

10147 *Assise m'ol*
**ORGANISATION POUR LA MISE EN VALEUR
DU FLEUVE SENEGAL**

(OMVS)

**PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT HYDROAGRICOLE
DE LA VALLEE DU FLEUVE SENEGAL**

SYSTEMES DE POMPAGE

ENERGIE

TELECOMMUNICATIONS

Juillet 1985

CABINET D'ETUDES MARC MERLIN — Ingénieurs . Conseils
6 rue Grolée - 69002 - LYON - FRANCE

PRESENTATION et SYNTHESE de l'ETUDE

Cette étude est "l'esquisse d'une planification du développement hydro-agricole de la vallée du fleuve SENEGAL". Elle est réalisée conjointement par le GERSAF et le CABINET d'ETUDES MARC MERLIN pour compléter les dossiers d'études de la SAED et de la SONADER.

Le présent document est la contribution du CABINET d'ETUDES MARC MERLIN. Elle traite :

- du désengagement des sociétés d'aménagement
- des systèmes de pompage, des besoins en énergie et des coûts de pompage
- des besoins en énergie de la vallée et des réseaux envisageables pour les satisfaire.

Organisation des services de l'Etat
du Fleuve SENEGAL
Haut Commissariat
Centre Régional de l'Aménagement
Saint Louis

Le désengagement des sociétés d'aménagement des tâches qu'elles assument dans la production doit être progressif. Il suppose une définition préalable de la relation contractuelle entre groupements paysans et puissance publique.

Les services jusqu'alors fournis aux paysans par les seules sociétés, devront désormais être proposés par d'autres prestataires dans un marché concurrentiel.

Les sociétés doivent, dans le cadre du service public, accentuer leurs actions dans les domaines :

- du suivi et de la recherche technologique
- de la gestion technique des ouvrages et des matériels, de l'assistance technique aux groupements.

Dans la vallée du fleuve SENEGAL, l'irrigation ne peut se faire que par pompage. Les systèmes de pompage utilisés jusqu'alors :

- stations fixes, à pompe hélice, à ligne d'arbres
- stations mobiles à groupes motopompes.

devraient progressivement être diversifiés.

On peut estimer qu'actuellement la durée de vie des équipements est inférieure de moitié à ce qu'elle devrait être. Pour corriger cette anomalie, de très gros efforts doivent être faits par les sociétés d'aménagement dans les domaines des prescriptions techniques, du contrôle des travaux, de la maintenance courante.

10147

Les besoins en énergie mécanique pour le pompage de l'eau, voisins de 120 kWh/ha dans le DELTA, atteignent 750 kWh/ha dans la haute vallée.

Les coûts de pompage suivent la progression des besoins en énergie :

COUT de POMPAGE en F.CFA Hors Taxes
(énergie + maintenance + pompiste +
renouvellement technique + incidence des exhaures)

	DELTA		BAKEL GOURAYE	
	STATION		STATION	
	ELECTRIFIEE	GMP	ELECTRIFIEE	GMP
FCFA/m3 d'eau	1,1	2,1	5,2	6,3
FCFA/kg de paddy	5,5	10,5	26	31,5
FCFA/Ha cultivé	24.100	46.300	95.500	116.000

Organisation pour la mise en valeur
du Fleuve Congo (ORFV)
Haut Comité
Centre Régional de Recherche
Saint-Louis

La situation actuelle des aménagements hydro-agricoles et l'évolution prévue peuvent être résumées par les chiffres suivants:

- Superficies aménagées en 1984 : 26.000 Ha
- Superficies prévues en 1995 : 105.000 Ha
- Superficies prévues en 2010 : 177.000 Ha.

Cette croissance des superficies aménagées s'accompagnera d'une croissance parallèle des besoins en énergie à usage agricole: carburant et électricité. Ces besoins sont estimés à :

BESOINS en ENERGIE à USAGE AGRICOLE

	ELECTRICITE en GWh	CARBURANT en m3 de gas-oil
1984	7	3.100
1995	60	13.200
2010	145	20.000

(Pour comparaison, capacité nominale de la centrale hydro-électrique projetée à MANANTALI : 800 GWh/an)

Page
Organisation pour la mise en valeur
du Fleuve Sénégal 1971/72
Haut Commissariat
à l'Eau et à l'Énergie 3

INTRODUCTION

I. DESENGAGEMENT des SOCIETES d'AMENAGEMENT

I.1 Le désengagement des sociétés d'aménagement	4
I.1.1. Relations état-groupements paysans	4
I.1.2. Désengagement et privatisation	5
I.1.3. Progressivité du désengagement	5
I.1.4. Production de l'eau - Quelle organisation des associations paysannes ?	7
I.2 Nouvelles fonctions des sociétés d'aménagement	8
I.2.1. Recherche et suivi technologiques	8
I.2.2. Gestion technique des ouvrages ou du matériel	9
I.2.3. Assistance technique aux groupements paysans	10

II. PRINCIPES DIRECTEURS au NIVEAU du PERIMETRE 11

II.1 Les systèmes de pompage	12
II.1.1. Les groupes motopompes mobiles (GMP)	12
II.1.2. Les stations de pompage fixes	15
II.2 Maintenance des systèmes de pompage	18
II.2.1. Maintenance des groupes motopompes	18
II.2.2. Maintenance des stations de pompages fixes	19
II.3 Besoins en énergie et coûts des énergies	20
II.3.1. Besoins en énergie des systèmes de pompage et puissances installées	20
II.3.2. Les énergies utilisées et leur coût	23
II.4 Coûts de pompage et facturation de l'eau	26
II.4.1. Coûts de pompage	26
II.4.2. Facturation de l'eau	26

III. PLANIFICATION des INFRASTRUCTURES de la VALLEE :
ENERGIE et TELECOMMUNICATIONS 29

III.1 Les besoins et la desserte en énergie de la vallée	30
III.1.1. Besoins en carburant et stations service	31
III.1.2. Besoins en énergie électrique et électrification de la vallée	32
III.1.3. Quelques données technologiques et Coûts d'ordre	37
III.2 Télécommunications	39

ANNEXES

INTRODUCTION

L'étude, financée par le FONDS d'AIDE et de COOPERATION (FAC) pour le compte de l'ORGANISATION pour la MISE en VALEUR de la VALLEE du FLEUVE SENEGAL (OMVS) est "l'esquisse d'une planification du développement hydroagricole de la vallée du fleuve SENEGAL". Elle est réalisée conjointement par le GERSAR et le CABINET d'ETUDES MARC MERLIN pour compléter les dossiers d'études de la SAED et de la SONADER en ce qui concerne :

1. Les ressources en eau et en sol
2. Les infrastructures primaires d'aménée et d'évacuation des eaux.
3. Les systèmes de pompage, besoins en énergie et réseaux de distribution
4. Les schémas d'aménagement à la parcelle.

Le présent document est la contribution du CABINET d'ETUDES MARC MERLIN qui sera ultérieurement intégrée dans une publication commune. Il traite du point 3 et aborde les sujets suivants :

- Le désengagement des sociétés d'aménagement
- les systèmes de pompage utilisés ou utilisables
- les besoins en énergie et les coûts de pompage
- l'esquisse de schémas de desserte en énergie et le rappel de quelques coûts d'ordre applicables aux réseaux électriques.

I.1 Le désengagement des sociétés d'aménagement

Grande affaire des prochaines années, le désengagement des sociétés d'état des tâches qu'elles assument dans la production est un objectif qui doit inspirer toute tentative de planification.

Nous évoquons quelques aspects de ce vaste sujet, limités aux activités à caractère industriel.

I.1.1. Relations état - groupements paysans

Dans les grands ou moyens périmètres, les groupements exploitent des ouvrages financés par l'Etat. La relation Puissance publique-groupement est une relation contractuelle. Les obligations des parties pourraient être les suivantes :

Obligations du groupement paysan :

- . exploiter les aménagements et obtenir les résultats escomptés par le Maître d'Ouvrage, et admis contractuellement
- . rendre compte, annuellement, des résultats d'exploitation
- . maintenir les ouvrages en état de fonctionnement.

Obligations de la puissance publique :

- . définir les objectifs et contraintes d'exploitation
- . s'assurer du maintien en état de l'outil de production et le cas échéant se substituer au fermier pour prescrire, à la charge de ce dernier, les travaux de maintenance indispensables
- . éventuellement, financer les travaux importants de renouvellement technique ou d'extension qui sortent du cadre, défini, de la maintenance courante.
- . garantir les services de base en eau et en énergie.

Dans les petits périmètres villageois (s'ils ont été réalisés par les paysans) la participation de l'état dans la création est faible et sa perception s'estompe au fil des renouvellements techniques. Les groupements pourraient être considérés comme étant propriétaires des aménagements.

- jusqu'à PODOR, la mise en service des barrages va induire deux réductions successives des coûts de pompage. Il serait judicieux de mettre à profit ces échéances pour transférer aux groupements des charges équivalentes aux économies induites. Le désengagement s'opérerait ainsi sans trop bouleverser les comptes d'exploitation.

Plus à l'amont, l'incidence des barrages sur les coûts de pompage est plus faible. Les aménagements sont essentiellement des périmètres villageois dans l'exploitation desquels les sociétés sont moins impliquées qu'elles ne le sont dans les grands périmètres. Le désengagement pourrait être entrepris dès à présent.

Le principe de progressivité commande de ne pas superposer de surcharges financières brutales, par application des taxes et droits de douane sur les fournitures, aux difficultés techniques du désengagement.

Dans le domaine du financement des renouvellements techniques, le désengagement des sociétés doit être précédé d'un état des ouvrages affermé contenant :

- un inventaire des équipements et une description de leur état apparent.
- une expertise faisant apparaître les caractéristiques exactes des ouvrages de pompage (débit, rendement, état vibratoire...).
- une dévolution officielle avec réception contradictoire

Les équipements, dont l'expertise mettra en évidence la nécessité d'une réhabilitation devront être remis en état, à la charge des sociétés, avant leur prise en charge par les groupements.

De plus, pour garantir les groupements contre les vices cachés non décelés par l'expertise, le désengagement en matière de financement des renouvellement technique pourrait être progressif. Par exemple :

- 1ère année : 2/3 pour les sociétés, 1/3 pour les groupements
- 2ème année : 1/3 pour les sociétés, 2/3 pour les groupements
- 3ème année : 100 % à la charge des groupements.

I.1.4. Production de l'eau - Quelle organisation des associations paysannes ?

Après le désengagement des sociétés d'Etat, les associations paysannes assumeront pour le compte de leurs adhérents trois types d'actions :

- l'achat des intrants agricoles
- la production de l'eau
- la commercialisation.

L'achat des intrants et la commercialisation ne devraient pas poser de problèmes majeurs si le crédit agricole fonctionne. La substitution de circuits commerciaux privés à ceux mis en place par les sociétés d'aménagement apparaît assez simple : le commerce de distribution existe et fonctionne dans la vallée ; en étendre l'activité ne devrait pas le bouleverser.

La production de l'eau est une fonction plus complexe qui englobe la conduite de l'ouvrage de production, sa maintenance et celle des canaux, la gestion technique et financière. Elle peut être envisagée à partir de deux types d'organisation :

- l'association produit l'eau. Elle se dote du personnel nécessaire, s'assure de la collaboration de prestataires de service, gère techniquement et financièrement le périmètre. C'est l'organisation entrevue pour les petits périmètres villageois.
- l'association "afferme" la production de l'eau à une société (privée ou non) prestataire de service. Cette société vend l'eau à la coopérative qui en répercute le coût à ses adhérents. Il est essentiel dans cette organisation que le prix de l'eau soit le plus "transparent" possible. Il doit en particulier refléter aussi exactement que possible les quantités réellement produites (1).

Cette organisation devrait être celle des grands et moyens périmètres.

En amont de cette production de l'eau au niveau des périmètres, la gestion de la ressource en eau est de la responsabilité de l'OMVS. Les modalités de financement de ce service, par les utilisateurs de l'eau ou par la puissance publique, restent à définir.

(1) Le temps de fonctionnement des machines constitue un élément de mesure d'une précision acceptable.

I.2 Nouvelles fonctions des sociétés d'aménagement

Désengagées de leurs fonctions dans la production, les sociétés pourraient s'engager davantage dans les tâches de recherche et suivi technologiques, de gestion technique et de conseil aux associations paysannes.

I.2.1. Recherche et suivi technologiques

Les durées de vie des matériels mis en oeuvre dans la vallée sont dramatiquement faibles : elles n'excèdent pas, au mieux, la moitié de ce qu'elles devraient être. Il est clair que si de vigoureuses corrections ne sont apportées rapidement dans ce domaine, les réhabilitations consommeront dans quelques années la totalité des crédits d'investissement.

Conception, dimensionnement et exploitation des matériels se partagent équitablement la responsabilité de leur vieillissement prématuré.

Aucun matériel mécanique ou électromécanique n'est spécialement conçu pour l'environnement sahélien. Les technologies appropriées restent à inventer.

Il est vain de perpétuer la quête du matériel idéal en changeant de fournisseur après quelques déboires. Pour approcher, dans les conditions d'exploitation de la vallée, les durées de vie nominales des matériels, des adaptations technologiques doivent leur être apportées. Il s'agit de faire évoluer un équipement d'une version standart à une version adaptée à l'environnement sahélien. Cette démarche n'est pas engagée actuellement de sorte que, dans une large mesure, les nombreux échecs ont été inutiles.

Ni les sociétés d'aménagement, ni les constructeurs, ni les bureaux d'études ne mettront en oeuvre, seuls, ces adaptations technologiques. Elles pourraient découler d'une démarche commune suscitée par l'action des sociétés dans les domaines suivants :

- le recensement des incidents, synthèse et recherche des causes
- l'étude, avec les constructeurs, des modifications à apporter aux matériels standard et l'expérimentation
- l'amélioration continue, au fil des expériences, des spécifications techniques (actuellement inexistantes ou embryonnaires) des dossiers d'appel d'offres
- le contrôle d'exécution des travaux et fournitures dont la rigueur doit être accrue
- la formation continue des personnels d'exploitation.

Comme il existe des unités de recherche agronomique, une unité de "recherche et suivi technologiques" devrait exister dans chaque société d'aménagement. Ses liaisons avec l'exploitation, l'expérimentation et les études devront être permanentes. La démarche pourrait être amorcée avec le concours de bureaux d'études pour la rédaction des spécifications techniques initiales.

La réussite d'une telle action serait d'un bon rendement financier : l'accroissement de la durée de vie des groupes motopompes de 5.000 à 10.000 heures induirait, en 1987 sur l'ensemble de la vallée, une économie annuelle d'exploitation de 400 ou 580 MFCFA suivant que les entretiens et renouvellements sont exonérés de taxes ou non. En ne considérant que les groupes motopompes et des objectifs accessibles, l'enjeu justifie largement une action vigoureuse dans le domaine de la recherche et du suivi technologiques des équipements.

I.2.2. Gestion technique des ouvrages ou du matériel

La gestion technique est l'ensemble des moyens mis en oeuvre pour apprécier la qualité technique et financière des résultats d'exploitation des ouvrages ou des matériels. Elle suppose :

- l'établissement d'un bilan annuel d'exploitation (rendu également obligatoire par le contrat d'affermage) contenant les grandeurs caractéristiques du fonctionnement de chaque ouvrage.
- la synthèse de ces bilans dégagant les améliorations à apporter aux installations ou à leur mode d'exploitation.

Une telle démarche a été récemment amorcée à la SAED pour les ouvrages de pompage du DELTA (1). Les résultats obtenus laissent à penser que, comme la recherche et le suivi technologiques, la gestion technique peut avoir un bon rendement financier et mettre en évidence des enseignements précieux.

L'analyse des bilans d'exploitation doit être confiée à la cellule "recherche et suivi technologiques" qui disposera ainsi d'un bon élément de mesure de l'incidence de son action.

Les sociétés d'aménagement devront probablement apporter leur concours aux groupements pour l'établissement des bilans d'exploitation.

(1) Mission SDEI -

I.2.3. Assistance technique aux groupements paysans

Comme les nouvelles réalisations, les renouvellements techniques, financés par les groupements, doivent bénéficier des améliorations technologiques acquises au gré des expériences.

Les renouvellements techniques imposent dans l'étude, la consultation des fournisseurs, l'examen des offres, les essais de réception, la même compétence, le même professionnalisme que les créations d'ouvrages. Ils ne peuvent et ne doivent pas être laissés à l'initiative exclusive des groupements. En d'autres termes, l'Etat doit garder en charge le contrôle technique des ouvrages affermés pour en garantir les performances et la pérennité.

Cette tâche d'assistance technique aux groupements dans le domaine des renouvellements deviendra rapidement assez lourde. En 1987, le renouvellement technique des seuls groupes motopompes représentera un marché annuel de quelques 300 moteurs et 100 systèmes de pompage par an sur les deux rives du fleuve.

La fonction d'assistance technique aux groupement n'est pas limitée aux seuls renouvellements. Elle doit aussi assumer :

- la formation des utilisateurs
- l'assistance à la gestion technique (contrôle des factures par exemple)
- la coordination avec les services privés de maintenance.

Ces trois actions assignées aux sociétés dans le domaine des équipements :

- recherche et suivi technologiques
- gestion technique des ouvrages et des matériels
- assistance technique aux groupements

ne peuvent être désolidarisées. Elles doivent être confiées à une seule entité que nous dénommons "cellule recherche et suivi technologiques".

Les services techniques de maintenance existants au sein des sociétés, dont le désengagement devrait réduire l'activité, pourraient prendre en charge ces actions.

Ces activités, du domaine du service public, doivent être financées par les sociétés d'aménagement.

II. PRINCIPES DIRECTEURS au NIVEAU du PERIMETRE

II.1 Les Systèmes de pompage

Les systèmes de pompage utilisés peuvent être classés en deux grandes catégories. :

- les systèmes de pompage mobiles (GMP sur remorque ou sur radeau)
- les stations de pompage fixes.

La description, les limites et les perspectives d'amélioration ou d'évolution de ces systèmes sont sommairement évoqués dans ce qui suit.

II.1.1. Les groupes motopompes mobiles (GMP)

Ces groupes motopompes, installés sur radeau ou sur remorque agraire, sont généralement composés par un moteur diesel 2 cylindres accouplé à une pompe centrifuge monocellulaire.

Pour maintenir un débit constant en dépit des fluctuations du niveau du fleuve, le groupe motopompe doit être utilisé à vitesse variable.

Le dimensionnement du groupe et des éléments du système de pompage pose un problème très délicat que les sociétés d'aménagement abordent désormais d'une façon satisfaisante.

Ces systèmes de pompage ont quelques inconvénients :

- comme dans tous les systèmes où le groupement est producteur d'énergie, l'approvisionnement en intrants mécaniques et l'entretien sont contraignants et coûteux. L'exploitation est particulièrement difficile sur les périmètres inaccessibles en hivernage.
- la perte de charge dans le système, comprise entre 1,5 et 2 m le rend inadapté aux relevages de faible hauteur (delta, région de DAGANA).
- la faible durée de vie du moteur, 5.000 heures environ, rend la charge financière de renouvellement technique excessive.

Les améliorations à apporter à ces systèmes ont souvent été évoquées dans les études consacrées aux GMP, moins souvent mises en oeuvre. Ces améliorations doivent être recherchées à deux niveaux :

- au niveau des consultations par l'emploi de spécifications plus techniques et par le lancement d'appel d'offres annuels ou pluriannuels portant sur un grand nombre de systèmes ou simplement de moteurs. Cette formule qui mobiliserait davantage les constructeurs que la multitude des petites consultations actuelles aurait au moins trois avantages :

- . Elle abaisserait les coûts
- . Elle favoriserait l'émergence d'aménagements technologiques aux versions standard
- . Elle permettrait des essais en usine des matériels.

- au niveau de l'exploitation. La maintenance de "1er échelon" (1) élément déterminant dans la durée de vie des moteurs doit être assurée par le pompiste. Spécialement formé, sa fonction deviendra ainsi un métier et devra être revalorisée. Le salaire actuel du pompiste est faible (5% des coûts d'exploitation) en regard des économies qui découleraient d'une bonne maintenance de "1er échelon" (20% des coûts d'exploitation si la durée de vie des moteurs est portée à 10.000 heures).

La maintenance de "2ème échelon" (2) actuellement cantonnée dans le dépannage, doit devenir préventive.

Perspectives d'évolution des systèmes de pompage de petits périmètres villageois

Deux perspectives d'évolution des systèmes actuels peuvent être envisagées :

- le recours à la biomasse pour la production de l'énergie
- l'électrification des systèmes de pompage par un réseau régional de distribution d'énergie.

Groupes motopompes à biomasse

De tels groupes motopompes sont expérimentés au CEMAGREF. Ils utilisent une filière carbonation des végétaux - granulation du charbon de bois - gazéification du charbon. Le gaz combustible est ensuite utilisé dans un moteur thermique soit à allumage, soit mixte fuel - gaz.

-
- (1) Maintenance 1er échelon : nettoyage journalier, vidanges, échange des filtres à huile et à carburant.
(2) Maintenance 2ème échelon : interventions mécaniques.

Les sous produits (pailles, balles) de la culture du riz sont suffisants pour produire l'énergie nécessaire au pompage de l'eau si les hauteurs d'élévation n'excèdent pas 15 à 20 mètres.

En supposant que les équipements de carbonation, granulation et gazéification, qui pourraient certainement être construits localement, majorent de 50 % le coût actuel du renouvellement technique, le prix du kWh produit serait inférieur de 25 % à son prix actuel (1). L'économie est réalisée sur le carburant au prix d'une installation plus complexe et plus difficile à exploiter.

La filière mérite cependant d'être explorée.

Systèmes de pompage électrique

Le recours à l'énergie électrique impose l'utilisation de groupes de pompage à vitesse fixe (sauf emploi de dispositifs électroniques) ce qui conduit à accepter un débit excessif pendant la crue du fleuve. Il dispense, par contre, le groupement des contraintes d'exploitation de moteurs thermiques et abaisse le coût du kWh utile de 160 à 80 FCFA TTC environ.

En considérant chaque système desservi par un transformateur sur poteau de 25 kVA raccordé au réseau régional haute tension les coûts d'exploitation annuels seraient les suivants :

Coûts annuels d'exploitation en FCFA

Groupes motopompes Groupes électriques

HT. HD

y compris renouvellement 2.450.000 1.750.000

TTC

3.300.000 2.200.000

L'économie annuelle d'exploitation autorise un investissement supplémentaire de 5 à 6.000.000 FCFA qui finance le transformateur et une antenne aérienne haute tension de 400 à 600 m environ.

Les périmètres villageois proches des réseaux de distribution haute tension pourraient économiquement être électrifiés.

(1) en considérant que la biomasse est gratuite.

II.1.2. Les stations de pompage fixes

Les stations de pompage fixes desservent des périmètres de taille extrêmement variable entre 50 et 1.300 hectares.

D'une façon générale, la conception de ces ouvrages doit viser trois objectifs :

- une certaine normalisation des équipements pour faciliter les opérations de maintenance. Cette normalisation n'impose cependant pas la mise en oeuvre d'ouvrages "standard".
- la sécurité de fonctionnement qui suppose la recherche de la plus grande simplicité.
- les coûts d'exploitation (énergie + maintenance + renouvellement) minimaux.

Quelques aspects techniques de la conception de ces ouvrages sont sommairement évoqués dans ce qui suit.

II.1.2.A Les hydrauliques

Actuellement, toutes les pompes utilisées dans les stations de pompage fixes sont des pompes à hélice. Cette hydraulique est délicate à mettre en oeuvre :

- pour empêcher la formation de vortex, la pompe doit être installée dans des formes de génie-civil très particulières, souvent coûteuses.
- elle impose un dégrillage assez fin. La roue, en dépit de sections de passage souvent importantes, accepte mal les éléments fibreux tels que les algues et les chiffons.

Ces inconvénients de l'hydraulique à hélice devraient amener les concepteurs à lui préférer des systèmes moins contraignants dans leur mise en oeuvre :

- type vis d'Archimède pour les faibles hauteurs de relèvement (dans le delta)
- type centrifuge monocanal pour les hauteurs de relèvement supérieures à 4 et 7 m suivant le débit.

II.1.2.B La technologie des systèmes de pompage

Les machines à ligne d'arbres ont constitué la première génération d'équipements de pompage de la vallée. Les inconvénients de cette technologie sont désormais bien connus :

- le moteur d'entraînement est exposé au sable et à la température ambiante.
- la dégradation des paliers est rapide. Elle est généralement la conséquence :
 - . d'un défaut de réglage de la géométrie du mobile
 - . de niveaux vibratoires excessifs
 - . d'un système de lubrification défaillant ou mal adapté.

Cette technologie devrait maintenant être définitivement abandonnée au profit des groupes électropompes submersibles que nous créditons de trois avantages :

- dans un tel groupe, la géométrie du mobile, réglée en usine, n'est pas dépendante des conditions de mise en oeuvre
- le moteur, immergé dans l'eau, est soustrait au sable et à la température ambiante
- la facilité de la mise en oeuvre permet la substitution rapide d'un groupe de secours à un groupe défaillant.

Cette recommandation en faveur des groupes électropompes submersibles écarte les groupes motopompes, obligatoirement à ligne d'arbre, de l'équipement des stations de pompage fixes et impose le recours à l'énergie électrique.

Les équipements électriques

Ils sont actuellement victimes de quatre agressions qui limitent fâcheusement leur fiabilité et leur durée de vie :

- une réalisation initiale, par les entreprises, rarement exempte de malfaçons.
- des échauffements excessifs conséquences de dimensionnements incorrects
- l'action du sable, très préjudiciable au fonctionnement des relays
- la formation professionnelle insuffisante (ou le manque de moyens matériels ?) des services de maintenance.

L'énoncé de ces écueils précise les points sur lesquels la conception doit progresser :

- un contrôle plus strict, plus professionnel des études et travaux confiés aux entreprises notamment dans les domaines :
 - . des dimensionnements : des critères de déclassement climatique existent et doivent être appliqués
 - . du respect des normes de référence souvent mal connues, voire ignorées
 - . du respect des spécifications techniques du marché et des règles de l'art
 - . des essais de réception des ouvrages.
- la protection des équipements contre le sable :
Le génie civil et l'armoire électrique constituent deux volumes de protection qui doivent, l'un et l'autre, être conçus pour une efficacité maximale à cet égard.

En marge de la conception, de vigoureuses actions de formation et d'encadrement des services de maintenance doivent être engagées. Les services doivent acquérir une qualification professionnelle indiscutable avant leur privatisation ou leur fonctionnement en cellules autonomes.

II.1.3.B L'alimentation en énergie et les modes d'exploitation

L'électrification des stations de pompage abaisse le coût de l'énergie et autorise l'automatisation de l'ouvrage. C'est la solution la plus avantageuse pour les coopératives. Cette formule devrait se généraliser à moyen terme.

Le recours aux centrales électrogènes locales restera indispensable pendant quelques années encore, hors des zones électrifiées. Ce mode d'alimentation en énergie doit être considéré comme provisoire et les stations de pompage fixes doivent être conçues dans la perspective de leur raccordement ultérieur à un réseau électrique de distribution. Cette recommandation a deux conséquences :

- la maintenance de 3ème échelon est entièrement à créer. Son objectif est de substituer l'échange standard et le reconditionnement des GMP usagés à leur remplacement par des GMP neufs importés.

En 1995, le renouvellement portera sur 300 ou 600 unités par an, suivant que la durée de vie reste voisine de 5.000 heures ou progresse jusqu'à 10.000. Le marché paraît suffisant pour qu'une mise en état locale des GMP soit économiquement viable.

L'installation d'un tel atelier de maintenance 3ème échelon ne peut être envisagée sans la participation du ou des constructeurs.

II.2.2. Maintenance des stations de pompage fixes

Les éléments constitutifs des stations de pompage fixes sont divers : groupes électropompes à ligne d'arbres ou immergés, groupes électrogènes, poste de transformation HT/BT, électricité basse tension. Il est douteux qu'une seule entité de maintenance, privée ou non, réunisse des compétences indiscutables sur chacun de ces composants.

La maintenance actuelle, effectuée gratuitement pour les associations paysannes par les sections électromécaniques des sociétés d'aménagement pourrait, dans l'optique de leur désengagement, être organisée en deux échelons :

- un 1er échelon local qui recouvrerait les prestations fournies actuellement par les sociétés d'aménagement : visite annuelle de vérification et d'entretien, dépannage électrique.

Pour ce 1er échelon de maintenance, les groupements paysans pourraient, par contrat, s'assurer le concours d'un prestataire de service : sections existantes privatisées ou rendues autonomes ou sociétés privées.

- un 2ème échelon qui recouvrerait les prestations plus techniques : reconditionnement de moteurs thermiques, de groupes électropompes, intervention sur les installations haute tension.

Les compétences indispensables à ces interventions de 2ème échelon resteront certainement concentrées dans les sociétés importantes implantées dans les capitales.

II.3 Besoins en énergie et coûts des énergies

II.3.1. Besoins en énergie des systèmes de pompage et puissances installées

L'énergie commune à tous les systèmes de pompage est l'énergie mécanique nécessaire sur l'arbre de la pompe. C'est cette grandeur qui figure dans les tableaux suivants :

ENERGIE MECANIQUE NECESSAIRE sur l'ARBRE d'une POMPE en kWh par hectare cultivé BARRAGES de DIAMA et MANANTALI en SERVICE (1)

REGION	DELTA	DAGANA	PODOR	SALDE	MATAM	BAKEL
Grands ou moyens périmètres						
RIZ. HIV	84	150	277	342	558	644
RIZ. CS	163	324	575	956	1116	1315
Polycult. Hiv	-	94	172	237	327	394
Polycult. CS	-	164	291	458	572	675
Petits périmètres						
RIZ. HIV	200	251	358	425	610	685
RIZ. CS	316	457	675	1060	1200	1370
Polycult. Hiv	-	135	204	267	350	420
Polycult. CS	-	233	345	509	605	703

(1) Voir détails en annexe.

BESOINS MOYENS en ENERGIE MECANIQUE
en kWh par Ha cultivé et par an
BARRAGES de DIAMA et MANANTALI en SERVICE

Bases : Riz sur 2/3 des surfaces et polyculture sur 1/3
(sauf delta : 100% Riz)

Hivernage : culture sur 90 % des surfaces
Contre saison : culture sur 60 % des surfaces

	Grands ou moyens périmètres	Petits périmètres
DELTA	116	247
DAGANA	185	277
PODOR	334	406
SALDE	495	588
MATAM	656	707
BAKEL	769	809

Sur ces hypothèses de culture, le temps de fonctionnement annuel d'un système de pompage, dimensionné sur la base de 3,5 l/s/ha est de :

- 2.800 heures dans le delta
- 2.200 heures à BAKEL
- 2.300 heures dans les autres régions.

Les tableaux et les calculs intermédiaires mettent en évidence quelques remarques :

- le système de pompage utilisé sur les petits périmètres villageois est mal adapté aux relevage de faible hauteur : dans le delta, l'énergie mécanique nécessaire à un tel système est deux fois plus importante que celle nécessaire aux stations de pompage fixes de grands périmètres. La majoration est encore de 20 % à PODOR.
- les besoins en énergie augmentent très vite de l'aval vers l'amont. Il faut, pour la même culture, 7 fois plus d'énergie à BAKEL que dans le Delta.

II.3.2. Les énergies utilisées et leur coût

Les ouvrages hydro agricoles peuvent être classés en deux grandes catégories suivant le mode de mise en oeuvre de l'énergie:

- les ouvrages dans lesquels l'exploitant est producteur de l'énergie (groupes motopompes ou centrales électrogènes)
- les ouvrages dans lesquels l'exploitant est seulement utilisateur de l'énergie distribuée par un réseau régional.

L'énergie commune à tous les systèmes de pompage est l'énergie mécanique nécessaire sur l'arbre de la pompe. C'est le coût de cette énergie que nous évaluons ci-après. Il comprend :

- le coût de l'énergie proprement dite (carburant ou électricité)
- le coût du personnel de surveillance
- le coût de la maintenance des dispositifs de production de l'énergie
- le montant de l'annuité de renouvellement technique des dispositifs de production ou de mise en oeuvre de l'énergie (prêt à 10% sur la durée de vie).

Le calcul du prix moyen du kWh mécanique est déduit d'une simulation des besoins annuels en énergie pour les mises en culture suivantes :

- 2/3 riz, 1/3 polyculture (sauf delta 100 % riz)
- Culture sur 90 % des surfaces en hivernage et 60 % en contre saison.

Enfin, le calcul envisage l'exonération totale de tous droits et taxes sur les achats des groupements ou l'absence de toute exonération.

Les prix élémentaires utilisés sont ceux en vigueur, début 1989, au SENEGAL. Les conclusions qualitatives qui découlent de ces résultats sont néanmoins valables pour la MAURITANIE.

COUTS des ENERGIES
en FCFA par kWh mécanique (sur arbre)

	GROUPES ELECTROPOMPES RESEAU ELECTRIQUE REGIONAL	GROUPES ELECTROPOMPES CENTRALES ELECTROGEN. LOCALES (1)	GROUPES MOTOPOMPES (2)
DELTA HT	73	-	125
TTC	82	-	170
DAGANA HT	72,5	122	115
TTC	80,5	171	157
PODOR HT	71,8	118	115
TTC	80	163	157
SALDE HT	71	113	115
TTC	78	153	157
MATAM HT	68	110	115
TTC	75	148	157
BAKEL HT	68	104	115
TTC	75	138	157

- (1) Simulation pour périmètre de 250 Ha
 (2) Périmètres de 60 Ha dans le delta et à DAGANA,
 40 Ha à PODOR, 25 Ha à SALDE, 22 Ha à MATAM, 20 Ha à BAKEL.
 Durée de vie des moteurs 5.000 heures.

Le tableau précédent suggère quelques observations :

- Il n'est pas intéressant pour les groupements de produire l'énergie. L'énergie électrique distribuée par un réseau régional est beaucoup moins chère que les énergies produites localement. Ce résultat, qui a déjà été souligné, découle d'un prix national de l'énergie électrique qui pondère les coûts de production et de distribution de tous les centres. Par cette pondération, les régions fortement urbanisées subventionnent l'énergie électrique distribuée dans celles qui le sont moins.

Le coût de l'énergie électrique doit toutefois être utilisé avec circonspection dans les bilans prospectifs lorsque les sociétés nationales de production et distribution sont déficitaires ou subventionnées.

- Les coûts des énergies utiles sont similaires avec groupes motopompes ou groupes électropompes alimentés par centrale électrogène locale, en dépit des pertes induites par la conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique. Ce résultat découle de durées de vie plus longues et de coût du kW installé plus faible pour les systèmes de production les plus puissants.
- Les taxes et droits de douane pénalisent plus les ouvrages producteurs d'énergie (35 % environ) que les ouvrages utilisateurs d'un réseau régional (+ 11 %).
- Pour les groupes motopompes, les coûts qui figurent dans le tableau supposent l'utilisation optimale d'un moteur diesel 2 cylindres, c'est à dire l'irrigation par un seul GMP de :
 - . 60 Ha dans le delta et à DAGANA
 - . 40 Ha à PODOR
 - . 25 Ha à SALDE
 - . 22 Ha à MATAM
 - . 20 Ha à BAKEL

L'exploitation de périmètres de 20 Ha avec ce type de GMP majore beaucoup le coût moyen de l'énergie :

- . de 125 FCFA HT/kWh à 280 dans le delta
- . 115 " à 220 à DAGANA
- . 115 " à 170 à PODOR.

Si seuls des moteurs diesel 2 cylindres sont utilisés, la superficie des petits périmètres villageois doit croître de l'amont vers l'aval.

II.4 Coûts de pompage et facturation de l'eau

II.4.1. Coûts de pompage

Ils expriment le prix de l'eau à la sortie de la station de pompage. Ils comprennent :

- le coût de l'énergie
- l'annuité de renouvellement technique des équipements
- le coût de la maintenance
- le salaire du pompiste ou le surcoût induit par l'automatisation
- l'incidence, évaluée, du drainage.

Ces coûts établis en annexe pour chaque système et chaque région sont récapitulés dans le tableau suivant. Ils sont exprimés en FCFA par hectare cultivé et par mètre cube d'eau produit.

Ce tableau met en évidence la rapide croissance du prix de l'eau de l'aval vers l'amont de la vallée et l'intérêt de l'énergie électrique distribuée par un réseau public. Le prix TTC du m³ d'eau produit est compris entre :

- 11,3 FCFA pour les ouvrages électrifiés du DELTA
- et - 9,2 FCFA pour une station de pompage avec centrale électrogène à BAKEL.

II.4.2. Facturation de l'eau

La structure du tarif doit refléter aussi exactement que possible celle du coût de production pour :

- que la relation entre prix et quantité d'eau consommée apparaisse nettement aux utilisateurs
- que l'équilibre financier de la coopérative soit garanti.

La facturation de l'eau au forfait par hectare cultivé ne satisfait aucun de ces deux objectifs.

Pour les grands et moyens périmètres, la facturation pourrait être fondée sur une formule binôme :

$$P = A + B x.$$

P Prix à payer par hectare cultivé

A Somme des charges fixes supportées par la coopérative (annuités, maintenance, pompiste...) ramenée à l'hectare cultivé. Ce terme A est assimilable à une cotisation obligatoire pour avoir accès à l'eau. Il décroît lorsque le coefficient d'occupation des sols augmente.

B Coût de l'énergie par m³ produit

x Nombre de m³ produits (ou temps de fonctionnement des pompes ou énergie électrique consommée).

Le terme Bx, qui reflète la quantité d'eau utilisée pourrait être évalué en début de campagne et ajusté, en plus ou en moins, après. Cet ajustement sanctionnerait la bonne ou la mauvaise conduite de l'irrigation.

REGIONS		DELTA	DAGANA	PODOR	SALDE	MATAM	BAKEL
<u>Hors taxes - Hors douane</u>							
PIV Groupes motopompes	/Ha	46.300 (1)	47.300 (1)	65.000 (2)	89.600 (3)	103.300 (3)	115.900 (3)
	/m3	2,1	2,4	3,3	4,6	5,3	6,3
Station électrique + centrale électrogène							
S) 200 Ha	/Ha	-	41.000	61.600	96.800	116.400	126.700
	/m3		2,1	3,10	4,9	6,0	6,9
Station électrifiée par réseau public	/Ha	24.100	30.700	44.800	73.600	85.000	95.500
	/m3	1,1	1,6	2,3	3,8	4,3	5,2
<u>TTC</u>							
PIV Groupe motopompes	/Ha	63.300	64.800	89.000	124.000	142.700	160.000
	/m3	2,8	3,3	4,5	6,3	7,3	8,7
Station électrique + G.E	/Ha	-	56.900	84.700	131.500	157.200	169.200
	/m3		2,9	4,3	6,7	8,0	9,2
Station électrique + réseau	/Ha	30.100	37.100	53.400	88.900	101.600	113.100
	/m3	1,3	1,9	2,7	4,5	5,2	6,10

Coût moyen du pompage par hectare cultivé et par m3 d'eau
k occupation des sols 1,5

2/3 Riz - 1/3 polyculture sauf delta 100 % Riz

Energie + renouvellement technique + maintenance + pompiste + exhaure

- (1) PIV de 60 Ha
(2) PIV de 40 Ha
(3) PIV de 20 Ha environ.

III. PLANIFICATION des INFRASTRUCTURES de la VALLEE :

ENERGIE et TELECOMMUNICATION

III.1 Les besoins et la desserte en énergie de la vallée

Les besoins en énergie des deux rives en 1995 et 2010, établis en annexe, sont exprimés en :

- besoins en carburant pour l'alimentation des groupes motopompes des périmètres villageois isolés et des tracteurs
- besoins en énergie électrique décomposés en trois usages :
 - . agricole (irrigation et drainage)
 - . agro-alimentaire
 - . domestique et services.

Nous avons estimé, dans nos projections, que les superficies aménagées en petits périmètres villageois isolés cesseraient de croître à partir de 1990. Cette hypothèse implique que la croissance des superficies aménagées se fera essentiellement par des périmètres grands, moyens ou intermédiaires, économiquement électrifiables soit par une centrale électrogène locale, soit par un réseau de distribution publique.

La répartition entre petits périmètres villageois isolés, jugés non électrifiables (sauf opportunité) et périmètres électrifiables est la suivante :

	en hectares		
	1984	1995	2010
<u>Rive gauche</u>			
- PIV isolés	9.200	19.000	19.000
- autres aménagements	12.500	47.000	90.000
<u>Rive droite</u>			
- PIV isolés	2.400	6.000	6.000
- autres aménagements	1.750	33.000	62.000
TOTAL	25.850	105.000	177.000

Les besoins en énergie pour l'irrigation découlent des ratios établis précédemment et de la programmation. L'évaluation devrait être assez précise si l'irrigation demeure gravitaire. Un développement significatif de l'irrigation par aspersion majorerait sensiblement les besoins estimés.

Les besoins des industries agro-alimentaires sont établis sur la base de l'énergie nécessaire à l'usage du paddy. Ils sont faibles en regard des besoins de l'irrigation.

Les besoins domestiques sont évalués plus sommairement à seule fin de fixer des ordres de grandeur. L'évaluation repose sur l'hypothèse de croissance des besoins d'une localité proche de celle des surfaces aménagées au voisinage.

III.1.1. Besoins en carburant et stations service

Les besoins en carburant pour la seule activité agricole (groupes motopompes et tracteurs) sont les suivants :

en m3 de gas-oil

	1984	1995	2010
Rive gauche	2.500	9.000	13.000
Rive droite	600	4.200	7.000
TOTAL	3.100	13.200	20.000

Actuellement, le carburant est fourni aux périmètres par les sociétés d'aménagement. Leur désengagement va reporter la demande dans les circuits de distribution et susciter la création de nouveaux points de vente, indispensables pour rapprocher les détaillants de leur marché.

Les stations services, construites par les compagnies pétrolières, sont mises en gérance (1). En estimant que la vente de carburant à usage agricole représenterait la moitié de l'activité d'une nouvelle station service, un volume annuel de 400 m3 de gas-oil à usage agricole, en justifierait la création.

Sur cette base, les circuits de distribution de carburant, pourrait s'étoffer au rythme suivant :

Créations probables de stations-service

	Existants	1986-87	1987-1995	1995-2010
Rive droite	10	+6	+12	+15
Rive gauche	6 (2)	+2	+9	+6

(1) Au SENEGAL, la redevance mensuelle du gérant à la compagnie varie de 50.000 FCFA pour les petites stations et 150.000 FCFA pour les grandes. La marge du gérant est actuellement de 5,5 FCFA de G.O et de 20 à 25 % sur les lubrifiants.

(2) A vérifier.

La livraison du carburant aux périmètres, la fourniture des lubrifiants, peut être celle des pièces détachées... constitueront des activités annexes des stations service confortant le revenu du gérant.

Soulignons, car ce détail a une grande importance, que les réglementations actuelles ne permettent pas d'exonérer de taxes les achats aux stations service.

La création de nouvelles stations service relève de l'initiative privée. Dans ce domaine, l'action des sociétés d'aménagement est limitée à l'information des compagnies pétrolières sur :

- . les incidences de leur désengagement ou des projets sur le marché des carburants
- . les localisations souhaitables des nouvelles stations service.

III.1.2. Besoins en énergie électrique et électrification de la vallée

Quelques chiffres tout d'abord pour fixer l'ordre de grandeur des besoins à satisfaire :

	1995		2010	
	Energie GWh	Puissance MW	Energie GWh	Puissance MW
<u>Rive gauche</u>				
Besoins agricoles	33	17	77	43
Besoins domestiques	30	7	63	16
<u>Rive droite</u>				
Besoins agricoles	27	16	67	38
Besoins domestiques	16	4	36	9
	—	—	—	—
	106 GWh	44 MW	243 GWh	106 MW

Pour comparaison :

Besoins actuels du SENEGAL 632 GWh 115 MW

Capacité de la centrale
projetée à MANTALI

800 GWh 200 MW

Ces quelques chiffres suggèrent trois observations :

- a) Dans la vallée, il n'y a pas de disproportion entre les besoins domestiques et agricoles. Il en résulte que ces deux catégories de besoins en énergie ne peuvent faire l'objet de deux approches distinctes, comme c'est le cas actuellement. Dans ce domaine, une collaboration étroite doit s'instaurer entre les sociétés nationales d'aménagement et d'électricité. La maîtrise de la planification et des projets revenant évidemment à ces dernières.
- b) Les besoins à long terme de la vallée représentent 35% environ de l'énergie que pourrait produire la centrale de MANANTALI en année moyenne. C'est trop peu, à une échéance trop lointaine, pour justifier le détour par le fleuve, des lignes de transport projetées entre la centrale et la région de DAKAR.
- c) L'agriculture utilise mal la puissance qui lui est nécessaire. L'énergie est fournie en moins de 2.000 heures d'utilisation de la puissance installée (contre 4.000 heures pour les besoins domestiques). C'est un facteur défavorable sur le plan financier car, en première approximation, la puissance installée fixe le montant de l'investissement et l'énergie vendue celui des recettes.

III.1.2.A. Centrales électrogènes locales et réseaux électrique régionaux

Les inconvénients des centrales électrogènes locales sont ressentis par tous leurs utilisateurs, sociétés nationales d'électricité ou d'aménagement : l'énergie produite est chère et l'exploitation contraignante. Il y a ainsi un consensus, une convergence d'intérêt, entre utilisateurs de petites centrales électrogènes locales pour en limiter la prolifération.

Le recours aux petites centrales électrogènes est un premier stade de l'électrification déjà dépassé en quelques points de la vallée où besoins domestiques et besoins agricoles sont satisfaits par une infrastructure locale ou régionale. C'est le cas :

- En rive gauche, dans le delta où la zone d'influence de la centrale de ST LOUIS s'étend sur 80 kilomètres.
- En rive droite à BOGUE et KAEDI où de petits réseaux locaux ont été créés.

Ces exemples préfigurent l'évolution de l'électrification qui, locale à son origine et souvent privée, devient régionale et publique par substitution d'un réseau aux petites unités de production initiales. Le processus est engagé, au niveau des études, pour la basse vallée rive gauche et devrait se poursuivre dans la région de MATAM : c'est le second stade de l'électrification.

La croissance des besoins en énergie domestique, dynamisée par l'extension des aménagements hydro-agricoles, est une opportunité favorable à la création de tels réseaux de distribution rayonnant sur 50 à 80 kilomètres autour de centrales publiques. Les sociétés nationales d'aménagement et d'électricité doivent dans les prochaines années, promouvoir de telles réalisations par une approche commune des problèmes énergétiques régionaux (1).

Pour ne pas multiplier inutilement le nombre de centrales, il y aurait évidemment avantage à aborder le problème énergétique en considérant la vallée, et non chaque rive, comme une entité. Les réseaux électriques entreraient ainsi dans la catégorie des "ouvrages communs". Il importe, dans cette optique, d'harmoniser les caractéristiques des réseaux haute tension des deux rives.

En 1995, les besoins recensés pourraient être satisfaits par quatre réseaux régionaux, communs aux 2 rives, de puissance comprise entre 2,5 et 16 MW :

DELTA - ROSSO	12 MW (hors OSS)
PODOR - BOGUE	14 MW
MATAM - KAEDI	16 MW
BAKEL - GOURAYE	2,5 MW.

L'étude technique de ces réseaux doit être conduite avec beaucoup de réalisme car il n'est pas très simple de dimensionner les centrales de production dont la charge peut varier dans de grandes proportions et évoluer rapidement dans le temps.

Certains de ces réseaux pourraient, dès à présent, faire l'objet d'une étude préliminaire.

(1) Il y a en rive gauche deux projets de centrales publiques, un à RICHARD TOLL, l'autre à MATAM. Dans les études actuelles, conduites par SENELEC, les besoins agricoles n'ont pas été pris en compte.

III.1.2.B. Réseaux régionaux et électrification globale

Lorsqu'un réseau régional s'étend et que la puissance véhiculée devient importante, la question de son maintien en réseau autonome ou de son raccordement à un réseau plus puissant, national par exemple, se pose.

Elle est posée actuellement, en rive gauche, pour le réseau de ST LOUIS : son interconnexion avec le réseau national sénégalais est envisagée. Ce projet préfigure le troisième stade de l'électrification : l'interconnexion des réseaux régionaux.

Il est vraisemblable que dans la période 1995 à 2000, la généralisation dans la vallée de cet ultime stade de l'électrification deviendra une nécessité technique et économique.

Quelle sera la structure du réseau de transport liant entre eux les réseaux régionaux de distribution ?

Sur la rive gauche, il semble que SENELEC s'oriente vers l'extension du réseau national de THIES à RICHARD TOLL via LONGA par une ligne 220 KV, exploitée en 90 KV dans un premier temps. A terme, ce réseau pourrait être prolongé vers PODOR (1). Pour les régions de MATAM et BAKEL, aucun projet n'est esquissé. La desserte de la haute vallée par une antenne issue de la centrale de MANANTALI n'est pas exclue.

Sur la rive droite, il n'existe actuellement aucun projet de liaison entre les centrales de NOUAKCHOTT et les réseaux du fleuve. Les besoins énergétiques apparents dans la vallée sont trop faibles et les besoins potentiels trop méconnus pour susciter un tel projet.

Pour les deux rives, la structure du réseau de transport ne pourra être esquissée avant les décisions sur la valorisation du potentiel hydro-électrique de MANANTALI et le tracé des lignes d'évacuation de cette énergie (2). Ce réseau de transport devrait être considéré comme une infrastructure commune, relevant de la responsabilité de l'OMVS, au même titre que les barrages.

En ce qui concerne la seule vallée, ces choix n'ont pas un caractère d'urgence. La priorité jusqu'en 1995 est de promouvoir les réseaux régionaux de distribution d'énergie électrique.

(1) Ce qui renforce l'intérêt du réseau régional de la basse vallée toujours à l'état de projet.

(2) Une étude est en cours sur ce sujet - financement BIRD.

III.1.2.C. Production d'énergie électrique par centrales à biomasse

En 1995, l'usinage industriel du paddy portera sur :

- 100.000 tonnes/an en rive gauche
- 40.000 tonnes/an en rive droite.

La balle de riz, sous produit de cet usinage, peut être valorisée en production d'énergie électrique. Sa gazéification produit en effet un gaz pauvre (PCI de 1.000 kCal/kgp) utilisable dans un moteur thermique.

La valorisation de la balle de riz disponible dans les rizeries pourrait fournir en 1995 :

- 10 GWh électriques en rive gauche
(30 % des besoins hydro-agricoles)
- 4 GWh électrique en rive droite
(15 % des besoins hydro-agricoles)

Le procédé, industriellement au point pour des végétaux compacts (bois, coques...), est expérimenté en laboratoire pour des végétaux de faible granulométrie comme la balle de riz. Lorsque cette filière aura atteint un stade industriel, sa mise en oeuvre dans la vallée devra être envisagée.

Les sociétés nationales d'électricité devraient être les maîtres d'ouvrage de ces centrales électriques à biomasse.

III.1.3. Réseaux électriques de distribution - quelques données technologiques et coûts d'ordre

III.1.3.A. Choix de la tension de distribution

Les distances relativement importantes entre utilisateurs d'énergie électriques et le souci de limiter au strict minimum le nombre de centrales imposent, dans la vallée, des réseaux de distribution très étendus (100 km par exemple de part et d'autre d'une centrale). Ces réseaux assument ainsi une double fonction de distribution et de transport d'énergie.

Pour que le critère de chute de tension ne limite pas trop la capacité de tels réseaux, leur tension nominale doit être intermédiaire entre les tensions usuelles de distribution (15-20 kV) et de transport (63 kV et plus). Le choix, au SENEGAL, d'une tension de distribution de 30 kV est judicieux. Il serait bénéfique que les deux rives harmonisent leur choix dans ce domaine.

III.1.3.B. Capacités de transport des réseaux

Sur la rive sénégalaise, deux types de lignes haute tension 30 kV sont utilisés :

- les lignes primaires dont la fonction est le transport de l'énergie. Elles sont constituées de conducteurs ALMELEC (1) de 148 mm².

La capacité de transport de telles lignes est de 1.000 kW sur 100 km pour une chute de tension de 5%.

- les lignes secondaires qui font la liaison entre le réseau primaire et les utilisateurs. Elles sont constituées de conducteurs ALMELEC de 54,6 mm².

De telles lignes peuvent transporter 1.000 kW sur 50 km avec une chute de tension voisine de 5 %.

(1) Alliage d'aluminium.

III.1.3.C. Quelques coûts d'ordre, hors taxes, hors douane

- Réseaux primaires : 30 kV - ALMELEC 148 mm²

1e km 7 MF.CFA

- Réseaux secondaires : 30 kV (antennes) -
ALMELEC 54,6 mm²

1e km 4,7 MF.CFA

- Poste de transformation sur poteau (puissance
nominale limitée à 100 kVA)
y compris interrupteur 30 kV

25 kVA, 1'unité 4,3 MF.CFA

50 kVA, 1'unité 5 MF.CFA

100 kVA, 1'unité 9,5 MF.CFA

- Poste de transformation maçonné : génie civil et
équipement :

250 kVA, 1'unité 13 MF.CFA

400 kVA, 1'unité 15 MF.CFA

630 kVA, 1'unité 17 MF.CFA.

III.2 Télécommunications

Le désengagement des sociétés d'aménagement, l'émergence dans la vallée d'activités de services d'initiative privée, le développement agricole induiront dans les prochaines années un flux important de communications dans la vallée et entre vallée et capitales.

Si la communication n'est pas, en elle-même, une source de développement, son absence ou son insuffisance peut le compromettre. Comment concevoir les activités de services si les contacts avec les fournisseurs, les clients, les sièges sociaux sont impossibles ou seulement aléatoires ?

En rive gauche, un faisceau hertzien, achevé en 1978, relie DAKAR à BAKEL via ST LOUIS et RICHARD TOLL. Il est exploité par l'OPT. Sa capacité de transit est de 960 voies (extensible à 1.260) de DAKAR à RICHARD TOLL et de 300 voies jusqu'à BAKEL.

Cette infrastructure peut satisfaire les besoins en communication de la rive gauche pendant de nombreuses années si les réseaux téléphoniques secondaires sont progressivement adaptés.

Malheureusement, son fonctionnement a rarement été satisfaisant depuis 1978 :

- le faisceau est fréquemment interrompu par des ruptures de l'approvisionnement en carburant des stations relais.
- l'infrastructure est menacée par l'insuffisance de la maintenance. Dès 1982 (!), le constructeur TRT a recommandé à l'OPT une réhabilitation des équipements qui n'a jamais été engagée.

Le constat n'incite pas à l'optimisme. Les problèmes d'exploitation de ce réseau téléphonique, outre qu'ils menacent sa pérennité, peuvent constituer un sérieux obstacle au développement de la vallée.

La rive droite est dépourvue d'infrastructures de communications. Les administrations utilisent des liaisons radio entre NOUAKCHOTT et les localités de la vallée.

Un réseau similaire à celui de la rive gauche (faisceau hertzien d'une capacité de 1.260 voies) est en projet depuis 1975. Il n'est pas financé à ce jour.

Comme pour la desserte en énergie électrique, il y aurait avantage à utiliser le faisceau existant pour desservir les deux rives plutôt que de créer deux réseaux parallèles, temporairement très sous-utilisés.

ANNEXES

- I- Besoins en énergie et en puissance des périmètres
- II- Coûts de l'énergie suivant modes de production ou de mise en oeuvre.
- III- Renouvellement technique et maintenance des systèmes de pompage
- IV- Stations de pompage gardiennées ou automatiques ?
- V- Coûts de pompage
- VI- Besoins en énergie et en puissance de la vallée.

I- BESOINS en ENERGIE et en PUISSANCE des PERIMETRES

Les besoins en énergie et en puissance d'un périmètre irrigué peuvent être évalués pour un site et une culture à partir des éléments suivants :

- les besoins en eau en tête de réseau
- le niveau à l'amont du système de pompage
- le niveau à l'aval
- les caractéristiques du système de pompage.

I-1. Besoins en eau en tête de réseau

(suivant GERSAR - Schéma directeur rive droite et APS)

en m³/Ha

	RIZ (sauf BAKEL)	RIZ à BAKEL	POLY CULTURE
J	4.170	4.170	3.430
F	4.580	4.875	2.800
M	5.030	5.120	2.660
A	5.720	6.040	850
M	6.050	6.050	-
J	2.780	2.780	1.300
J	4.210	4.070	3.890
A	3.790	3.280	3.210
S	5.040	3.680	1.640
O	4.800	4.420	540
N	1.680	1.740	2.160
D	-	-	2.700

I-2. Niveaux à l'amont des systèmes de pompage (source GERSAR)

Hauteurs moyennes mensuelles - DIAMA + MANANTALI +
Aménagements hydro-agricoles

Cotes moyennes mensuelles de plan d'eau en divers points
du SENEGAL et du DOUE

Année hydrologique moyenne
Barrage de DIAMA géré à la cote 1,50 m
Exploitation optimale MANANTALI + DIAMA
(Cotes au 15 de chaque mois)

Stations! Mois!	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Sous l'influence de la retenue de DIAMA												
- DELTA												
! (approximatif	1,55!	1,50!	1,50!	1,50!	1,50!	1,55!	1,65!	1,85!	2,25!	2,25!	1,90!	1,55!
- DAGANA	1,60!	1,55!	1,55!	1,52!	1,52!	1,60!	1,85!	2,30!	3,40!	3,30!	2,40!	1,60!
- PODOR	1,90!	1,70!	1,60!	1,53!	1,53!	1,70!	2,05!	2,76!	5,20!	5,00!	2,70!	2,10!
- GUIA	1,90!	1,70!	1,60!	1,53!	1,53!	1,70!	2,05!	2,76!	5,20!	5,00!	2,70!	2,10!
- GUEDE	2,10!	1,90!	1,70!	1,60!	1,60!	1,80!	2,30!	4,00!	6,20!	5,80!	3,70!	2,40!
- N'DIOUM	2,10!	1,90!	1,70!	1,60!	1,60!	1,80!	2,70!	4,80!	7,10!	6,10!	4,00!	2,50!
- SINTIOU D.	2,20!	2,00!	1,90!	1,80!	1,80!	2,30!	3,70!	6,10!	7,60!	6,50!	4,50!	2,70!
- DIOMANDOU	2,20!	2,00!	1,90!	1,80!	1,80!	2,20!	3,40!	5,80!	7,40!	6,30!	4,20!	2,60!
- KASKAS	2,50!	2,30!	2,10!	2,00!	2,00!	2,50!	4,10!	6,80!	8,50!	7,70!	5,30!	3,10!
- DIAIGO TIO.	2,40!	2,20!	2,00!	1,90!	1,90!	2,50!	4,10!	6,50!	8,30!	7,50!	5,10!	3,00!
- ARAM	2,50!	2,30!	2,10!	2,00!	2,00!	2,50!	4,10!	6,80!	8,50!	7,70!	5,30!	3,10!
- THIOUBALEL	2,50!	2,30!	2,10!	2,00!	2,00!	2,60!	4,35!	7,00!	8,70!	8,00!	5,50!	3,20!
! Nief fluvial												
- SALDE	4,00!	3,90!	3,70!	3,50!	3,50!	3,80!	5,00!	8,40!	10,80!	10,30!	8,00!	4,80!
- N'GOUI	4,00!	3,90!	3,70!	3,50!	3,50!	3,80!	5,00!	8,40!	10,80!	10,30!	8,00!	4,80!
- BELTYINDE	4,60!	4,60!	4,50!	4,40!	4,30!	4,30!	5,60!	8,70!	11,10!	10,50!	8,20!	5,30!
- KAEDI	5,90!	5,90!	5,80!	5,65!	5,65!	5,90!	6,45!	9,25!	11,50!	10,85!	8,45!	6,25!
- MATAM	8,50!	8,50!	8,30!	8,20!	8,20!	8,60!	8,90!	11,40!	13,60!	12,85!	9,90!	8,65!
- ADABERE	12,00!	12,00!	11,90!	11,80!	11,70!	12,10!	12,50!	15,10!	17,80!	15,30!	12,70!	12,00!
- DEMBAKANE	12,00!	12,00!	11,90!	11,80!	11,70!	12,10!	12,50!	15,10!	17,80!	15,30!	12,70!	12,00!
- BAKEL	14,15!	14,15!	14,00!	13,95!	13,85!	14,25!	14,60!	17,25!	19,40!	17,40!	14,80!	14,10!

Remarque : Ce tableau suppose que la crue moyenne est celle obtenue après simulation du fonctionnement du barrage de MANANTALI sur 74 années (1903-1976) avec les hypothèses de production suivantes:

- hydro-électricité = 800 GWh/an
- irrigation = 255.000 ha
- débit minimum de 300 m3/s à BAKEL et maintien d'un débit d'étiage de 100 m3/s jusqu'à l'embouchure.

I-3. Niveaux à l'aval des systèmes de pompage

Dans les calculs, nous avons retenu les niveaux suivants :

Altitude du plan d'eau
à l'aval du pompage IGN

DELTA	2,60
DAGANA	4,0
PODOR	6,35
SALDE WALA	12,0
MATAM	18,0
BAKEL	25,0

I-4. Caractéristiques du système de pompage

Deux caractéristiques concernent le calcul des besoins en énergie :

- les pertes de charge
- le rendement de la pompe.

A) Pertes de charge

Nous distinguons, pour ce paramètre, deux types de systèmes de pompage :

- Les stations fixes : (moyens ou grands périmètres) dans lesquelles les pertes de charges sont faibles et varient avec la hauteur d'élévation de 0,50 m dans le delta à 1,50 m à BAKEL.

- Les stations mobiles (GMP) dans lesquelles les pertes de charge sont plus importantes. Nous avons adopté une perte de charge de 2 mètres, commune à toutes ces stations.

B) Rendements pompe

Pour chaque type d'ouvrage, nous avons retenu les rendements des pompes les mieux adaptées.

Energies nécessaires sur l'arbre pompe en kWh par hectare cultivé
Barrages de DIAMA et MANANTALI en service

REGION	DELTA	DAGANA	PODOR	SALDE	MATAM	BAKEL
Grands ou moyens périmètres						
RIZ HIV	84	150	277	342	558	644
RIZ CS	163	324	575	956	1.116	1.315
POLY- CULTURE HIV	-	94	172	237	327	394
POLY- CULTURE CS	-	164	291	458	572	675
Petits périmètres						
RIZ HIV	200	251	358	425	610	685
RIZ CS	316	457	675	1.060	1.200	1.370
POLY- CULTURE HIV	-	135	204	267	350	420
POLY- CULTURE CS	-	233	345	509	605	703

Puissance mécanique (sur arbre pompe) installée
en kW par hectare

Bases : - débit installé 3,5 l/s/Ha pour PIV
et 4 l/s/Ha pour grands et moyens périmètres.
- puissance installée : 1,15 fois la puissance
maximale nécessaire.

**GRANDS ou MOYENS
PERIMETRES**

DELTA	0,10
DAGANA	0,19
PODOR	0,35
SALDE	0,58
MATAM	0,67
BAKEL	0,76

PETITS PERIMETRES

0,17
0,24
0,37
0,56
0,63
0,70

Besoins moyens en énergie mécanique (arbre pompe)
par Hectare cultivé et par an kWh

Bases : - Culture du riz sur 2/3 des surfaces et polyculture
sur 1/3 des surfaces (sauf DELTA 100 % Riz)

- Hivernage 90 % des surfaces irrigables
Contre saison 60 % des surfaces irrigables

- DIAMA + MANANTALI

kWh par an et par Ha cultivé

PERIMETRES	GRANDS ou MOYENS	PETITS
	PERIMETRES	
DELTA	116	247
DAGANA	185	277
PODOR	334	406
SALDE	495	588
MATAM	656	707
BAKEL	769	809

Sur ces hypothèses de culture, le temps de fonctionnement
annuel d'un système de pompage, dimensionné sur la base de 3,5
l/s/Ha est de :

- 2.800 h dans le DELTA
- 2.200 h à BAKEL
- 2.300 h sur les autres périmètres.

II- COUTS de l'ENERGIE SUIVANT le MODE de PRODUCTION

II-1. Groupes motopompes

Moteur thermique 2 cylindres.
Eléments de calcul du prix du kWh.

	EXONERATION de TOUS DROITS et TAXES FCFA	AUCUNE EXONERATION FCFA
- Gas-oil 0,30 l/kWh y compris transport (1)	162/1	220/1
- Huile consommation 0,035 l par heure	810/1-28/h	1.000/1 35/h
- Pièces mécaniques et main d'oeuvre de mécaniciens (2)		
Durée de vie actuelle 5.000 h	230/h	287/h
Durée de vie 10.000 h	184/h	230/h
- Renouvellement technique du moteur seul - annuité d'emprunt à 10% (3)		
Durée de vie 5.000 h (2,3 ans)	711.000/an-309/h	1.066.000/an-463/h
Durée de vie 10.000 h (4,5 ans)	406.000/an-177/h	609.000/an-264/h
- Pompiste	120.000/an	120.000/an.

- (1) Transport estimé à 20 FCFA/litre jusqu'au GMP
(2) Calcul suivant étude CINAM Janvier 1983 actualisée
(3) Coût du moteur 1.400.000 FCFA HT et 2.100.000 FCFA TTC
durée moyenne d'utilisation 2.300 h/an.

Prix du kWh mécanique (arbre pompe)
produit par moteur diesel 2 cylindres (GMP)
- Coût moyen pour hypothèse de mise en culture adoptée.

en FCFA par kWh

**A/ L'influence des superficies irriguées par un moteur
prix HT. HD. durée de vie moteur 5.000 h**

	DELTA	DAGANA	PODOR
PIV de 20 Ha	280	220	170
PIV superficies optimales	125 (60 ha)	115 (60 ha)	115 (40 ha)

**B/ PIV de superficies optimales. Influence des taxes et
de la durée de vie du moteur**

	HORS TAXES et DROITS		TOUTES TAXES COMPRISES	
DUREE de VIE MOTEUR	5.000 h	10.000 h	5.000 h	10.000 h
DELTA 60 Ha	125	103	170	138
AUTRES SECTEURS	115	96	157	129

**II-2. Coûts des kWh mécaniques (sur arbre pompe)
produits par centrales électrogènes locales**

Hypothèse : . Périmètre de 250 Ha
 . Groupes électropompes
 . Taux de charge moyen des centrales 50 %.

A/ Dimensionnement des centrales

	P. électrique kW	P. centrale kVA
DAGANA	47	100
PODOR	85	160
MATAM	162	300
BAKEL	184	350

B/ Coûts des kWh mécaniques (sur arbre pompe) (1)

	en FCFA par kWh	
	HORS DROITS et TAXES	TTC
DAGANA	122	171
PODOR	118	163
MATAM	110	148
BAKEL	104	138

(1) Méthode de calcul : voir "Electrification des stations de pompage de la basse vallée du fleuve SENEGAL" - CABINET d'ETUDES MARC MERLIN Juin 1982.

**II-3. Coûts des kWh mécaniques (sur arbre pompe)
fournis par un réseau électrique régional**

Hypothèse : . Périmètre de 250 Ha

A/ Dimensionnement des postes HT/BT

DELTA	50 kVA
DAGANA	100 "
PODOR	160 "
SALDE	250 "
MATAM	250 "
BAKEL	315 "

B/ Coûts des kWh mécaniques. Sont compris :

- les coûts de kWh, les pertes transformateur, la prime fixe, la redevance, l'annuité de renouvellement technique des postes HT/BT.

Tarifs SENELEC début 1985.

	en FCFA/kWh mécanique HORS DROITS et TAXES	TTC
DELTA	73	82
DAGANA	72,5	80,5
PODOR	71,8	80
SALDE	71	78
MATAM	68	75
BAKEL	68	75

III- RENOUELEMENT TECHNIQUE et MAINTENANCE des SYSTEMES de POMPAGE

III.1°) Renouveaulement technique

Les groupements paysans financeront vraisemblablement les renouvellements techniques des équipements de pompage par des emprunts. Il s'agit d'évaluer l'annuité maximale de ceux-ci.

Le coût des renouvellements techniques ne se déduit pas automatiquement du montant de l'investissement initial. Nous considérons en effet :

- que l'ouvrage de génie civil est entretenu mais non renouvelé par les coopératives,
- que la rénovation d'une pompe à ligne d'arbres suppose l'échange du mobile seulement, le corps de pompe étant conservé,
- que le renouvellement d'un groupe électropompe submersible n'implique ni celui de la virole support ni celui du tube de refoulement,
- ...

D'autre part, les durées de vie de matériels de même nature mais de technologie ou de taille différentes ne sont pas identiques.

Enfin, les enseignements du passé ne peuvent être projetés sans correction dans le futur : au cours des dernières années de sécheresse, les systèmes de pompage ont souvent été exploités avec des niveaux amont très inférieurs aux niveaux minima requis. Cette situation, très destructrice pour les lignes en particulier, ne devrait pas se reproduire après la mise en service des barrages.

La définition, pour les périmètres moyens ou grands, des critères d'évaluation de ces charges n'est pas simple. Pour fixer des ordres de grandeur, nous nous fondons sur quatre stations de pompage dont les coûts détaillés sont connus :

- station de DIAWAR (DELTA)
- " DAGANA B
- " NIANGA (PODOR)
- " GUEDE (prix d'APD étendus à MATAM).

Pour les petits périmètres villageois, les prix et durées de vie sont mieux connus.

III.2°) Maintenance entretien

L'entretien courant des systèmes de pompage recouvre les actions suivantes :

- les visites d'entretien préventif : deux par an et par système
- les graissages,
- l'échange périodique des pièces d'usure (en atelier)
- les dépannages
- ...

Les coûts annuels sont déduits du coût initial du matériel par application des ratios suivants :

- | | | |
|--|--------|----------------------|
| - Groupes électropompes ou systèmes de pompage de PIV. | 2 % | pour 1.000 h |
| | (5,6 % | par an dans le DELTA |
| | 4,6 % | par ailleurs) |
| - Equipements hydromécaniques | 2 % | par an |
| - Electricité et auxiliaires | 5 % | par an |
| - Génie civil | 1 % | par an. |

Ces coûts rémunèrent les services de maintenance (salaires, véhicules, amortissement du matériel) et les fournitures nécessaires à l'entretien.

III.2°) Maintenance entretien

L'entretien courant des systèmes de pompage recouvre les actions suivantes :

- les visites d'entretien préventif : deux par an et par système
- les graissages,
- l'échange périodique des pièces d'usure (en atelier)
- les dépannages
- ...

Les coûts annuels sont déduits du coût initial du matériel par application des ratios suivants :

- | | | |
|--|--------|----------------------|
| - Groupes électropompes ou systèmes de pompage de PIV. | 2 % | pour 1.000 h |
| | (5,6 % | par an dans le DELTA |
| | 4,6 % | par ailleurs) |
| - Equipements hydromécaniques | 2 % | par an |
| - Electricité et auxiliaires | 5 % | par an |
| - Génie civil | 1 % | par an. |

Ces coûts rémunèrent les services de maintenance (salaires, véhicules, amortissement du matériel) et les fournitures nécessaires à l'entretien.

Les résultats obtenus, détaillés dans les fiches annexées sont les suivants :

Annuités de renouvellement technique
et coût de l'entretien
en FCFA HT. HD par hectare cultivé

	RENOUVELLEMENT TECHNIQUE	MAINTENANCE ENTRETIEN
<u>Petits périmètres</u>		
20 Ha	18.700	4.200
40 Ha (PODOR)	15.000	3.300
60 Ha (DELTA-DAGANA)	12.500	2.900
<u>Station grands périmètres</u>		
DELTA (1.250 Ha)	5.700	3.200 (1)
DAGANA (700 Ha)	6.700	3.700
PODOR (900 Ha)	6.300	3.600
MATAM (300 Ha)	16.300	8.500

Pour le DELTA et DAGANA, ces coûts relatifs à des stations avec pompes à ligne d'arbres peuvent être conservés pour des unités plus petites (200-300 Ha) équipées de groupes électropompes submersibles.

Dans la région de PODOR l'incidence d'unités plus petites de même technologie (groupes submersibles) pourrait, en moyenne, majorer de 20 % les coûts établis pour NIANÇA (7.600 et 4.300 FCFA/Ha).

Les coûts élevés du renouvellement technique et de la maintenance de la station de MATAM sont la conséquence des 2 étages de relèvement projetés.

(1) Le coût de l'intervention dans le DELTA de la section électromécanique de la SAED est estimé à 12 MFCFA pour l'année 1984 (cf. Etude SDEI Bilan d'exploitation des ouvrages électrifiés) - salaires - coûts de fonctionnement et amortissements compris. Rapporté à 5.000 Ha en double culture, le service coûterait 1.600 FCFA/Ha, soit 50 % des coûts de maintenance. Ce ratio paraît raisonnable.

Petits périmètres villageois

Débit 70 l/s

Superficie irrigable à 3,5 l/s/Ha : 17,5 Ha.

Renouvellement technique HT. HD

	COÛT ACTUEL en 10 ³ FCFA	DURÉE de VIE	ANNUITE en 10 ³ FCFA
Flotteurs	1.000	7 ans	205
Pompe chassis	606	7 ans	124
Conduites	1.140	7 ans	233
			<hr/>
			562

soit 18.700 FCFA par Ha cultivée.

Maintenance - entretien Taux : 4,6 % par an.

$$2.746.000 \times 0,046 = 126.300 \text{ FCFA/an}$$

soit : 4.200 FCFA/Ha cultivé.

Le même calcul effectué pour des périmètres de 40 et 60 Ha donne les résultats suivants :

PIV de 40 Ha : Renouvellement technique : 15.000 FCFA/Ha
Maintenance : 3.300 FCFA/Ha.

PIV de 60 Ha : Renouvellement technique : 12.500 FCFA/Ha
Maintenance : 2.900 FCFA/Ha.

Station de pompage de DIAWAR

Débit 5 m³/s

Superficie irrigable à 4 l/s/Ha : 1.250 Ha.

Renouvellement technique HT. HD

	COUT ACTUEL en MFCFA HT	DUREE de VIE ESTIMEE	ANNUITE en MFCFA
Mobile pompe	66	15 ans	7,26
Moteur-réducteur-rhéostat	10,3	15 ans	1,13
Electricité	9,2	10 ans	1,29
Auxiliaires	6,6	10 ans	0,92
			<hr/>
			10,6

soit 5.700 FCFA par Ha cultivé.

Maintenance - entretien

	COUT HT. HD. en MFCFA	TAUX %	COUT ANNUEL en MFCFA HT
Groupes électropompes	66	5,6	3,7
Hydromécanique (grilles)	6	2	0,12
Auxiliaires et électricité	14,8	5	0,74
Génie civil	150 (estim.)	1	1,5
			<hr/>
			6,06

soit 3.200 FCFA par Ha cultivé.

(1) emprunt à 7 %.

Station de pompage de DAGANA B

Débit 4 x 700 l/s

Superficie irrigable à 4 l/s/Ha : 700 Ha.

Consultation pour réhabilitation en 1984.

Renouvellement technique en FCFA HT. HD
y compris transport et main-d'oeuvre

	COUT ACTUEL en MFCFA HT	DUREE de VIE	ANNUITE en MFCFA
Mobile pompe (nb. 4)	24	10 ans	3,36
Moteurs électriques	15,6	15 ans	1,72
Hydromécanique	5	15 ans	0,55
Electricité	10	10 ans	1,4
			<hr/>
			7,03

soit 6.700 FCFA par Ha cultivé.

Maintenance - entretien

	COUT HT. HD. en MFCFA	TAUX %	COUT ANNUEL en MFCFA HT
Groupes électropompes	39,6	4,6	1,82
Hydromécanique	5	2	0,10
Electricité	10	5	0,50
Génie civil	150	1	1,50
			<hr/>
			3,92

soit 3.700 FCFA par Ha cultivé.

Station de NLANGA

Débit 4 x 900 l/s
Superficie irrigable à 4 l/s/Ha : 900 Ha.

Station mise en service en 1984.

Renouvellement technique HT. HD
y compris transport et main-d'oeuvre

	COUT ACTUEL en MFCFA HT	DUREE de VIE ESTIMEE	ANNUITE en MFCFA HT
Groupes électropompes	55	15 ans	6,05
Hydromécanique	5	15 ans	0,55
Electricité	13,7	10 ans	1,92
			<hr/>
			8,52

soit 6.300 FCFA par Ha cultivé.

Maintenance - entretien

	COUT ACTUEL en MFCFA HT	TAUX %	COUT ANNUEL en MFCFA HT
Groupes électropompes	55	4,6	2,53
Hydromécanique	5	2	0,10
Electricité	13,7	5	0,69
Génie civil	150 (estim.)	1	1,50
			<hr/>
			4,82

soit 3.600 FCFA par Ha cultivé.

Station de POMPAGE MOYEN PERIMETRE - REGION de MATAM

Débit 1.200 l/s

Superficie irrigable à 4 l/s/Ha : 300 Ha.

Coûts extrapolés de l'APD de GUEDE (GERSAR). Station à 2 étages de pompage.

Renouvellement technique HT. HD

y compris transport et main-d'oeuvre

	COUT ACTUEL en MFCFA HT	DUREE de VIE ESTIMEE	ANNUITE en MFCFA HT
Groupes électropompes	33	15 ans	3,63
Vannage	21	15 ans	2,31
Electricité	10	10 ans	1,40
			<hr/>
			7,34

soit 16.300 FCFA par Ha cultivé.

Maintenance - entretien

	COUT ACTUEL en MFCFA HT	TAUX %	COUT ANNUEL en MFCFA HT
Groupes électropompes	33	4,6	1,52
Vannage	21	2	0,42
Electricité	10	5	0,50
Génie civil et siphon	140	1	1,4
			<hr/>
			3,84

soit 8.500 FCFA par Ha cultivé.

IV- STATIONS de POMPAGE GARDIENNEE ou AUTOMATIQUE ?

Cette question ne se pose que pour les stations électrifiées par un réseau régional. Celles qui utilisent des groupes électrogènes ou des groupes motopompes nécessitent un gardien.

Un pompiste coûte 60.000 FCFA par mois charge comprise, soit 720.000 FCFA par an après extension de la double culture.

L'automatisation d'une station de pompage nécessite la création d'un bief de régulation dans lequel le marnage est voisin de 0,40 m. On peut considérer, qu'en moyenne, l'automatisation majore la hauteur d'élévation de 0,20 m.

Le problème du gardiennage ou de l'automatisation des stations de pompage peut ainsi être abordé en termes économiques : Est-il plus avantageux de payer un pompiste ou un peu plus d'énergie ?

Le calcul montre qu'il est avantageux d'automatiser les stations de pompage qui dominent des périmètres de superficies inférieures à 380 ou 410 Ha suivant que l'énergie est vendue hors taxe ou TTC.

La dépense supplémentaire d'énergie induite par l'automatisation est de :

- 1.700 FCFA HT par hectare (1)
- 1.900 FCFA TTC "

Les stations de drainage doivent toujours être automatiques.

(1) A comparer au coût actuel des pompistes qui dans le DELTA peut atteindre 12.000 FCFA/Ha (THIAGAR et F-hivernage 1984).

V- COUTS de POMPAGE

Ils sont assemblés dans les tableaux suivants.

COUTS MOYENS du POMPAGE par HECTARE CULTIVE

DIAMA + MANANTALI

k occupation des sols = 1,5 (0,9 + 0,6)

100 % RIZ

Région DELTA

HORS TAXES

	ENERGIE	SYSTEME de POMPAGE RENOUVELLEMENT	MAINTENANCE	POMPISTE ou AUTOMATISATION	EXHAURE	TOTAL FCFA/Ha
	A	B	C			
PIV 20 Ha "5.000 h"	69.200	18.700	4.200	compris		92.100 HT
PIV 60 Ha "5.000 h"	30.900	12.500	2.900	"		46.300 "
Station électrifiée (S) 200 Ha)	8.500	5.700	3.200	1.700	5.000 (1)	24.100 "

TTC

PIV 20 Ha "5.000 h"	94.000	26.200	5.500	compris		125.700TTC
PIV 60 Ha "5.000 h"	42.000	17.500	3.800			63.300 "
Station électrifiée (S) 200 Ha)	9.500	8.000	4.200	1.900	6.500 (1)	30.100 "

(1) 30 % de A+B+C Estimation.

COUTS MOYENS du POMPAGE par HECTARE CULTIVE

k occupation des sols = 1,5
2/3 RIZ
1/3 POLY CULTURE

Région DAGANA

	ENERGIE	SYSTEME de POMPAGE RENOUVELLEMENT MAINTENANCE		POMPISTE ou AUTOMATISATION	EXHAURE (1)	TOTAL FCFA/Ha
HORS TAXES	A	B	C			
PIV 20 Ha	60.900	18.700	4.200	compris		83.800 HT
PIV 60 Ha	31.900	12.500	2.900	"		47.300 "
Station électrifiée par G.E	22.600	5.700	3.200	compris	9.500	41.000
(S) 200 Ha)				1.700	6.700	30.700
" par réseau	13.400	5.700	3.200			
TTC						
PIV 20 Ha	82.300	26.200	5.500	compris		114.000TTC
PIV 60 Ha	43.500	17.500	3.800	"		64.800 "
Station électrifiée par G.E	31.600	8.000	4.200	compris	13.100	56.900
(S) 200 Ha)				1.900	8.100	37.100
" par réseau	14.900	8.000	4.200			

(1) 30 % de A+B+C

COUTS MOYENS du POMPAGE par HECTARE CULTIVE

k occupation des sols = 1,5
2/3 RIZ
1/3 POLYCLTURE

Région PODOR

	ENERGIE	SYSTEME de POMPAGE RENOUVELLEMENT	MAINTENANCE	POMPISTE ou AUTOMATISATION	EXHAURE (1)	TOTAL FCFA/Ha
HORS TAXES	A	B	C			
PIV 20 Ha	69.000	18.700	4.200	compris		91.900 HT
PIV 40 Ha	46.700	15.000	3.300	"		65.000 "
Station avec centrale G.E (S) 200 Ha)	39.400	7.600	4.300	"	10.300	61.600
Station électrifiée par réseau	24.000	7.600	4.300	1.700	7.200	44.800
TTC						
PIV 20 Ha	93.200	26.200	5.500			124.900TTC
PIV 40 Ha	63.700	21.000	4.300	"		89.000 "
Station avec centrale G.E (S) 200 Ha)	54.400	10.600	5.600	"	14.100	84.700
Station électrifiée par réseau	26.700	10.600	5.600	1.900	8.600	53.400

(1) 20 % de A+B+C Estimation.

COUTS MOYENS du POMPAGE par HECTARE CULTIVE

k occupation des sols = 1,5
2/3 RIZ
1/3 POLYCULTURE

Région SALDE

	ENERGIE	SYSTEME de POMPAGE		POMPISTE ou AUTOMATISATION	EXHAURE (1)	TOTAL FCFA/Ha
	A	B	C			
HORS TAXES						
PIV 20 Ha	67.600	17.800	4.200	compris		89.600 HT
Station avec centrale G.E	55.900	16.300	8.500		16.100	96.800
(S) 200 Ha)						
Station électrifiée par réseau	35.100	16.300	8.500	1.700	12.000	73.600
TTC						
PIV 20 Ha	92.300	26.200	5.500			124.000TTC
Station avec centrale G.E	75.700	22.800	11.100		21.900	131.500
(S) 200 Ha)						
Station électrifiée par réseau	38.600	22.800	11.100	1.900	14.500	88.900

COUTS MOYENS du POMPAGE par HECTARE CULTIVE

DIAMA + MANANTALI

k occupation des sols = 1,5
2/3 RIZ
1/3 POLYCULTURE

Région MATAM

	ENERGIE	SYSTEME de POMPAGE		POMPISTE ou AUTOMATISATION	EXHAURE (1)	TOTAL FCFA/Ha
		RENOUVELLEMENT	MAINTENANCE			
HORS TAXES	A	B	C			
PIV 20 Ha	81.300	17.800	4.200	compris		103.300 HT
Station électrifiée par G.E	72.200	16.300	8.500		19.400	116.400
(S) 200 Ha)						
Station électrifiée par réseau	44.600	16.300	8.500	1.700	13.900	85.000
TTC						
PIV 20 Ha	111.000	26.200	5.500			142.700TTC
Station électrifiée par G.E	97.100	22.800	11.100	-	26.200	157.200
(S) 200 Ha)						
Station électrifiée par réseau	49.200	22.800	11.100	1.900	16.600	101.600

(1) 20 % de (A+B+C) Estimation.

COUTS MOYENS du POMPAGE par HECTARE CULTIVE

DIAMA + MANANTALI

k occupation des sols = 1,5

2/3 RIZ

1/3 POLYCLTURE

Région BAKEL

	ENERGIE	SYSTEME de POMPAGE		POMPISTE ou	EXHAURE	TOTAL
		RENOUVELLEMENT	MAINTENANCE	AUTOMATISATION	(1)	FCFA/Ha
HORS TAXES	A	B	C			
PIV 20 Ha GMP	93.000	18.700	4.200	compris		115.900 HT
Station électrifiée par G.E	80.000	17.100	8.500		21.100	126.700
(S) 200 Ha)						
Station électrifiée par réseau	52.300	17.100	8.500	1.700	15.900	95.500
TTC						
PIV 20 Ha GMP	127.000	27.500	5.500		28.200	169.200TTC
Station électrifiée par G.E	106.000	23.900	11.100	-	28.200	169.200
(S) 200 Ha)						
Station électrifiée par réseau	57.700	23.900	11.100	1.900	18.500	113.100

(1) 20 % de (A+B+C) Estimation.

VI- BESOINS en ENERGIE et en PUISSANCE de la VALLEE

Ces besoins sont essentiellement de trois natures :

- les besoins agricoles : pompage, drainage et mécanisation
- les besoins agro-industriels
- les besoins domestiques et ceux des services.

VI-1. Les besoins de l'agriculture

A. Irrigation et drainage

La programmation des aménagements et les ratios établis précédemment pour les besoins en énergie par hectare cultivé et en puissance par hectare aménagé, définissent les énergies et puissance mécaniques nécessaires.

Cette énergie primaire globale doit être décomposée suivant le mode d'utilisation en :

- énergie mécanique utilisée directement (groupes motopompes)
- énergie électrique.

La répartition entre ces deux modes d'utilisation de l'énergie repose sur les deux principes suivants :

- les périmètres villageois isolés resteront, sauf opportunité, desservis en énergie mécanique. Leurs besoins énergétiques s'expriment en demande de carburant.

Nous avons estimé que ce type d'aménagements concerne un espace limité qui devrait être saturé en 1990-1995.

A ces échéances, ces aménagements occuperont les superficies suivantes :

- . Rive gauche : 19.000 Ha
- . Rive droite : 5.800 Ha.

- les autres aménagements projetés, qu'il s'agisse :

- . de grands périmètres
- . de moyens périmètres
- . d'aménagements intermédiaires à 1 ou 2 niveaux de pompage.

sont avantageusement électrifiables.

Les besoins exprimés en énergie électrique tiennent compte :

- . du rendement de la conversion entre énergie électrique et énergie mécanique
- . des besoins en énergie du drainage estimés à raison de :

30 % des besoins du pompage dans le DELTA
20 % ailleurs.

B. Mécanisation

Les besoins énergétiques de la mécanisation s'expriment en demande de carburant.

Nous avons estimé que la culture mécanisée ne concernait pas les PIV isolés, mais seulement les autres aménagements. Sur ceux-ci, nous retenons, comme base de calcul, l'évaluation suivante (1) :

1 tracteur 50-60 CV pour une exploitation de 45 Ha
Temps d'utilisation annuelle :

Culture (riz+polyculture	630 h/an
Transport de récolte	200 h/an

Total	830 h/an.
-------	-----------

Utilisation moyenne à demi charge (25 CV)
consommation 5 l de G.O à l'heure, soit 4.150 l de G.O/an pour
45 Ha irrigables et 90 litres/Ha.

Les résultats de ces calculs font l'objet des tableaux suivants :

(1) GERSAR Schéma directeur rive gauche.

VI-2. Besoins des industries agro-alimentaires

Ces besoins sont évalués sur la base de 50 kWh par hectare cultivé. Ce sont les besoins qui seraient observés si tous les périmètres étaient exploités en riziculture avec un taux de commercialisation de 50 %.

$$\begin{aligned} 4,5 \text{ (t/ha)} \times 1,5 \times 0,5 \text{ (commercialisation)} \\ = 3,4 \text{ tonnes commercialisées/ha.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3,4 \times 14 \text{ kWh/tonne de paddy} &= 47,6 \text{ kWh/ha} \\ &= 50 \text{ kWh/ha} \end{aligned}$$

VI-3. Besoins domestiques et des services

Exception faite de la ville de ST LOUIS, ces besoins sont à peine exprimés actuellement dans les besoins observés par les sociétés nationales d'électricité dont les réseaux sont peu étendus. De nombreuses centrales électrogènes privées (notamment celles de base des sociétés d'aménagement) cohabitent avec les quelques réseaux publics existants.

Pour évaluer les besoins domestiques et des services aux échéances 1995-2010, nous avons adopté les critères suivants :

- L'énergie distribuée par les réseaux de distribution publique donnent une image acceptable des besoins à satisfaire actuellement.
- Deux facteurs devraient stimuler la croissance de ces besoins :
 - . la croissance des superficies aménagées au voisinage d'un réseau de distribution. Il n'est pas déraisonnable de penser que les besoins domestiques et des services devraient croître comme la production agricole.
 - . l'amélioration du confort domestique.

Ces deux facteurs ont, pour certains centres, été pondérés par un coefficient, très subjectif, minorant les croissances jugées excessives.

Il est clair, à la lecture de ce qui précède, que, dans ce domaine du domestique et des services, notre ambition se limite à cerner des ordres de grandeurs des besoins en énergie.

PROGRAMMATION des AMENAGEMENTS en HECTARES

	1984			1995			2010		
	PIV	GP ou AI	TOTAL	PIV	GP ou AI	TOTAL	PIV	GP ou AI	TOTAL
Rive gauche									
. DELTA	1.209	11.014	12.223	2.400	30.850	33.250	2.400	43.500	45.900
. PODOR	4.009	1.557	5.566	7.630	7.630	15.260	7.630	21.130	28.760
. MATAM	3.185	-	3.185	7.000	8.470	15.470	7.000	23.200	30.200
. BAKEL	795	-	795	2.090	-	2.090	2.090	2.590	4.680
	9.198	12.571	21.769	19.120	46.950	66.070	19.120	90.420	109.540
Rive droite									
. TRARZA	932	-	932	2.819	5.581	8.400	2.819	7.081	9.900
. BRAKNA	470	950	1.420	1.611	12.889	14.500	1.611	21.689	23.300
. GORGOL	601	600	1.201	900	13.450	13.450	900	25.700	26.600
. GUIDIMAKA	390	-	390	500	1.250	1.750	500	7.400	7.900
	2.393	1.750	4.143	5.830	33.170	39.000	5.830	61.870	67.700
TOTAL RIVE DROITE + RIVE GAUCHE			26.000		105.070			177.240	

RIVE GAUCHE

Besoins en énergie pour l'agriculture
(irrigation + drainage + mécanisation)

REGIONS	1995				2010			
	ELECTRICITE		CARBURANT		ELECTRICITE		CARBURANT	
	PUISSANCE	ENERGIE	en m3 de G.O.		PUISSANCE	ENERGIE	en m3 de G.O.	
	MW	GWh	GMP	TRACTEURS	MW	GWh	GMP	TRACTEURS
DELTA sans CSS (jusqu'à DAGANA)	4,50	9,40	192	2.770	6,1	13	192	3.900
PODOR (de R TOLL à KASKAS)	4,80	7,50	1.552	686	13,7	21,3	1.552	1.900
MATAM (de KASKAS à DIELA)	6,80	12,00	2.227	762	18,7	33	2.227	2.100
BAKEL	-	-	760	-	2,40	4,3	760	230
			4.731	4.218			4.731	8.130
	16,1	28,9	8.949		40,9	71,6	12.861	

RIVE DROITE

Besoins en énergie pour l'agriculture
(irrigation + drainage + mécanisation)

REGIONS	1995				2010			
	ELECTRICITE		CARBURANT		ELECTRICITE		CARBURANT	
	PUISSANCE	ENERGIE	en m3 de G.O.		PUISSANCE	ENERGIE	en m3 de G.O.	
	MW	GWh	GMP	TRACTEURS	MW	GWh	GMP	TRACTEURS
TRARZA (Mt POURIE KOUNDI)	0,80	1,60	390	500	1,37	3	390	637
BRAKNA (KOUNDI-BOGUE Mt BAGNE)	6,70	11	355	1.160	11,45	18,40	355	1.875
GORGOL (de KAEDI à MOGHAMA)	7,20	12,70	286	808	17,8	31,30	286	1.990
(1)								
GUIDIMAKA	1,10	2,10	606	112	7	12,7	606	689
			1.637	2.580			1.637	5.191
	15,8	27,4	4.217		37,60	65,40	6.828	

(1) sans GORGOL NOIR

**BESOINS en ENERGIE ELECTRIQUE
DOMESTIQUE + SERVICES**

RIVE GAUCHE

	BESOINS ACTUELS	TENDANCE -) 1995			1995	TENDANCE 1995-2010			2010	
	GWH	K1	K2	KR	GWH	K1	K2	KR	GWH	
ST LOUIS	8	2,50	-	1,60	12,8	-	-	1,6	20,5)
R. TOLL	1,2	1,98	1,25	2,50	3	1,42	1,35	1,9	5,7) DELTA
DAGANA	0,5	"	-	3	1,5	1,42	"	1,9	2,5)
PODOR	0,9	2,74	1,25	3,4	3,1	1,88	"	2,5	7,8	
MATAM	1,5	5	1,25	6,25	6	1,95	"	2,5	15	
BAKEL	1,1	2,6	1,25	3,25	3,6	2,23	"	3	10,8	
	12,8				30				62,3	

K1 = Coef. de croissance des superficies aménagées autour du centre
K2 = Coef. d'amélioration du confort domestique 2% par an
KR = K1 x K2 (éventuellement pondéré).

**BESOINS en ENERGIE ELECTRIQUE
DOMESTIQUE + SERVICES**

RIVE DROITE

	BESOINS ACTUELS	TENDANCE -) 1995			1995	TENDANCE 1995-2010			2010
	GWH	K1	K2	KR	GWH	K1	K2	KR	GWH
ROSSO	1,6	5	1,25	6,25 (3)	4,8	1,33	1,35	1,8	8,6
BOGUE	1 (1)	6,4	"	8 (4)	4	1,6	"	2,10	8,4
KAEDI	1,9	9	"	11,2 (3)	5,7	1,8	"	2,5	14,2
GOURAYE	0,4 (1)	4,4	"	5,5 (3)	1,2	4,5	"	6 (4)	4,8
	4,9				15,7				36

K1 = Coef. de croissance des superficies aménagées autour du centre
K2 = Coef. d'amélioration du confort domestique 2% par an
KR = K1 x K2 (éventuellement pondéré).

BESOINS en ENERGIE et en PUISSANCE des AGRO-INDUSTRIES

RIVE GAUCHE

1995		2010	
GWH	MW	GWH	MW
DELTA	1,7	2,3	1,30
PODOR	0,76	1,40	0,48
MATAM	0,76	1,50	0,50
BAKEL	0,10	0,23	0,08
3,32	1,10	5,43	2,36

RIVE DROITE

TRARZA	0,13	0,04	0,36
BRACKNA	0,72	0,24	1,12
GORGOL	0,50	0,16	1,15
GUIDIMAKA	0,10	0,03	0,40
1,45	0,47	3,03	1,0