible a été choisi pour prendre en considération les restrictions financières et sociales dans les trois pays.

Il est estimé dans la vallée du fleuve Sénégal pour des aménagements tertiaires avec irrigation gravitaire à 50 ha/an pour le Mali, 500 ha/an pour la Mauritanie et 1.000 ha/an pour le Sénégal.

Après la construction du barrage de Manantali, une augmentation de 10 % du rythme est supposée tous les dix ans [1].

3.3 Rythme moyen

Le rythme moyen a été choisi inférieur aux plans nationaux à moyen terme, exception faite pour le Mali. Ce rythme est de 800 ha/an pour le Mali, de 1.000 ha/an pour la Mauritanie et de 3.000 ha/an pour le Sénégal.

Après la construction du barrage de Manantali une augmentation de 10 % du rythme est supposée tous les dix ans [1].

---

1) Voir Annexe 3.

3.4 Rythme rapide

Le rythme rapide est aussi inférieur aux chiffres des plans nationaux optimistes. Il est estimé à 1.000 ha/an pour le Mali, 2.000 ha/an pour la Mauritanie et 4.000 ha/an pour le Sénégal avec la même augmentation de 10 % tous les dix ans après la construction du barrage de Manantali. [1)]

4. Résultats des calculs économiques et interprétations

4.1 Résultats des calculs économiques

Comme mesure de rentabilité du projet, le taux interne de rentabilité a été choisi. Pour l'analyse de sensibilité, les hypothèses suivantes pour la variation de certains facteurs ont été testées:

a) Rentabilité de l'agriculture seule
b) Rentabilité de l'agriculture avec élevage
c) Rentabilité de b) avec une augmentation des coûts d'investissement de 50 %.
d) Rentabilité de c) avec une augmentation des charges variables de 20 %.
e) Rentabilité de d) avec une augmentation des rendements de 5 %.

Les résultats pour les trois rythmes sont rassemblés sur la base des prix nationaux dans le tableau 11 et sur la base des prix mondiaux dans le tableau 12. Pour le rythme rapide, le calcul ne tient pas compte de la limitation des superficies à environ 250.000 ha à cause de la disponibilité en eau. Dans le calcul sur la base des prix nationaux, cette limitation n'a aucune influence sur le résultat qui est inférieur à 0 %. Pour le calcul sur base des prix mondiaux avec un résultat assez élevé, un deuxième calcul avec limitation a été effectué..

---

1) Voir Annexe 3.

Tableau 11 :

Taux interne de rentabilité pour les trois rythmes pour différentes hypothèses sur la base des prix nationaux

Facteurs		Hypothèses (Variations des fact. en %) a	b[1]	c[1]	d[1]	e[1]
Production agricole:	Mali	± 0	± 0	± 0	± 0	+ 5
	Mauritanie	± 0	± 0	± 0	± 0	+ 5
	Sénégal	± 0	± 0	± 0	± 0	+ 5
Formation:	Ensemble	± 0	± 0	± 0	± 0	± 0
Investissements:	Mali	± 0	± 0	+ 50	+ 50	+ 50
	Mauritanie	± 0	± 0	+ 50	+ 50	+ 50
	Sénégal	± 0	± 0	+ 50	+ 50	+ 50
Charges variables:	Mali	± 0	+ 2	+ 2	+ 22	+ 22
	Mauritanie	± 0	+ 2	+ 2	+ 22	+ 22
	Sénégal	± 0	+ 2	+ 2	+ 22	+ 22
Rythme faible taux interne (%)		0	5	< 0	< 0	< 0
Rythme moyen taux interne (%)		0	< 0	< 0	< 0	< 0
Rythme rapide taux interne (%)		< 0	< 0	< 0	< 0	< 0

1) Augmentation des charges variables dues aux frais d'élevage.

Tableau 12 :

Taux interne de rentabilité pour les trois rythmes pour différentes hypothèses sur la base des prix mondiaux

Facteurs	Hypothèse (Variations des fact.en %) a	b	c	d	e
Production agricole	± 0	± 0	± 0	± 0	+ 5
Formation	± 0	± 0	± 0	± 0	± 0
Investissements	± 0	± 0	+ 50	+ 50	+ 50
Charges variables	± 0	+ 2	+ 2	+ 22	+ 22
Rythme faible taux interne (%)	17	29	13	7	11
Rythme moyen taux interne (%)	17	29	14	8	12
Rythme rapide taux interne (%)	16	28	13	6	11
Rythme rapide [1] taux interne (%)	17	28	14	7	11

1) avec limitation à 250.000 ha.

4.2. Interprétations

L'interprétation est faite sur deux bases, d'une part sur la base des prix nationaux et mondiaux, d'autre part sur les rythmes d'aménagement.

Sur la base des prix

La rentabilité du projet sur la base des prix nationaux n'est dans aucun cas suffisante. Cette rentabilité trop basse est l'effet des insuffisances des marchés nationaux : d'une part des prix très élevés pour presque tous les coûts, d'autre part des prix producteurs très faibles. Sur la base de ces relations des prix, seul le Sénégal pourrait bénéficier d'une valeur ajoutée positive par hectare de 20.000 FCFA. Pour le Mali et la Mauritanie, une perte nette de l'ordre de 18.000 FCFA/ha et de 3.700 FCFA/ha respectivement est à observer. Etant donné les coûts d'investissement élevés pour les grands aménagements, l'ensemble donne un résultat négatif.

La rentabilité du projet sur la base des prix mondiaux, avec des taux internes de l'ordre de 17 % pour l'agriculture seule et de l'ordre de 29% pour l'ensemble de l'agriculture, est très satisfaisante.

Sur la base des rythmes

Les différences entre les rentabilités internes pour les trois rythmes ne sont pas significatives. Le rythme moyen montre une sensibilité légèrement inférieure pour les variations des coûts et bénéfices.

Conclusions

Le projet n'est pas rentable sur la base des prix nationaux parce que la politique des prix agricoles et les systèmes de taxation des coûts ne sont pas orientés pour permettre un tel développement. En d'autres mots, aucun entrepreneur national, soumis aux systèmes des prix nationaux, n'aurait intérêt à exécuter l'investissement considéré.
Aux prix mondiaux cependant, c'est-à-dire dans le système des prix que subissent les Etats membres de l'OMVS, le développement agricole considéré a une haute rentabilité.
Le tableau 12 montre le sommaire des résultats du projet sur les critères économiques et un critère social : la disponibilité du travail dans l'agriculture.

Les problèmes des restrictions budgétaires, d'encadrement et de participation paysanne n'ont pas été étudiés dans cette analyse à cause du manque de données sur les problèmes sociologiques dans la vallée. Ces problèmes ont certainement une influence essentielle sur le rythme d'aménagement et devraient faire l'objet d'études ultérieures.

Tableau 13:

Récapitulation des résultats d'analyse économique

Critères		Rythme faible	Rythme moyen	Rythme rapide	sensibilité
1. Microéconomiques					
- Revenu /jour:	Mali	140	140	140	)
(FCFA) 5)	Mauritanie	496	496	496	) faible
	Sénégal	473	473	473	)
- Augmentation en %: 1)2)	Mali	23	23	23	
	Mauritanie	100	100	100	
	Sénégal	89	89	89	
2. Macroéconomiques					
- taux interne prix nationaux (%)		5	0	0	
- taux interne prix mondiaux (%)		29	29	28	faible 6)
Production céréales:	Mali	2,2	27,1	33,8	
1985/86 3) (1000 t)	Mauritanie	25,7	42,3	75,6	
	Sénégal	52,4	119,0	152,3	
Production céréales:	Mali	5,7	34,1	34,1	
2000/2001 4) (1000 t)	Mauritanie	60,7	112,4	215,9	
	Sénégal	122,5	329,1	432,5	
3. Sociaux					
- Emplois 5) dans les:	Mali	1.050	13.030	16.230	
aménagements	Mauritanie	12.336	20.336	36.336	
1985/86	Sénégal	38.586	57.200	73.200	
- Emplois 5) dans les:	Mali	2.744	16.390	16.390	
aménagements	Mauritanie	29.176	54.016	103.696	
2000/2001	Sénégal	58.880	158.240	207.920	

1) En comparaison avec l'agriculture traditionnelle

2) Sans subvention des inputs; toutes les charges variables sont payées par les paysans

3) Avant Manantali

4) Avec Manantali

5) 1/2 hectare par actif est supposé

6) Voir 4.1

Prix économiques 1976

(Marché Mondial)

1) Prix économique produits agricoles (FCFA/t)	riz	blé	maïs	sorgho	niébé	Tomates concentré 28%	Canne à sucre (sucre 10%)
Prix FOB	55.566[1]	31.850[4]	25.799[5]	22.822[5]	69.066[6]		
Fret et assurance	15.925	15.925	15.925	15.925			
CAF	71.491	47.775	41.724	38.747		110.250[4]	
Déchargement	10.498	10.498	10.498	10.498	10.498	10.498	
Transport	13.577	13.577	13.577	13.577	13.577	13.577	
Usinage	6.873	-	-	-	-		
Prix économique	95.566[2]	71.850	65.799	62.822	45.000	134.325	90.000[8]
- équivalent -	64.985[3]	-	-	-	-	-	-

2) Prix économique produits d'élevage (FCFA/t)	viande	lait
Prix FOB	303.913[4]	
Fret et assurance	15.925	
CAF	319.438	
Déchargement	10.498	
Transport	13.577	
Prix économique	343.513	60.000[7]

1) 35% brisures en dollar constant 1976, Source: BIRD

2) Total riz

3) Equivalent Paddy

4) Source: FAO, Commodities

5) Source: BIRD Commodity Price 1976

6) Prix FOB à cause de possibilité d'export

7) Estimation très approximative

8) Source: SAED

ANNEXE 1

Prix nationaux 1976

1. Carburants et transport [1] - FCFA

Produit	Mali	Mauritanie	Sénégal
Diesel (l)	-	-	50
Essence (l)	73	104	78
Gas-oil (l)	-	99	69
Lubrifiant (l)	-	-	300
Graisse (kg)	-	-	350
Tonne kilométrique (route)	35	58	23

2. Prix semences [2]

Produit	Maurit. UM	Mali FM	Sénég. FCFA	Maurit. FCFA	Mali FCFA
Riz	12	117	80	70	59
Sorgho	8	81,7	50	46	41
Maïs	8	96,7	100	46	48
Blé	10	93,1	65	58	48
Tomates	2.200	15.000	6.280	12.760	7.500
Niébé	15	40	28	87	20

3. Prix engrais [3]

Produit	Maurit. UM	Mali FM	Sénég. CFA	Maurit. CFA	Mali CFA
Urée	200	250	70	116	125
KCL	35	60	20	203	-
18 - 46 - 0	-	-	35	-	-
16 - 40 - 0	-	-	20	-	-
16 - 48 - 0	-	-	20	-	-
N:45 - 46	44	250	35	255	125
P:Supertriple 45/50	41	243	20	238	122

1) Sources: Mali: Bulletin Mensuel de Statistique
Mauritanie: BIRD
Sénégal: Annuaire statistique

2) Sources: Mali: SCET-INTER
Mauritanie: BIRD
Sénégal: SAED

3) Sources: Mali: SCAER
Mauritanie: BIRD
Sénégal: SAED

Développement des superficies

1. Rythme faible

An 1)	Mali	Mauritanie	Sénégal	Total
1	115	2.168	4.600	6.883
2	165	2.668	5.600	8.433
3	215	3.168	6.600	9.983
4	265	3.668	7.600	11.533
5	315	4.168	8.600	13.083
6	365	4.668	9.600	14.633
7	415	5.168	10.600	16.183
8	470	5.668	11.600	17.738
9	525	6.168	12.600	19.293
10	580	6.668	13.600	20.848
11	635	7.218	14.700	22.553
12	690	7.768	15.800	24.258
13	745	8.318	16.900	25.963
14	800	8.868	18.000	27.668
15	855	9.418	19.100	29.373
16	910	9.968	20.200	31.078
17	965	10.518	21.300	32.783
18	1.020	11.068	22.400	34.488
19	1.075	11.618	23.500	36.193
20	1.130	12.168	24.600	37.898
21	1.191	12.773	25.810	39.774
22	1.251	13.378	27.020	41.649
23	1.312	13.983	28.230	43.525
24	1.372	14.588	29.440	45.400
25	1.433	15.193	30.650	47.276
26	1.493	15.798	31.860	49.151
27	1.554	16.408	33.070	51.032
28	1.614	17.008	34.280	52.902
29	1.676	17.613	35.490	54.779
30	1.735	18.218	36.700	56.653
31	1.802	18.884	38.031	58.717
32	1.868	19.549	39.362	60.779
33	1.935	20.215	40.693	62.843
34	2.001	20.880	42.024	64.905
35	2.068	21.546	43.355	66.969
36	2.134	22.211	44.686	69.031
37	2.201	22.877	46.017	71.095
38	2.267	23.542	47.348	73.157
39	2.334	24.208	48.679	75.221
40	2.401	24.873	50.010	77.284
41	2.474	25.605	51.474	79.553
42	2.547	26.337	52.938	81.822
43	2.621	27.069	54.402	84.092
44	2.694	27.801	55.866	86.361
45	2.767	28.533	57.331	88.631
46	2.840	29.265	58.795	90.900
47	2.913	29.997	60.259	93.169
48	2.987	30.729	61.723	95.439
49	3.060	31.461	63.187	97.708
50	3.133	32.194	64.651	99.978

1) Première année en 76/77 - Mise en service de Manantali en l'an 10

Développement des superficies

3. Rythme rapide

An 1)	Mali	Mauritanie	Sénégal	Total
1	115	2.168	4.600	6.883
2	1.115	4.168	8.600	13.883
3	2.115	6.168	12.600	20.883
4	3.115	8.168	16.600	27.883
5	4.115	10.168	20.600	34.883
6	5.115	12.168	24.600	41.883
7	6.115	14.168	28.600	48.883
8	7.115	16.168	32.600	53.883
9	8.115	18.168	36.600	62.883
10	8.115	20.168	40.600	68.883
11	8.115	22.368	45.000	75.483
12	8.115	24.568	49.400	82.083
13	8.115	26.768	53.800	88.683
14	8.115	28.968	58.200	95.283
15	8.115	31.168	62.600	101.883
16	8.115	33.368	67.000	108.483
17	8.115	35.568	71.400	115.083
18	8.115	37.768	75.800	121.683
19	8.115	39.968	80.200	128.283
20	8.115	42.168	84.600	134.883
21	8.115	44.588	89.440	142.143
22	8.115	47.008	94.280	149.403
23	8.115	49.428	99.120	156.663
24	8.115	51.848	103.960	163.923
25	8.115	54.268	108.800	171.183
26	8.115	56.688	113.640	178.443
27	8.115	59.108	118.480	185.703
28	8.115	61.528	123.320	192.963
29	8.115	63.948	128.160	200.223
30	8.115	66.368	133.000	207.483
31	8.115	69.030	138.324	215.469
32	8.115	71.692	143.648	223.455
33	8.115	74.354	148.972	231.441
34	8.115	77.016	154.296	239.427
35	8.115	79.678	159.260	247.053
36	8.115	82.340	164.944	255.399
37	8.115	85.002	170.268	263.385
38	8.115	87.664	175.592	271.371
39	8.115	90.326	180.916	279.357
40	8.115	92.988	186.240	287.343
41	8.115	95.916	192.100	296.131
42	8.115	98.844	197.960	304.919
43	8.115	101.772	203.820	313.707
44	8.115	104.700	209.680	322.495
45	8.115	107.628	215.540	331.283
46	8.115	110.556	221.400	340.131
47	8.115	113.484	227.260	348.859
48	8.115	116.412	233.120	357.647
49	8.115	119.340	238.980	366.435
50	8.115	122.268	244.840	375.223

1) Première année en 1976/1977 - Mise en service de Manantali en l'an 10

Cash-flow pour les trois rythmes en millions de FCFA

Facteurs coûts et bénéfices pour tous les postes

Base prix nationaux - rythme faible

Année 1)	Formation	Investissements 2)			Charges variables 2)			Production 2)		
		Mali	Maurit.	Sénégal	Mali	Maurit.	Sénégal	Mali	Maurit.	Sénégal
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	202	2.641	4.302	41	751	1.074	31	726	1.348
11	0	19	219	348	45	813	1.161	34	186	1.486
12	0	19	219	348	50	875	1.248	36	845	1.567
13	0	19	219	348	53	937	1.335	39	905	1.676
14	0	19	219	348	57	999	1.422	42	965	1.785
15	0	19	219	348	61	1.060	1.509	45	1.025	1.894
16	0	221	2.859	4.650	65	1.122	1.596	48	1.085	2.003
17	0	19	219	348	69	1.184	1.683	51	1.145	2.112
18	0	19	219	348	72	1.246	1.770	54	1.205	2.221
19	0	19	219	348	76	1.308	1.857	57	1.265	2.330
20	0	19	219	348	80	1.370	1.943	60	1.324	2.439
21	0	21	240	383	85	1.438	2.039	63	1.390	2.559
22	0	242	3.099	5.033	89	1.506	2.135	66	1.456	2.679
23	0	21	240	383	93	1.574	2.230	69	1.522	2.799
24	0	21	240	383	97	1.643	2.326	72	1.588	2.919
25	0	21	240	383	102	1.711	2.421	76	1.654	3.039
26	0	21	240	383	106	1.779	2.517	79	1.720	3.159
27	0	21	240	383	110	1.848	2.613	82	1.786	3.280
28	0	263	3.369	5.416	115	1.915	2.708	85	1.851	3.399
29	0	21	240	383	119	1.983	2.804	88	1.917	3.519
30	0	21	240	383	123	2.051	2.899	92	1.983	3.639
31	0	23	264	421	128	2.126	3.004	95	2.055	3.771
32	0	23	264	421	133	2.201	3.110	99	2.128	3.903
33	0	23	264	421	137	2.276	3.215	102	2.200	4.035
34	0	286	3.633	5.837	142	2.352	3.320	106	2.273	4.167
35	0	23	264	421	147	2.426	3.425	109	2.345	4.299
36	0	23	264	421	152	2.501	3.530	113	2.418	4.431
37	0	23	264	421	156	2.576	3.635	116	2.490	4.563
38	0	23	264	421	161	2.651	3.740	120	2.562	4.695
39	0	23	264	421	166	2.726	3.846	123	2.635	4.827
40	0	309	3.897	6.258	170	2.801	3.951	127	2.707	4.959
41	0	25	290	463	176	2.883	4.066	131	2.787	5.104
42	0	25	290	463	181	2.966	4.182	134	2.867	5.249
43	0	25	290	463	186	3.048	4.278	138	2.946	5.394
44	0	25	290	463	191	3.130	4.413	142	3.026	5.539
45	0	25	290	463	196	3.213	4.529	146	3.106	5.685
46	0	344	4.187	6.721	201	3.295	4.645	150	3.158	5.830
47	0	25	290	463	207	3.378	4.760	154	3.265	5.975
48	0	25	290	463	212	3.460	4.876	158	3.345	6.120
49	0	25	290	463	217	3.543	4.992	161	3.425	6.265
50	0	25	290	463	222	3.625	5.107	165	3.504	6.410

1) Année 1 = 1976/77
2) En millions de FCFA

Cash-flow pour les trois rythmes en millions de FCFA

Facteurs coûts et bénéfices pour tous les postes

Base prix nationaux - rythme moyen

Année 1)	Formation	Investissements 2)			Charges variables 2)			Production 2)		
		Mali	Maurit.	Sénégal	Mali	Maurit.	Sénégal	Mali	Maurit.	Sénégal
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	790	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	790	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	790	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	790	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	25.500	44.240	99.950	5.190	12.580	24.960	3.860	12.160	31.330
11	0	3.070	4.360	10.440	5.820	13.810	27.570	4.320	13.350	34.600
12	0	0	4.360	10.440	5.820	15.050	30.190	4.320	14.550	37.880
13	0	0	4.360	10.440	5.820	16.290	32.790	4.320	15.750	41.150
14	0	0	4.360	10.440	5.820	17.530	35.390	4.320	16.940	44.420
15	0	0	4.360	10.440	5.820	18.770	38.000	4.320	18.140	47.690
16	0	25.500	48.600	110.390	5.820	20.010	406.100	4.320	19.340	50.960
17	0	3.070	4.360	10.440	5.820	21.290	43.210	4.320	20.540	54.240
18	0	0	4.360	10.440	5.820	22.480	45.820	4.320	21.730	57.510
19	0	0	4.360	10.440	5.820	23.720	48.430	4.320	22.930	60.780
20	0	0	4.360	10.440	5.820	24.960	51.030	4.320	24.130	64.050
21	0	0	4.790	11.480	5.820	26.320	53.900	4.320	25.450	67.650
22	0	25.500	53.390	121.870	5.820	27.690	56.770	4.320	26.760	71.250
23	0	3.070	4.790	11.480	5.820	29.050	59.640	4.320	28.080	74.850
24	0	0	4.790	11.480	5.820	30.410	62.500	4.320	29.400	78.450
25	0	0	4.790	11.480	5.820	31.770	653.700	4.320	3o.710	82.050
26	0	0	4.790	11.480	5.820	33.140	68.240	4.320	32.030	85.650
27	0	0	4.790	11.480	5.820	34.500	71.110	4.320	33.350	89.250
28	0	25.500	58.180	133.350	5.820	35.860	73.780	4.320	34.660	92.850
29	0	3.070	4.790	11.480	5.820	37.220	76.840	4.320	35.980	96.450
30	0	0	4.790	11.480	5.820	38.590	79.710	4.320	37.300	100.050
31	0	0	5.270	12.630	5.820	40.080	82.870	4.320	38.750	104.000
32	0	0	5.270	12.630	5.820	41.580	86.020	4.320	40.200	107.960
33	0	0	5.270	12.630	5.820	49.430	89.170	4.320	41.640	111.920
34	0	25.500	63.450	145.980	5.820	44.580	92.330	4.320	43.090	115.880
35	0	3.070	5.270	12.630	5.820	46.080	95.480	4.320	44.540	119.840
36	0	0	5.270	12.630	5.820	47.580	98.640	4.320	45.990	123.800
37	0	0	5.270	12.630	5.820	49.080	101.790	4.320	47.440	127.760
38	0	0	5.270	12.630	5.820	50.580	104.950	4.320	48.890	131.720
39	0	0	5.270	12.630	5.820	52.070	108.100	4.320	50.340	135.680
40	0	25.500	68.720	158.610	5.820	53.570	111.260	4.320	51.790	139.640
41	0	3.070	5.800	13.890	5.820	55.220	114.730	4.320	53.380	143.990
42	0	0	5.800	13.890	5.820	56.870	118.200	4.320	54.970	148.350
43	0	0	5.800	13.890	5.820	58.520	121.660	4.320	56.570	152.700
44	0	0	5.800	13.890	5.820	60.170	125.130	4.320	58.160	157.060
45	0	0	5.800	13.890	5.820	61.820	128.600	4.320	59.750	161.410
46	0	25.500	74.520	172.500	5.820	63.460	132.070	4.320	61.350	165.770
47	0	3.070	5.800	13.890	5.820	65.110	135.500	4.320	62.940	170.060
48	0	0	5.800	13.890	5.820	66.760	139.010	4.320	64.530	174.480
49	0	0	5.800	13.890	5.820	68.410	142.480	4.320	66.130	178.830
50	0	0	5.800	13.890	5.820	70.060	145.950	4.320	67.720	183.190

1) Année 1 = 1976/77
2) En millions de FCFA

Cash-flow pour les trois rythmes en millions de FCFA

Facteurs coûts et bénéfices pour tous les postes

Base prix nationaux - rythme rapide

Année 1)	Forma-tion	Investissements 2)			Charges variables 2)			Production 2)		
		Mali	Maurit.	Sénégal	Mali	Maurit.	Sénég.	Mali	Maurit.	Sénégal
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	139	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	139	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	139	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	139	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	2.829	7.989	12.842	576	2.271	3.946	428	2.195	4.026
11	0	0	871	1.392	576	2.519	4.374	428	2.435	4.462
12	0	0	871	1.392	576	2.766	4.802	428	2.674	4.898
13	0	0	871	1.392	576	3.014	5.229	428	2.914	5.334
14	0	0	871	1.392	576	3.262	5.657	428	3.153	5.771
15	0	0	871	1.392	576	3.633	6.085	428	3.392	6.207
16	0	2.829	8.860	14.234	576	3.757	6.512	428	3.632	6.643
17	0	0	871	1.392	576	4.005	6.940	428	3.871	7.080
18	0	0	871	1.392	576	4.253	7.368	428	4.111	7.516
19	0	0	871	1.392	576	4.500	7.795	428	4.350	7.952
20	0	0	871	1.392	576	4.748	8.223	428	4.590	8.388
21	0	0	959	1.531	576	5.021	8.694	428	4.853	8.868
22	0	2.829	9.819	15.765	576	5.293	9.164	428	5.116	9.348
23	0	0	959	1.531	576	5.566	9.634	428	5.380	9.828
24	0	0	959	1.531	576	5.838	10.105	428	5.643	10.308
25	0	0	959	1.531	576	6.111	10.575	428	5.907	10.788
26	0	0	959	1.531	576	6.383	11.046	428	6.170	11.268
27	0	0	959	1.531	576	6.656	11.516	428	6.433	11.748
28	0	2.829	10.778	17.296	576	6.928	11.987	428	6.697	12.228
29	0	0	959	1.531	576	7.201	12.457	428	6.960	12.707
30	0	0	959	1.531	576	7.473	12.928	428	7.224	13.187
31	0	0	1.054	1.684	576	7.773	13.445	428	7.513	13.715
32	0	0	1.054	1.684	576	8.073	13.963	428	7.803	14.243
33	0	0	1.054	1.684	576	8.372	14.480	428	8.093	14.771
34	0	2.829	11.832	18.980	576	8.672	14.998	428	8.383	15.299
35	0	0	1.054	1.684	576	8.972	15.480	428	8.672	15.791
36	0	0	1.054	1.684	576	9.271	16.033	428	8.962	16.355
37	0	0	1.054	1.684	576	9.571	16.550	428	9.252	16.883
38	0	0	1.054	1.684	576	9.871	17.068	428	9.542	17.410
39	0	0	1.054	1.684	576	10.171	17.585	428	9.831	17.938
40	0	2.829	12.886	20.664	576	10.470	18.103	428	10.121	18.466
41	0	0	1.160	1.854	576	10.800	18.672	428	10.440	19.047
42	0	0	1.160	1.854	576	11.130	19.242	428	10.758	19.628
43	0	0	1.160	1.854	576	11.460	19.811	428	11.077	20.209
44	0	0	1.160	1.854	576	11.789	20.381	428	11.396	20.190
45	0	0	1.160	1.854	576	12.119	20.950	428	11.715	21.371
46	0	2.829	14.046	22.518	576	12.449	21.520	428	12.033	21.958
47	0	0	1.160	1.854	576	12.778	22.090	428	12.352	22.534
48	0	0	1.160	1.854	576	13.108	22.659	428	12.671	23.115
49	0	0	1.160	1.854	576	13.438	23.229	428	12.983	23.696
50	0	0	1.160	1.854	576	13.767	23.798	428	13.308	24.277

1) Année 1 = 1976/77
2) En millions de FCFA

Cash-flow pour les trois rythmes en millions de FCFA
Facteurs coûts et bénéfices pour tous les postes

Base prix mondiaux - rythme faible

Année [1]	Formation	Investissements	Charges variables	Production
1	0	0	0	0
2	22	0	0	0
3	22	0	0	0
4	22	0	0	0
5	22	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	6.594	2.026	3.427
11	0	539	2.192	3.708
12	0	539	2.358	3.988
13	0	539	2.524	4.269
14	0	539	2.689	4.549
15	0	539	2.855	4.829
16	0	7.133	3.021	5.109
17	0	539	3.187	5.390
18	0	539	3.352	5.670
19	0	539	3.518	5.950
20	0	539	3.684	6.230
21	0	539	3.866	6.539
22	0	7.726	4.048	6.847
23	0	593	4.231	7.155
24	0	593	4.412	7.464
25	0	593	4.595	7.772
26	0	593	4.777	8.080
27	0	593	4.960	8.386
28	0	8.319	5.142	8.697
29	0	593	5.325	9.006
30	0	593	5.507	9.314
31	0	653	5.707	9.653
32	0	653	5.908	9.992
33	0	653	6.168	10.331
34	0	8.972	6.309	10.670
35	0	653	6.509	11.010
36	0	653	6.710	11.349
37	0	653	6.910	11.688
38	0	653	7.111	12.027
39	0	653	7.311	12.366
40	0	9.625	7.512	12.706
41	0	718	7.733	13.079
42	0	718	7.953	13.452
43	0	718	8.174	13.825
44	0	718	8.394	14.198
45	0	718	8.615	14.571
46	0	10.343	8.835	14.944
47	0	718	9.056	15.317
48	0	718	9.277	15.690
49	0	718	9.497	16.063
50	0	718	9.718	16.437

1) Année 1 = 1976/77

Cash-flow pour les trois rythmes en millions de FCFA
Facteurs coûts et bénéfices pour tous les postes

Base prix mondiaux - rythme moyen

Année [1]	Formation	Investissements	Charges variables	Production
1	0	0	0	0
2	79	0	0	0
3	79	0	0	0
4	79	0	0	0
5	79	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	15.841	4.868	8.234
11	0	1.670	5.381	9.102
12	0	1.392	5.809	9.825
13	0	1.392	6.237	10.548
14	0	1.392	6.664	11.662
15	0	1.392	7.092	11.995
16	0	17.233	7.520	12.719
17	0	1.392	7.947	13.442
18	0	1.392	8.375	14.165
19	0	1.392	8.803	14.888
20	0	1.392	9.230	15.612
21	0	1.531	9.701	16.407
22	0	18.764	10.171	17.204
23	0	1.531	10.642	17.999
24	0	1.531	11.112	18.795
25	0	1.531	11.583	19.590
26	0	1.531	12.053	20.386
27	0	1.531	12.524	21.182
28	0	20.295	12.994	21.978
29	0	1.531	13.464	22.773
30	0	1.531	13.935	23.569
31	0	1.684	14.452	24.444
32	0	1.684	14.970	25.319
33	0	1.684	15.487	26.194
34	0	21.979	16.005	27.070
35	0	1.684	16.522	27.945
36	0	1.684	17.040	28.820
37	0	1.684	17.557	29.696
38	0	1.684	18.075	30.571
39	0	1.684	18.592	31.446
40	0	23.663	19.110	32.321
41	0	1.852	19.679	33.285
42	0	1.852	20.248	34.247
43	0	1.852	20.817	35.210
44	0	1.852	21.387	36.172
45	0	1.852	21.956	37.135
46	0	25.515	22.525	38.098
47	0	1.852	23.094	39.060
48	0	1.852	23.566	40.023
49	0	1.852	24.233	40.986
50	0	1.852	24.802	41.949

1) Année 1 = 1976/77

Cash-flow pour les trois rythmes en millions de FCFA
Facteurs coûts et bénéfices pour tous les postes

Base prix mondiaux - rythme rapide

Année [1]	Formation	Investissements	Charges variables	Production
1	0	0	0	0
2	139	0	0	0
3	139	0	0	0
4	139	0	0	0
5	139	0	0	0
6	0	0	0	0
7	0	0	0	0
8	0	0	0	0
9	0	0	0	0
10	0	21.788	6.695	11.324
11	0	2.088	7.337	12.409
12	0	2.088	7.978	13.495
13	0	2.088	8.620	14.579
14	0	2.088	9.262	15.664
15	0	2.088	9.903	16.750
16	0	23.876	10.545	17.835
17	0	2.088	11.186	18.920
18	0	2.088	11.828	20.004
19	0	2.088	12.469	21.090
20	0	2.088	13.111	22.175
21	0	2.296	13.816	23.368
22	0	26.172	14.522	24.562
23	0	2.296	15.228	25.756
24	0	2.296	15.933	26.949
25	0	2.296	16.639	28.142
26	0	2.296	17.345	29.336
27	0	2.296	18.050	30.530
28	0	28.468	18.756	31.723
29	0	2.296	19.462	32.917
30	0	2.296	20.167	34.110
31	0	2.526	20.944	35.423
32	0	2.526	21.720	36.736
33	0	2.526	22.496	38.049
34	0	30.994	23.272	39.362
35	0	2.526	24.014	40.615
36	0	2.526	24.825	41.987
37	0	2.526	25.601	43.300
38	0	2.526	26.377	44.613
39	0	2.526	27.154	45.926
40	0	61.988	27.930	47.239
41	0	2.780	28.784	48.684
42	0	2.780	29.638	50.129
43	0	2.780	30.492	51.574
44	0	2.780	31.347	53.018
45	0	2.780	32.201	54.463
46	0	64.768	33.061	55.918
47	0	2.780	33.909	57.352
48	0	2.780	34.763	58.797
49	0	2.780	35.617	60.242
50	0	2.780	36.472	61.687

1) Année 1 = 1976/77

Annexe 6

Investissements de base

1. Grands aménagements

Les investissements de base dans les grands aménagements sont estimés très approximativement à 1,15 million de FCFA[1)]/ha (4.700 $ /ha). Dans la valorisation des investissements dans les pays du tiers monde, on calcule normalement[2)] une partie de 40% des investissements totaux pour importations. Au total, environ 20% sont des importations indirectes. La partie totale "typique" des importations est ainsi de l'ordre de 60% qui est prise en compte directement avec la valeur CAF plus les coûts économiques pour manutention et transport interne. 20% des coûts totaux ne sont pas des coûts économiques mais des taxes.

20% sont des coûts directs ou indirects pour les salaires. Environ 50% sont des salaires pour travail non spécialisé à prendre en considération avec leurs coûts d'opportunité. La répartition des investissements est sur la base de ces hypothèses la suivante (Million FCFA):

	%	Coûts invest.	Facteur	Valeur économique
Importations	60	0,69	1,0	0,69
Taxes etc.	20	0,23	0,0	-
Travail spécialisé	10	0,115	1,0	0,115
Travail non spécialisé	10	0,115	0,6	0,069
Total	100	1,15	-	0,874

2. Petits périmètres

Les investissements de base dans les petits périmètres sont estimés de manière très globale sans main d'oeuvre non spécialisée à 0,3 million de FCFA/ha. (1.225 $ / ha).

---

1) Sources: OMVS, SAED

2) Source: Hammel, W.: Cost-Benefit-Analyse für eine Papierfabrik in Heimberg, R.: Voraussetzungen einer globalen Entwicklungspolitik und Beiträge zur Kosten-Nutzenanalyse.

Les petits périmètres sont réalisés par les paysans à la main. Les besoins en jours/travailleurs par hectare pour les différents travaux sont rassemblés ci-dessous[1] :

Travaux de défrichement	100 jours/ha
Travaux de terrassement	50 jous/ha
Installation pompes et tuyaux	10 jours/ha
Total	160 jours/ha

Les jours de travail sont à valoriser avec leurs coûts d'opportunité soit sur la base des prix mondiaux 71.800 FCFA/ha.

La répartition des coûts totaux est rassemblée ci-dessous (Million FCFA) :

	%	Coûts d'inv.	Facteur	Valeur économique
Etudes	2	5	0,9	4,5
Travaux	75	225	0,8	180
Construction	23	30	0,8	24
Sous - total	100	300	-	208,5
Main-d'oeuvre	-	-	-	71,8
Total	-	-	-	280,3

1) Source: Ministère du développement Rural (Mali)

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

PRINCIPAUX OUVRAGES CONSULTES

OMVS

1. Le programme de l'OMVS - Présentation, méthodes et moyens de mise en oeuvre - Mai 1976

2. Aménagement du bassin versant du Fleuve Sénégal - Données géographiques, régime des eaux, sols et aménagements prévus, Octobre 1976

3. Programme intégré de développement du bassin du Fleuve Sénégal - Cabinet NORBERT BEYRARD FRANCE, 1974 (11 volumes)

4. Note préliminaire: Besoins en personnel et coûts d'encadrement pour une capacité de développement de 10.000 ha/an, 1976 (ronéo)

5. Potentialité et problèmes de mise en valeur des bassins de fleuve de la zone soudano-sahélienne, mai 1976

6. Rapport oral de la mission chinoise sur les études d'exécution du barrage de Manantali, 1975

7. Hydrologie du Fleuve Sénégal de 1965 à 1975 - OULD HAMDINOU, 1976

BIRD:

1. Atlas de la Banque Mondiale 1974

2. Commodity prices 1976

3. Sénégal 1975

4. Rapport sur le secteur de l'irrigation en Mauritanie et préparation du projet du Gorgol, juin 1976

FAO:

1. Monthly bulletin of agricultural economics and statistics 1976

2. Trade Yearbook 1975

3. Production Yearbook 1975

4. Etude prospective pour le développement agricole des pays de la zone sahélienne 1975-1990, 1976

Projet d'Etude Hydroagricole du Fleuve Sénégal (PNUD/FAO REG/61).

1. Etude Pédologique: texte + cartes des sols et cartes d'aptitudes au 1 : 50.000 - SEDAGRI, 1973

2. Rapports de M. JUTON, expert hydraulicien
   - Schéma préliminaire d'aménagement - Mai 1970
   - Les cultures de décrue et l'hypothèse 300 m^3/s. Août 1970
   - Etude statistique des faibles débits - Juin 1972
   - Rapport technique de fin de Mission - Juin 1972

3. Les Unités Naturelles d'Equipement (U.N.E.), J. CHAUMENY, 1973

4. Atlas des Unités Naturelles d'Equipement - J. CHAUMENY, 1973

5. Schéma d'aménagement partiel à l'horizon 2.000 pour un débit régularisé à 300 m^3/s - J. GROLEE, 1970

6. Rapport de fin de Mission, P. SEYRAL, Mars 1970 (Agronomie)

7. Rapport de fin de Mission, R.L. PERRAUDIN (Eaux et forêts)

8. Note de présentation des études d'exécution de trois projets pilotes et des études de préfactibilité de quatre périmètres, J. CHAUMENY, 1974

9. Inventaire des superficies cultivées en décrue en 1970-71, JUTON / MUTSAARS, 1971.

Projet de Recherche Agronomique et de Développement Agricole pour la mise en valeur du bassin du Fleuve Sénégal - PNUD/OMVS/FAO RAF 73/060

A. Rapports édités à Rome
   1. Rapport intérimaire, 1976
   2. Agrométéorologie, D.A. RIJKS, 1976

B. Notes Techniques (ronéotypées)
   Ces notes sont trop nombreuses (plus de 200) pour être reprises in extenso. Ont été directement utilisées dans le présent rapport!

1. Inventaire des superficies cultivées en décrue, année agricole 1972-73, BENSOUSSAN/MUTSAARS, 1973

2. Inventaire des superficies cultivées en décrue, année agricole 1973 - 74 OULD HAMDINOU/RIJKS , 1974

3. Note technique sur la consommation en eau du sorgho de décrue RIJKS, 1971

4. Etude agro-pédologique de la vallée et du delta du fleuve Sénégal , T.G. BOYAGDIEV, novembre 1976

République du Mali (Ronéos non diffusés pour la plupart)

1. Annuaires statistiques 1970, 1971 et 1972

2. Bulletins mensuels de statistique 1973 à 1976

3. Structure des prix de revient pour la campagne 1976/77 (SCAER)

4. Développement de la riziculture dans la région de Sikasso,1976

5. Programme national malien pour la mise en valeur du bassin du fleuve Sénégal

6. Demande de financement projet de périmètre à Kayes, 1976

7. Demande de financement projet d'encadrement des périmètres irrigués dans la région de Kayes, 1975

8. Demande de financement projets de l'aménagement hydroagricole de Maloun-Kounda, 1975

9. Prix agricoles 1976

10. Etude diagnostic des possibilités hydroagricoles de la vallée du Sénégal dans la région de Kayes, SCET-INTER (3 volumes + cartes)

5. Calcul du prix de revient du kilogramme de riz blanc, SAED 1976

6. Demande de financement au Fonds d'Aide et de Coopération tranche 1977 - SAED

7. Demande de financement au Fonds Européen de Développement. Petits périmètres moyenne vallée, SAED 1975

8. Demande de financement au FED, Grand Nianga, SAED 1975

9. Demande de financement Salde Wala, SAED 1975

10. Etude de factibilité, Cuvette de grande digue Tellel, SAED

11. Etude de factibilité, Salde Wala, SAED

12. Coût d'irrigation de Nianga, hivernage 1975-76, SAED 1976

13. Coût d'irrigation de Dagana, hivernage 1975-76, SAED 1976

Divers

1. Le bassin du Fleuve Sénégal - Monographie hydrologique ORSTOM ORSTOM, 1974

2. Rapport de prospection agricole de l'île à Morphil dans la vallée du Sénégal, Bulletin MAS No. 68, A. JAMMET, 1952

3. La Moyenne Vallée du Sénégal - MISOES, 1962

4. Rapport de Mission dans le GUIDIMAKA. Etude sociologique du phénomène de migration en société SONINKE - WAR ON WANT, 1974

5. Aménagement de l'Aftout es Sahel - Rapport intermédiaire - SOGREAH, déc. 1974

6. Etudes du barrage du Delta, Rapport final. SOGREAH, 1972

7. Etude d'exécution du barrage de DIAMA, Rapports intermédiaires, SOGREAH, sept. - déc. 1976

8. Analyse économique pour un programme de développement hydro-agricole (14 fascicules) E. RODTS, 1972 (Ronéo)

9. Delta du fleuve Sénégal (4 tomes), M. AUDIBERT, 1971

10. Etude Hydrogéologique de la vallée du fleuve Sénégal, P. ILLY, 1973

11. Incidences sur la pêche de l'aménagement hydroagricole du fleuve Sénégal (2 volumes), CTFT, 1972

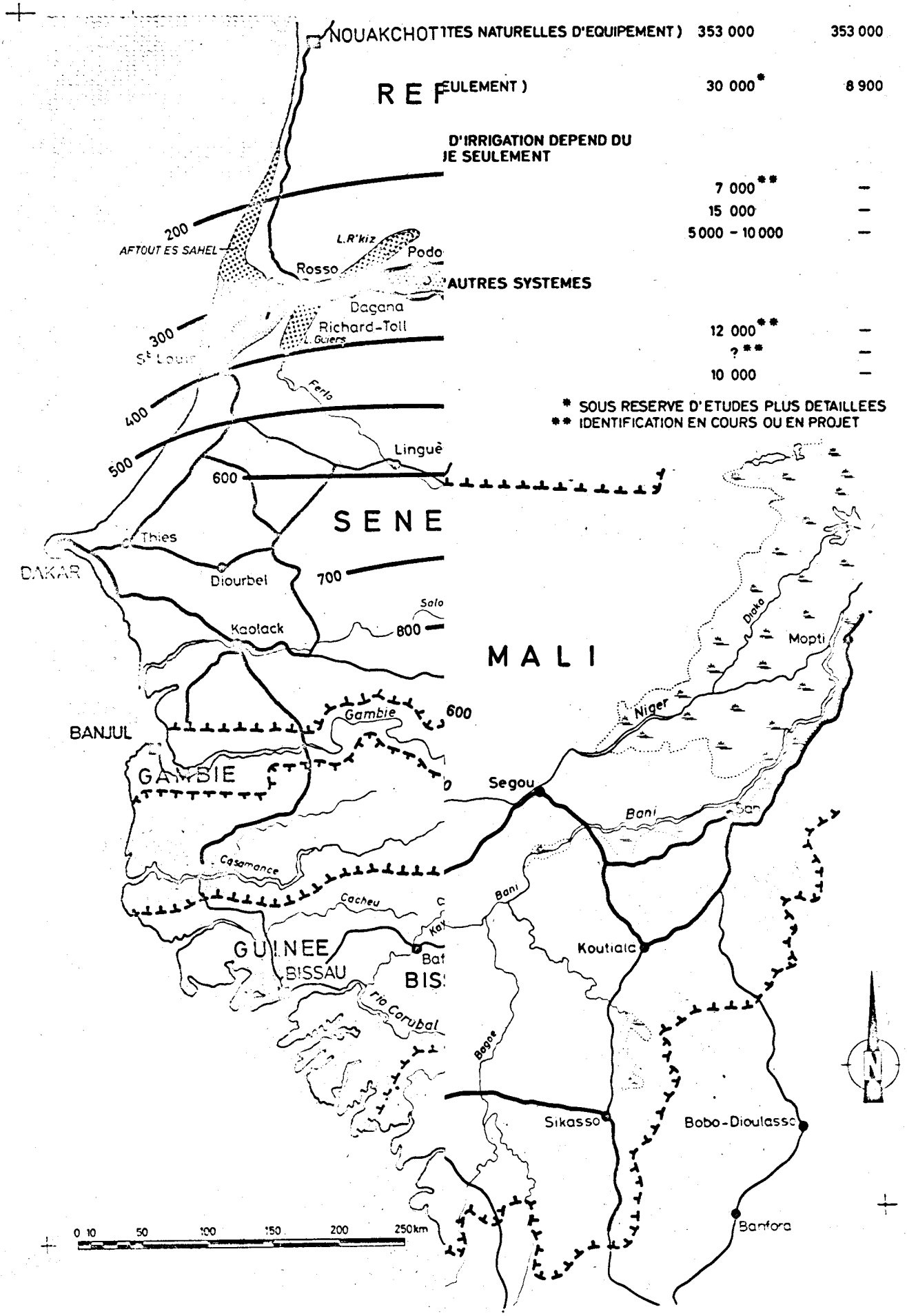
12. Problèmes de l'élevage dans la perspective de la mission du fleuve Sénégal, BREMAUD, 1969. JURUKOWSKY, 1972

13. Memento de l'Agronome-
Ministère de la Coopération, République Française, 1974.

BASSIN DU FI FLEUVE
Situation de

	POTENTIEL NET (HECTARES)	
	TOTAL	CONTROLE PAR MANANTALI EN PHASE FINALE
	35 000	12 000
ITES NATURELLES D'EQUIPEMENT)	353 000	353 000
EULEMENT)	30 000*	8 900
D'IRRIGATION DEPEND DU JE SEULEMENT		
	7 000**	—
	15 000	—
	5 000 - 10 000	—
AUTRES SYSTEMES		
	12 000**	—
	?**	—
	10 000	—

* SOUS RESERVE D'ETUDES PLUS DETAILLEES
** IDENTIFICATION EN COURS OU EN PROJET



CARTE N° 1