

REPUBLIQUE DU SENEGAL

Ministère du Développement Rural et de l'Hydraulique

S.A.E.D.

Bureau d'Etudes et de Contrôle

DDC 59.5

**ETUDES DE FAISABILITE
ET D'AVANT-PROJET SOMMAIRE
DE L'EMISSAIRE DELTA**

Rapport Final Provisoire

Février 1993

Groupement LAHMEYER INTERNATIONAL - SOGREAH

RAPPORT FINAL

Table des matières

| | <u>Page</u> |
|---|-------------|
| 1. RESUME | 1 |
| 2. CADRE GENERAL | 5 |
| 2.1 La place du projet dans le delta | 5 |
| 2.2 Aspects démographiques | 5 |
| 2.3 Les contraintes principales | 7 |
| 2.4 Les objectifs du projet et de l'étude | 7 |
| 3. ETUDE DE FAISABILITE | 8 |
| 3.1 Introduction | 8 |
| 3.1.1 Situation hydraulique actuelle | 8 |
| 3.1.2 Variantes selon le Plan Directeur | 9 |
| 3.1.3 Délimitation de la zone d'étude | 10 |
| 3.2 Description et comparaison des alternatives | 10 |
| 3.2.1 Variante Nord | 11 |
| 3.2.2 Variante Sud | 11 |
| 3.2.3 Variante Dakar-Bango | 13 |
| 3.2.4 Variante Djeuss Amont | 13 |
| 3.3 Délimitation des zones à desservir | 13 |
| 3.4 Pédologie | 14 |
| 3.5 Ecologie | 16 |
| 3.5.1 Généralités | 16 |
| 3.5.2 Le Parc National du Djoudj | 17 |
| 3.5.3 La dépression du N'Diael | 18 |
| 3.5.4 La cuvette de Noar | 19 |
| 3.5.5 La dépression de Pardiagne | 19 |
| 3.5.6 Petits marigots | 19 |
| 3.5.7 Programme d'études et de suivi | 19 |
| 3.6 Génie rural et génie civil | 20 |
| 3.6.1 Critères de drainage | 20 |
| 3.6.2 Drainage vers les dépressions | 21 |
| 3.6.3 Débits de drainage | 22 |
| 3.6.4 Calage hydraulique | 22 |

Table des matières
(suite)

| | | <u>Page</u> |
|---------------|---|-------------|
| 3.7 | Génie civil | 24 |
| 3.7.1 | Aspects géotechniques | 24 |
| 3.7.2 | Aspects de dimensionnement des drains | 24 |
| 3.7.3 | Stations de refoulement | 25 |
| 3.7.4 | Autres ouvrages | 27 |
| 3.7.5 | Approvisionnement en eau | 27 |
| 3.8 | Gestion du système de drainage | 28 |
| 3.8.1 | Situation actuelle | 28 |
| 3.8.2 | Recommandations | 29 |
| 3.9 | Aspects socio-économiques | 29 |
| 3.9.1 | L'agriculture | 29 |
| 3.9.2 | L'approvisionnement en eau | 30 |
| 3.9.3 | L'élevage et l'approvisionnement en eau du bétail | 31 |
| 3.9.4 | La santé | 31 |
| 3.9.5 | Les réfugiés et les rapatriés | 32 |
| 3.9.6 | Recommandations | 32 |
| 3.10 | Analyse économique | 34 |
| 3.10.1 | Généralités | 34 |
| 3.10.2 | Coûts d'investissement | 35 |
| 3.10.3 | Coûts récurrents | 37 |
| 3.10.4 | Bénéfices | 38 |
| 3.10.5 | Impact économique et Cash flow | 41 |
| 3.10.6 | Conclusion | 44 |
| BIBLIOGRAPHIE | | 45 |

LISTE DES FIGURES

| | | |
|----|---|---|
| 1. | Situation géographique et cadre administratif | 6 |
|----|---|---|

Tables des matières
(suite)

LISTE DES ANNEXES

- 1 - Socio-économie
- 2 - Ecologie
- 3 - Pédologie
- 4 - Génie rural et génie civil
- 5 - Economie
- 6 - Reconnaissance des sols
- 7 - Dragueur-suceuse
- 8 - Bordereau des prix unitaires
- 9 - Calage hydraulique et descriptions de logiciel
- 10 - Données techniques sur les pompes

1. RESUME

La réalisation des barrages de Manantali et de Diama permettra à terme la mise en double culture d'environ 61.740 ha de riz dans le delta du fleuve Sénégal. Le système naturel de drainage a été modifié au gré de l'aménagement des périmètres actuels et pour permettre l'adduction d'eau potable pour St.-Louis. En conséquence, la situation actuelle se caractérise par les contraintes suivantes:

- Les zones naturelles du Parc de Djoudj, N'Diael, Pardiagne, Noar et du Lac de Guiers sont affectées par le drainage des eaux salées et polluées par des produits chimiques.
- Les eaux sont utilisées tant pour l'irrigation de périmètres que pour l'alimentation en eau de la population et du bétail.
- Les nouveaux aménagements, notamment les petits périmètres privés, ne peuvent pas sortir leurs eaux de drainage, ce qui les condamne à une salinisation très rapide, surtout à cause de la salinité élevée des sols et de la nappe souterraine.

Dans le cadre de l'étude du Plan Directeur Rive Gauche, un tracé général du schéma de drainage a été choisi. Ce tracé, qui suit le lit du Djeuss, est le plus court et le plus proche et utilise les dépressions existantes pour y décharger les gros débits afin de pouvoir diminuer le gabarit de l'émissaire principal. Trois variantes ont été étudiées dont la variante avec la décharge à Dakar Bango n'est pas envisagé plus avant.

Dans le cadre des présentes études, la factibilité de la réalisation d'un réseau de drainage selon les variantes Nord et Sud a été étudiée. En plus, quelques remarques sont présentés sur la variante de Dakar-Bango.

Une comparaison préliminaire des deux alternatives a montré que la variante Nord, qui traverse le cordon dunaire sur lequel se situe la forêt classée de Maka Diama, exigerait la réalisation d'un conduit coûteux et entraînerait des frais d'exploitation plus élevés que dans le cas de la variante Sud, avec sa décharge au niveau du pont dans la piste de Diama. Cette solution-ci permettrait de gérer entièrement à des fins écologiques et pour l'élevage la qualité et la quantité des eaux dans la dépression de Pardiagne. En plus, la dépression pourrait fonctionner comme bassin tampon, ce qui diminuerait la capacité et donc le coût de la station de refoulement. Afin d'assurer et d'améliorer l'approvisionnement en eau de la population et du bétail, cette variante devrait être réalisée, mais à condition que l'adduction d'eau à St.-Louis passe à travers la zone concernée et que la station d'exhaure se situe à Maka. Cette solution-ci a été considérée favorablement par la SONEES après consultation officielle avec celle-ci.

Les superficies à desservir par l'émissaire sont les suivantes:

- horizon 1995 : 10.500 ha
- horizon 2000 : 13.500 ha
- horizon 2015 : 26.500 ha.

L'étude pédologique a montré que pour la planification des périmètres, des études complémentaires sont absolument nécessaires, surtout à cause de la présence de couches sableuses au-dessous des couches argileuses ou limoneuses superficielles, souvent d'une épaisseur faible. La présence d'une nappe phréatique est un élément dangereux pour l'évolution des sols. Une remontée de son niveau pourrait entraîner une imperméabilisation des couches superficielles argileuses par alcalisation. Pour cette raison, le drainage est absolument indispensable. Les apports éoliens demanderont un entretien plus intensif des drains et des canaux, ce qui augmentera les coûts de fonctionnement.

En ce qui concerne l'écologie, il importe de considérer les aspects suivants:

- Afin de maîtriser la qualité et la quantité d'eau ainsi que le niveau d'eau dans le Parc de Djoudj, le drainage pourrait être effectué à travers un drain vers la station de Gaëla.
- Afin de réduire les risques de pollution de la dépression de N'Diaël, le déversoir d'épandage des eaux de pluie devrait être conçu de manière à éviter tout risque de débordement des eaux de vidange des casiers et à ne laisser entrer que des eaux de drainage très diluées. En plus, la station de refoulement du Lampsar et l'émissaire entre N'Diaël et la station pourraient être utilisés pour alimenter la dépression en eau douce et faciliter ainsi la création d'une zone étendue de pâturages de décrue.
- La qualité et la quantité des eaux dans la dépression de Noar ainsi que les pâturages pourraient être maîtrisés par le système de drainage, formulé dans le Schéma Directeur, et par une alimentation en eau douce en utilisant la station d'irrigation à côté du Lampsar la station de drainage de Pont Gendarme.
- La gestion de la dépression de Pardiagne devrait être assurée par la station de refoulement du Djeuss pour le drainage. En plus, l'adducteur du Bas Lampsar pourrait être utilisé pour l'alimentation en eau douce. La dépression possède des habitats très complets pour l'élevage.
- L'infrastructure de drainage dans le delta présente également des possibilités de gérer les marigots des lacs de Boundoum, de Ndoun et du Djeuss pour améliorer la vie pastorale et l'équilibre écologique régional.

Quant aux aspects techniques, il est proposé d'adopter un débit de 0,5 l/s/ha pour le drainage des eaux de vidange et de sous-terrains et de 2,0 l/s/ha pour les eaux de pluie. La reconnaissance géotechnique a indiqué que les stations de refoulement et les ouvrages de traversée du Gorom (Gaëla) et du Lampsar doivent être fondés sur des pieux jusqu'à une profondeur de 17 à 20 m. Les conditions sur les sites de la station de refoulement du Djeuss rendent possible une fondation sur semelle ou sur radier général. Les sondages effectués le long du Djeuss et de ses affluents indiquent que l'émissaire traverse des zones de nature hétérogène ayant une perméabilité suffisante pour un transit d'eau de drainage. Une grande partie des sondages indiquent la présence de sols permettant la

construction des remblais compactés de qualité moyenne. Les fruits des drains varient entre 2 pour 1 et 3 pour 1 selon la qualité des sols traversés et les profondeurs. Les fruits des digues qui sont de faible hauteur varie entre 1 pour 1 et 2 pour 1. Pour les calculs la dernière valeur a été utilisée.

Après comparaison des alternatives Nord, Sud et Dakar Bango avec leurs variantes, les variantes S2 et S3 de l'alternative Sud ont été retenues et leurs coûts calculés.

Concernant les aspects socio-économiques, l'approvisionnement en eau potable de la population et du bétail par le conduit d'eau selon les variantes Sud diminuerait les risques sanitaires actuels. En plus, la création de zones de pâturage dans les dépressions de N'Diael, Noar et de Pardiagne pourrait améliorer la vie pastorale, présentement en conflit avec la vie agricole.

Les aspects financiers principaux des variantes sont les suivants:

(à compléter par R.Wiens)

2. CADRE GENERAL

2.1 La place du projet dans le delta

Limitée au nord et à l'est par le Fleuve Sénégal, au sud par la région de Tambacounda et celle de Louga et à l'ouest par l'océan atlantique, la région de St.-Louis a une superficie de 44.127 km² représentant 22,4 % du territoire national (voir Figure 1)

Selon le découpage administratif, la région comporte 3 départements, 12 arrondissements, 5 communes, 28 communautés rurales et 934 villages. Le département de Dagana qui couvre notre zone d'études comprend 3 communes (St.-Louis, Richard-Toll, Dagana), 3 arrondissements (Rao, Ross-Béthio, M'bane), 6 communautés rurales (Gandon, Mpal, Ross-Béthio, Rosso Sénégal, M'bane, Gaye) et 339 villages et couvre une superficie de 6.087 km² correspondant à 14,8 % de celle de la région; il est arrosé par le Sénégal et ses affluents: le Djeuss, le Lampsar et le Taouey qui alimente le lac de Guiers.

2.2 Aspects démographiques

La population au niveau du département s'élève à 293.395 habitants dont 165.211 résident dans les zones urbaines et 128.184 dans les zones rurales. Elle se compose de 145.590 hommes et 145.805 femmes et comporte 27.677 concessions et 32.576 ménages. Le nombre moyen d'individus par concession y est de 11 et la densité est de 48 h/km². L'arrondissement de Ross-Béthio où sont rattachés administrativement les villages étudiés comporte une population qui s'élève à 50.123: il est le plus peuplé de tous les arrondissements de la région; on y compte 24.883 hommes, 25.240 femmes, 5.089 concessions et 5566 ménages. Quant à la communauté rurale de même nom, sa population se chiffre à 32.814 habitants répartis dans 3.457 concessions, 3.833 ménages et composée de 16.186 hommes et 16.628 femmes. La population totale des villages étudiés dans cette communauté rurale se chiffre à environ 3.950 habitants, soit près de 1/9 de la population de la communauté rurale.

Le rapport de masculinité s'y situe à moins 89 hommes pour 100 femmes en raison de la grande mobilité des hommes: cette mobilité est surtout forte dans les zones d'habitation des Maures dont la principale activité des hommes est le commerce.

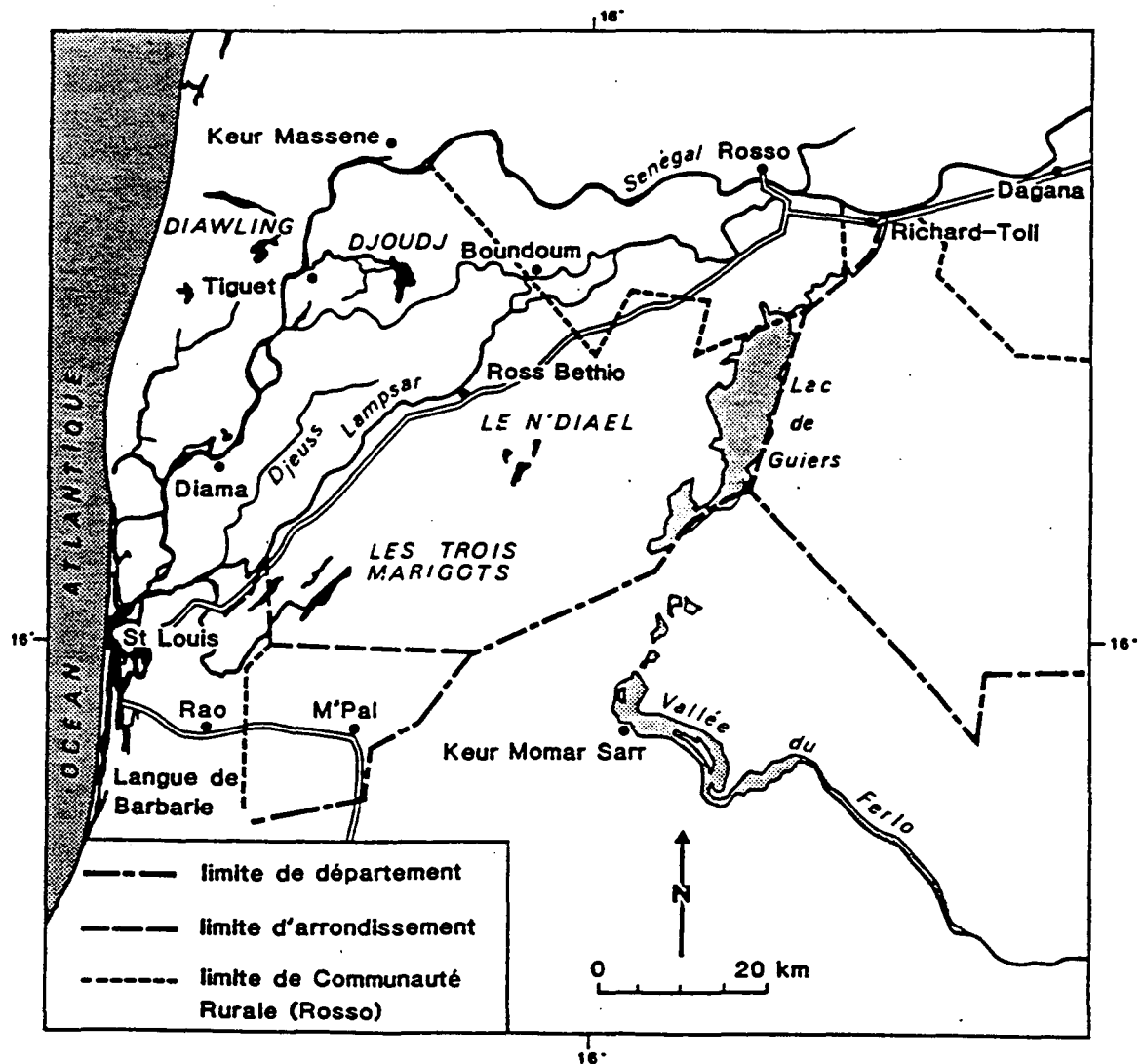


Figure 1: Situation géographique et cadre administratif

Dans la région de St.-Louis, les principales ethnies sont: les Toucouleurs (48,2 %), les Wolofs (27,7 %), les Peulhs (14,8 %), les Maures (4,1 %) et les Soninkés (2,8 %). Dans le département de Dagana, les Wolofs dominants dans les zones urbaines constituent 58 % de la population totale. Dans notre zone d'étude et surtout pour les villages concernés par notre enquête, exception faite de Boundoum Barrage, la répartition ethnique donne: ethnie maure 39 %, ethnie wolof 36 %, ethnie poular 25 %. A Boundoum la répartition ethnique donne: ethnie wolof 67 %, ethnie poular 17,3 % et ethnie maure 12,3 %.

2.3 Les contraintes principales

La situation actuelle se caractérise par les contraintes suivantes (voir plan P1 en annexe):

- Les sols ont une importante salinité liée à leur pédogénèse, de même que la nappe souterraine. L'irrigation des terres sans drainage pourrait élever la nappe vers la surface et rendre impossible toutes cultures irriguées.
- Plusieurs zones naturelles sont affectées par le drainage des eaux salées et polluées par des produits chimiques:
 - . Le périmètre de Boundoum rejette ses eaux de drainage vers le fleuve Sénégal via le Gorom Aval qui traverse la zone écologique protégée du parc de Djoudj.
 - . Une partie des casiers de la CSS se draine dans l'hydro-système du lac de Guiers aussi utilisé pour l'adduction en eau potable de Dakar.
 - . Les périmètres de Kassack Nord et Sud, Grande Digue et Tellel épandent leurs eaux de drainage dans la dépression de N'Diael protégée par des conventions internationales.
 - . Les différents périmètres du Lampsar rejettent leurs eaux dans des dépressions sans exutoires (Pardiagne, Krankaye, Noar) qui se salinisent.
 - . Les nouveaux aménagements, notamment les petits périmètres privés, ne peuvent pas sortir leurs eaux de drainage, ce qui les condamne à une salinisation progressive et à leur abandon à terme.
- Les eaux sont utilisées tant pour l'irrigation de périmètres que pour l'alimentation en eau de la population et des animaux.

En conséquence, aucun schéma d'aménagement ne peut être adopté sans prise en compte préalable des contraintes citées ci-dessus.

2.4 Les objectifs du projet et de l'étude

Dans le cadre de l'étude du Plan Directeur Rive Gauche réalisée par le groupement Gersar-Euroconsult-Gibbs-Soned, une étude préliminaire du schéma de drainage du delta a été effectuée. Elle a abouti au choix d'un tracé général pour l'émissaire principal du delta dit "EMISSAIRE DELTA".

Le tracé retenu, celui qui suit le Djeuss, résultait des objectifs suivants:

- utiliser au mieux les marigots existants pour diminuer les volumes de terrassements et donc le coût des travaux;
- adopter le tracé le plus court et le plus proche de l'ensemble des périmètres;

- ne pas brancher sur l'émissaire principal des périmètres trop éloignés, ce qui entraînerait de coûteux travaux de liaison;
- utiliser les dépressions existantes pour y décharger les gros débits afin de pouvoir diminuer le gabarit de l'émissaire principal.

Le tracé a fait l'objet de l'analyse des trois variantes suivantes:

- décharge nord, à 4,5 km en amont du barrage de Keur Samba Sow,
- décharge sud, à la jonction du Djeuss avec le Lampsar,
- décharge de Dakar-Bango.

Afin de préserver les installations de prélèvement d'eau potable de Dakar-Bango, seules les deux premières alternatives ont fait l'objet d'études comparatives. La variante "décharge nord" était finalement préconisée car elle permettrait d'utiliser le Djeuss Aval pour l'alimentation future des périmètres du Bas Lampsar et du Ngalam.

L'objectif principal de l'étude est l'élaboration d'un dossier de factibilité pour la réalisation d'un réseau de drainage principal comprenant:

- la branche B, entre le périmètre de Boundoum et sa confluence avec le Djeuss à la dépression de Krankaye
- la branche A, entre la dépression de N'Diael et sa confluence avec le Djeuss à la dépression de Krankaye (tronçon N-K)
- le Djeuss, en amont du barrage de Keur Samba Sow
- la décharge.

Le dossier devra permettre à des bailleurs de fond d'évaluer les justifications pour la réalisation des travaux en tant que partie intégrante des infrastructures hydrauliques existantes et futures dans le delta.

3. ETUDE DE FAISABILITE

3.1 Introduction

3.1.1 Situation hydraulique actuelle (voir plan P1 en annexe)

La réalisation des barrages de Manantali et de Diama permettra à terme la mise en double culture d'environ 61.740 ha de riz dans le delta du fleuve Sénégal. Le système naturel de drainage a été modifié au gré de l'aménagement des périmètres actuels et pour permettre l'adduction d'eau potable pour St.-Louis. L'adduction d'eau douce se fait à travers l'axe du Canal de Ronq, le Gorom Amont, le Kassak et le Lampsar jusqu'à

Dakar-Bango où se trouvent les installations de SONEES pour l'approvisionnement en eau pour St.-Louis. Le Gorom Aval sert comme drain des eaux salées émanant des périmètres de Boundoum. Dans l'ouest, le long de la digue de protection contre les inondations, on trouve quelques ouvrages qui alimentent les aménagements privés le long le Djeuss. Ensuite, les eaux suivent le lit du Djeuss jusqu'à la confluence avec le Lampsar.

La situation actuelle se caractérise par les contraintes suivantes:

- Les zones naturelles du Parc de Djoudj, N'Diael, Pardiagne, Noar et du Lac de Guiers sont affectées par le drainage des eaux salées et polluées par des produits chimiques.
- Les eaux sont utilisées tant pour l'irrigation de périmètres que pour l'alimentation en eau de la population et du bétail.
- Les nouveaux aménagements, notamment les petits périmètres privés, ne peuvent pas sortir leurs eaux de drainage, ce qui les condamne à une salinisation très rapide, surtout à cause de la salinité élevée des sols et de la nappe souterraine.

3.1.2 Variantes selon le Plan Directeur

Selon le Plan Directeur, trois variantes de tracés de décharge ont été formulées pour la décharge des eaux de drainage:

- a) Décharge Nord
- b) Décharge Sud
- c) Décharge de Dakar Bango.

- Décharge Nord

La solution a) constituerait le tracé le plus court. On a proposé de réaliser un canal de 10 - 12 km de long à travers le Toundou Nguinor, avec la forêt classée de Maka Diama et une station de refoulement proche de la route de Diama. Les terrassements dans les dunes de Maka Diama seraient profonds.

- Décharge Sud

Le tracé de la décharge sud partirait juste en amont de son confluent avec le Lampsar où une digue de bouchure sans vannes serait construite. Un canal de 4 km de long environ serait alors nécessaire pour amener l'eau jusqu'à un ouvrage de décharge/ station de pompage situé à la digue de protection à 4 km approximativement au nord-est de Dakar Bango.

Le principal inconvénient de cette solution résiderait dans le fait que le Djeuss aval contiendrait des eaux de drainage au lieu de l'eau douce et la réserve d'eau disponible pour St.-Louis serait réduite en termes de volume. Le Lampsar serait alors la seule source d'eau douce du Ngalam, et c'est là un deuxième inconvénient.

Cette solution viendrait au deuxième rang dans l'ordre de préférence et elle serait adoptée au cas où l'émissaire nord s'avérerait impossible à réaliser.

- Décharge de Dakar-Bango

Pour l'alimentation en eau potable de la ville de St.-Louis, il a récemment été construit une nouvelle prise et une station de traitement d'une capacité de 12.000 m³/jour à Dakar Bango. L'extension de celle-ci a été prévue pour 1995. Le lit du Bas Lampsar entre le pont dans la piste de Diama et Dakar Bango sert de réservoir.

Cette variante a été rejetée en raison de plusieurs inconvénients (voir Annexe 4 pour ses descriptions).

3.1.3 Délimitation de la zone d'étude

Compte tenu des limites adoptées dans le Plan Directeur, les limites de la zone d'étude des alternatives de l'émissaire sont les suivantes (voir plan P1 en annexe):

- au nord, le Gorom
- à l'est, le Lampsar et la route RN2, y compris la dépression de N'diael
- au sud le Lampsar et le Djeuss jusqu'à la piste de Diama
- à l'ouest le fleuve Sénégal.

Afin de pouvoir calculer les besoins en pompage, les débits de drainage des périmètres situés hors de ces limites ont également été pris en compte. Ces périmètres sont définis dans l'Annexe 4. Dans les calculs, les besoins de drainage des périmètres de CSS (6000 ha) n'ont pas été inclus. Toutefois, dans la conception du réseau de drainage, on a tenu compte de la possibilité d'évacuer ces eaux de drainage à travers le réseau de drainage.

3.2 Description et comparaison des alternatives

Les alternatives à comparer sont en grande ligne les mêmes que celles proposées dans le cadre du Plan Directeur. Seul, le développement rapide des aménagements privés depuis quelques années a nécessité des adaptations. Les alternatives figurent sur le plan no. P2.

3.2.1 Variante Nord

Le drain acheminerait les eaux depuis le Djeuss en amont du barrage de Keur Samba Sow vers un point de rejet en aval du barrage de Diama. Le tracé du drain suivrait une ligne 100 - 300 m au nord de la piste entre le barrage et le village de Diama, qui serait passé au sud. Le tracé inclut une section de 1,5 km entre le barrage de Keur Samba Sow, le pied du cordon dunaire et la forêt classée de Maka Diama. A partir de ce tronçon l'eau de drainage serait refoulée par une station de refoulement, soit au moyen d'un conduit, soit dans un canal à ciel ouvert, qui traverserait le cordon et la forêt sur une distance de 6,9 km. Les cotes du terrain dans les dunes varient de +0,0 (dépression au km 3,2) et +6,0 m. L'émissaire passerait à 200 m au sud du barrage de Diama, et serait raccordé par un exutoire entre la piste de Diama et le fleuve Sénégal.

La décharge au fleuve Sénégal, avec un niveau des plus hautes eaux à +2,60, doit se faire à travers les dunes avec des sols sableuses qui ne permettent pas le transit à l'aide d'un canal. Dans l'hypothèse, invraisemblable, de transit sans percolation prohibitive des eaux polluées, pour traverser les 6 600 mètres de dunes il faudrait une station de relevage au PK 1690 et une au PK 5900 avec des travaux de terrassement importants. Les travaux d'entretien seront excessive à cause des apports éolienne. En plus, le fôret qui représente un habitat de faune assez important serait divisé en deux.

La solution conduite, seule, permet de traverser les dunes dans de bonnes conditions hydrauliques et écologiques. Le fonctionnement du système peut se faire soit par écoulement en charge, soit par écoulement à surface libre. L'écoulement en charge demande l'utilisation de tuyaux spéciaux avec joints à emboîtement supportant la haute pression. Seulement, ce type de tuyau n'est pas fabriqué au Sénégal, et il faudrait soit les importer, soit importer le brevet et les fabriquer sur place. Dans les deux cas, le coût serait excessif.

La solution à écoulement à surface libre à partir de tuyau de fabrication locale est faisable mais, limité par le diamètre, il faudrait 9 conduites en parallèle pour transiter le 21,3 m³/s avec des travaux importants de terrassement pour assurer le calage avec l'exutoire à +2,60.

Pour ces raisons, l'alternative Nord a été délaissée au profit de l'alternative de Diama Sud.

3.2.2 Variante Sud

La variante Sud prévoit le rejet des eaux de drainage plus au sud que l'alternative Nord et suit le lit du Djeuss sur une distance de 12 km entre le barrage de Keur Samba Sow et l'ancien barrage en terre, 2,5 km au nord du pont sur le Bas Lampsar.

A partir de ce barrage, où se trouverait la sortie vers la dépression de Pardiagne, la décharge pourrait être effectuée selon trois variantes:

- S1 et 2: le tracé traverse la plaine jusqu'au pied des dunes de Maka Diama, tourne vers le sud et suit le pied des dunes:
 - . S1: jusqu'à une station de relèvement. A partir de la station, les eaux seront évacuées, soit par un conduit enterré, soit par un canal à ciel ouvert.
 - . S2: jusqu'au village de Mbodiene, où l'émissaire traverse la piste de Diama. A partir de l'ouvrage de franchissement/station de refoulement le tracé de la décharge suit la piste et rejoint le fleuve Sénégal.
- S3: l'émissaire suit le lit du Djeuss et le Bas-Lampsar jusqu'au pont de la piste de Diama. Immédiatement en aval du pont les eaux seraient refoulées vers un canal exutoire qui suit la piste de Diama selon le tracé décrit ci-dessus dans la variante S2. L'alimentation en eau douce vers Dakar Bango et les trois marigots de Ngalam devrait être assurée par un canal de liaison d'une capacité réduite entre le Lampsar et le Bas-Lampsar. Le franchissement de la piste s'effectuerait à travers un passage busé.

Ces alternatives ont un certain nombre d'avantages importants, dont les principaux sont:

- la possibilité de drainer la dépression de Pardiagne, réceptacle des eaux de drainage mais sans exutoire;
- la possibilité de drainer les aménagements privés sur la rive droite et sur la rive gauche du Djeuss, entre Keur Samba Sow et le pont;
- la possibilité de créer une zone de pâturage pour le bétail autour et un marais permanent dans le centre de la dépression de Pardiagne, avec une maîtrise totale du plan d'eau et de la qualité de l'eau;
- l'utilisation de la dépression comme zone d'épandage et le lit du Djeuss Aval comme bassin de stockage pendant les crues, ce qui entraîne une réduction de la capacité de pointe de la station de refoulement, du bief de décharge et de ses ouvrages de 40 %.

Les avantages ont été précisés dans l'Annexe 4.

Dans le cadre du Plan Directeur il a été prévu d'approvisionner le Bas-Lampsar en eau douce par un adducteur entre l'ouvrage de Dieg et le Djeuss et par ce dernier. Cet adducteur devrait également approvisionner les périmètres de SOCAS et de Savoigne. Au lieu d'utiliser le Djeuss comme adducteur, l'approvisionnement du Bas-Lampsar et de la rive droite du Djeuss serait assuré par un canal d'amenée dit ADDUCTEUR BAS LAMPSAR dont le tracé longerait la rive gauche, traverserait la piste à Keur Samba Sow et continuerait au pied des dunes et partiellement dans un lit naturel vers le Lampsar.

3.2.3 Variante Dakar-Bango

Cette variante a beaucoup d'inconvénients dont les plus importants sont les suivants:

- la nécessité de construire un système d'adduction d'eau entre le barrage de Diama et la station de traitement à Dakar Bango;
- l'absence de possibilités d'alimenter la zone des Trois Marigots en utilisant le Ngalam.
- aucune possibilité pour arroser les jardins et les périmètres entre le pont de la piste de Diama et Dakar Bango (450 ha sur la rive droite et 150 ha sur la rive gauche);
- aucune possibilité d'alimenter le canal d'amenée qui arrose les jardins le long de la piste d'accès de la RN2 à Dakar Bango;
- la perte des zones de pâturage pour le bétail si les eaux deviennent salées ou saumâtres;
- les risques sanitaires liés à la création d'un lac aux eaux saumâtres et polluées près des zones d'habitation (malaria).

Vu l'existence d'alternatives beaucoup moins onéreuses, l'alternative de Dakar Bango n'a pas été étudiée en détail. Toutefois, cette alternative n'a pas été rejetée définitivement. Il reste cependant très évident que le choix de cette variante remettrait en cause le développement, agricole en particulier.

3.2.4 Variante Djeuss Amont

En raison de la présence des aménagements PIV sur les rives gauche et droite du Djeuss en amont du barrage de Keur Samba Sow, qui sont alimentés à partir de l'ouvrage de Thieng et du Djeuss, il s'est avéré nécessaire d'étudier la variante de tracé qui part du Djeuss en amont des aménagements et qui suit le pied du cordon dunaire de Toundou Besset. Cette variante a été retenue en raisons des inconvénients de la variante qui suit le lit du Djeuss.

3.3 Délimitation des zones à desservir

Les superficies totales à desservir par l'émissaire sont les suivantes:

- horizon 1995: 10.395 ha, arrondi à 10.500 ha
- horizon 2000: 13.291 ha, arrondi à 13.500 ha
- horizon 2015: 26.389 ha, arrondi à 26.500 ha.

La répartition des superficies à desservir par l'émissaire figure dans les plans no. PS1-6 en annexe. L'Annexe 4 fournit des détails sur les périmètres à desservir.

3.4 Pédologie

L'étude pédologique a été d'un caractère de "reconnaissance plus poussée" des zones concernées par le tracé prévu provisoirement pour l'émissaire du delta. Le niveau de l'étude ne permet pas d'aller dans les détails.

Tous les sols de ces zones sont d'origine fluvio-deltaïque, c'est-à-dire qu'ils se sont formés dans des dépôts alluviaux mais en milieu marin et sont donc imprégnés de sels. Les caractéristiques des sols sont étroitement liées aux unités géomorphologiques tout en suivant leur répartition complexe. Néanmoins, il y a quelques traits généraux caractérisant les sols. Tous les sols sont relativement jeunes, peu évolués et peu à très salins. En général, la structure des sols est faible. La densité relative est élevée, la perméabilité observée est plus basse que celle calculée sur la base de la texture. A l'état sec, les sols montrent une tendance à se compacter. Les sols sont très sensibles à l'érosion éolienne. Tous les sols sont plus ou moins hydromorphes. Beaucoup de sols sont acidifiés en profondeur. A part quelques exceptions, le relief est plat ou presque plat.

Les caractéristiques variables se rapportent surtout à la texture des dépôts, à la hauteur relative des terres et au (micro-)relief. Tous les sols ont un sous-sol sableux, par endroit les sols sont sableux dans tout leur profil. Le sous-sol sableux est couvert d'une couche superficielle d'épaisseur variable à texture moyenne à fine. L'épaisseur varie entre quelques dizaines de centimètres et quelques mètres. Dans les dépressions et les cuvettes de décantation la texture est argileuse, les levées ont une texture limoneuse (parfois du sable fin). En général, la hauteur élevée est liée à une texture plus grossière et à une salinité plus élevée.

L'épaisseur de cette couche superficielle est un facteur décisif pour l'estimation de l'aptitude des sols à l'irrigation ainsi que pour la planification du réseau d'irrigation et de drainage.

Les études pédologiques antérieures comprennent deux études globales, y compris une cartographie globale, et quelques études semi-détaillées en vue de l'aménagement des périmètres d'irrigation. Ces études fournissent suffisamment d'information pédologiques pour qu'elles puissent servir de base pour l'étude actuelle. Néanmoins, les zones concernées par l'étude actuelle ne sont touchées que par les études globales. Donc, pour la planification des périmètres d'irrigation dans les zones traversées par l'émissaire du delta, des études complémentaires, d'intensité semi-détaillée ou détaillée, seront absolument nécessaires.

En général, les terres concernées par l'étude actuelle ont une aptitude moyenne à marginale à l'irrigation. Les facteurs limitants principaux sont:

- la salinité et l'acidité,
- la profondeur limitée de la nappe phréatique,

- la texture grossière et la perméabilité élevée là où la couche à texture fine ou moyenne est mince ou absente,
- le micro-relief irrégulier: buttes d'accumulation ou rigoles de drainage.

A quelques endroits, les terres sont inaptes à l'irrigation à cause de

- la position sur le terrain; il s'agit de
 - . dépressions sans drainage superficiel: dépressions de Krankaye et de Pardiagne, dépression plus petite le long du Gorom Aval au sud-ouest du périmètre Boundoum-Ouest,
 - . levées trop hautes avec des pentes plus fortes: surtout quelques levées autour du périmètre de Boundoum-Ouest,
- une texture grossière dans tout le profil: il s'agit de
 - . quelques levées basses (à vérifier pendant des prospections détaillées!),
 - . terrasses marines sableuses, surtout celle située dans la direction nord-sud entre le cordon dunaire et le Djeuss Aval et entre l'Ouvrage de Dieg et le pont sur la route de Ndiadoun au Barrage de Diama.

La terrasse marine sableuse mentionnée ci-dessus est également importante par rapport au trajet prévu provisoirement pour l'Emissaire du delta. Un canal principal dans un sol complètement sableux sera soumis à de fortes dégradations.

En considérant les caractéristiques des sols, les canaux d'irrigation devraient avoir de préférence une profondeur qui soit inférieure à l'épaisseur de la couche superficielle, ce qui permettrait d'éviter des pertes d'eau considérables. En ce qui concerne le drainage, une couche à texture fine d'une faible épaisseur pourrait avoir un inconvénient: si les drains touchent le sous-sol sableux, ils pourraient se dégrader plus rapidement. Toutefois, les pentes de talus peuvent être adaptées et les vitesses d'écoulement étant très faibles, l'entretien ne serait pas excessif. Il est plus facile de lessiver les sels solubles. A cet égard, la présence d'une nappe phréatique salée à une profondeur limitée est un élément dangereux pour l'évolution des sols. Une remontée de son niveau pourrait entraîner une imperméabilisation des couches superficielles argileuses, par alcalisation. Le réseau de drains devra être suffisamment dense et suffisamment profond pour minimiser le risque d'une resalinisation.

L'Annexe 3 fournit des détails pédologiques.

3.5 Ecologie

3.5.1 Généralités

Malgré le développement de vastes périmètres consacrés à l'agriculture irriguée, l'agriculture pluviale traditionnelle, l'élevage extensif de transhumance, et la pêche constituent encore les principaux moyens d'existence pour une part importante de la population et contribuent à l'économie générale du Delta. La région occupe actuellement la troisième place mondiale pour les oiseaux d'eau et l'industrie touristique apporte bon nombre d'emplois et de revenus à la ville de Saint-Louis. Les eaux de la retenue de Diam, désormais disponibles et douces durant toute l'année, offrent les possibilités non seulement de développer davantage l'agriculture irriguée dans le Delta (double culture) mais aussi d'une gestion plus intégrée de l'eau et des autres ressources. Le plan d'aménagement du Delta se doit ainsi de remettre en balance le potentiel de rendement agricole avec les gains plus réels du système dans sa totalité.

Toutes les études réalisées dans la région s'accordent sur le caractère extrêmement dynamique des écosystèmes aquatiques tant sur les plans physico-chimiques que biologiques; sur la complexité des inter-actions et le caractère imprévisible, encore largement incompris des événements qui se produisent; sur la nécessité d'améliorer les systèmes de drainage pour évacuer les eaux des casiers agricoles hors du Delta; sur la nécessité d'accorder beaucoup plus d'attention à la restauration et à la protection de la végétation naturelle et des pâturages ainsi qu'à la lutte contre la désertification accélérée.

Les objectifs principaux du volet écologique sont de dresser un inventaire des zones sensibles et d'évaluer autant que possible les impacts de l'émissaire sur leur écologie; de proposer des aménagements et des mesures d'accompagnement avec la réalisation de l'émissaire pour la protection ou la restauration de l'environnement dans le Parc National de Djoudj et dans les dépressions de N'Diael, de Noar, de Krankaye et de Pardiagne et autres zones sensibles; de proposer un programme de suivi et d'observation des conditions écologiques après la mise en service de l'émissaire.

Certes, les épandages de toutes les eaux de drainage dans les cuvettes, les marigots et les cours d'eau, tels qu'ils se produisent actuellement, constituent un risque bien réel pour les écosystèmes et pour la santé des gens et de leurs animaux domestiques; il n'en reste pas moins que les apports d'eau de drainage, même chargées, dans les cuvettes et les marigots, contribuent actuellement à y créer et à y maintenir des zones humides et à y entretenir diverses formations végétales et des prairies qui produisent d'importantes ressources de saison sèche, très largement utilisées par les animaux domestiques et sauvages.

Sans mesures de compensation pour les volumes d'eau et des engrais naturels perdus, la construction de l'émissaire et l'assainissement du système de drainage avec évacuation des eaux usées directement vers la mer auraient pour conséquence grave d'assécher encore davantage les cuvettes et les marigots de toute la rive gauche du Djeuss au détriment des pâturages, de la production arbustive, de la lutte contre la désertification et au détriment de l'économie pastorale traditionnelle de la région.

Une telle situation qui affecterait très fortement les peuples pasteurs n'est pas non plus tolérable. Elle ne pourrait qu'accroître la détresse des éleveurs, la pression sur d'autres zones, déjà très dégradées, et amplifier les conflits et la compétition entre les agriculteurs, les éleveurs et les animaux.

Plusieurs zones sensibles d'importance écologique et socio-économique ont été identifiées le long du tracé de l'émissaire: le PARC NATIONAL du DJOUDJ, les Cuvettes de KRANKAYE, NOAR, N'DIAEL, PARDIAGNE, le DJEUSS, mais aussi quelques marigots qui produisent des ressources pour le bétail et pour la population en général et constituent des refuges intéressants pour la faune (pour la localisation voir les figures en Annexe 2).

La construction de l'émissaire leur offre des possibilités de contrôle et de gestion de l'eau.

3.5.2 Le Parc National du Djoudj

Le Parc National est confronté à des problèmes de contrôle et de gestion de l'eau. Le dessalement entraîne une prolifération de plantes flottantes (Pistia, Jacinthe d'eau, fougères aquatiques) qui tendent à recouvrir toute la surface et à désoxygéner l'eau des chenaux et des étangs, au détriment des autres organismes aquatiques (plancton et poissons surtout) avec d'importantes conséquences à terme pour l'ensemble de l'écosystème. L'impossibilité de faire baisser le plan d'eau du Gorom, à volonté, sans entrer en conflit avec les riziculteurs de Boundoum et, à terme, avec le Plan d'Aménagement du Delta, entrave actuellement une gestion correcte de la décrue qui pourrait agir comme facteur limitant à la prolifération des plantes. Des projets et des programmes de recherche (avec la création d'une station biologique) sont mis en place dans le but d'étudier les paramètres écologiques et de préparer un plan de gestion pour le parc et ses environs.

Il a été proposé de relier, par un canal, les cuvettes du Parc National du Djoudj à l'extrémité du drain de Boundoum (juste avant son passage par-dessus le Gorom), ce qui permettrait d'utiliser la station de pompage pour drainer les eaux du parc dans l'émissaire, quand les débits de Boundoum le permettent.

Cette option permettrait d'introduire un moyen supplémentaire de contrôle du niveau et de la qualité des eaux dans le Parc et de procéder à des vidanges qui s'avèreront peut-être utiles ou indispensables pour le contrôle de la végétation aquatique et (ou) au contrôle de la salinité des eaux. Contrôle et gestion de ce système de drainage seraient placés sous la responsabilité des gestionnaires et des chercheurs de la Station Biologique.

Autres options sont présentement le sujet d'une étude complémentaire, dont les résultats ne sont pas encore connus.

3.5.3 La dépression du N'Diael

La réhabilitation des ressources du N'Diael correspond à un vœu exprimé par la population locale, par le Ministère de la Protection de la Nature (1985) et les organismes de conservation de la nature (UICN 1987). En 1991, l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, avec le soutien financier du Conseil International de la Chasse, a réalisé une étude de pré-faisabilité très complète comprenant des analyses de bilan hydraulique et de gestion de l'eau, les modalités d'amenée et de stockage de l'eau, les impacts écologiques, sanitaires et socio-économiques des options possibles, une évaluation des coûts. Techniquement, la remise en eau, du moins temporaire, du N'Diael est possible, mais un problème essentiel se pose: Peut-on envisager l'épandage des gros débits de l'émissaire vers la dépression alors qu'un projet de réhabilitation est en cours ?

Dans leur étude de pré-faisabilité sur la remise en eau, les auteurs soulignent, à juste titre, qu'un projet qui ne tiendrait pas compte des potentialités du N'Diael interdirait les perspectives favorables à sa restauration pour la protection de la nature et le développement économique. Quel contrôle pourrait garantir une qualité des eaux acceptable ?

Afin de réduire les risques de pollution, nous recommandons les actions suivantes:

- Dans sa partie en amont de la dépression de N'Diael et au niveau de son déversoir d'épandage des eaux de pluie, l'émissaire devrait être conçu de manière à éviter tout risque de débordement des eaux de vidange des casiers et de manière à ne laisser entrer dans le N'Diael que des eaux de drainage très diluées.
- De choisir les périmètres de Kassak, Grande Digue et Tellel comme "zone pilote" et d'y concentrer les efforts et les investigations scientifiques en vue de surveiller la situation écologique et sanitaire et de promouvoir des systèmes de lutte biologique intégrée contre les nuisances (voir recommandations pour études et suivi).
- De proposer d'utiliser les infrastructures de l'émissaire pour aider au remplissage et au contrôle de la qualité de l'eau du N'Diael: Il est techniquement possible d'utiliser la portion de l'émissaire, entre le Lampsar et le N'Diael, comme un adducteur d'eau douce pour soutenir le remplissage de la cuvette, compenser des pertes par évaporation ou diluer l'eau. Le système pourrait fonctionner avec l'aide de la pompe de la station de franchissement du Lampsar environ 150 jours/an, par exemple jusqu'à la remise en eau définitive (ou pour diluer les épandages).

N.B.: Si le Projet de Remise en Eau de la dépression de N'Diael ne pouvait pas se réaliser, alors il serait nécessaire de continuer à amener de l'eau (via la station de pompage et la section de l'émissaire) au moins dans de mêmes proportions qu'actuellement afin de préserver les pâturages permanents du secteur nord-est de la dépression.

3.5.4 La cuvette de Noar

Grâce aux ouvrages déjà installés ou prévus, il sera possible d'entretenir un système de gestion de l'eau pour Noar. L'alimentation en eau douce est possible à partir du Lampsar, via le drain quand il ne fonctionne pas, en utilisant la station de pompage juste en aval et la station de refoulement de Pont Gendarme. Le drainage de la cuvette est aussi possible en utilisant la station de Pont Gendarme pour refouler l'eau vers l'aval du drain. La combinaison - épandage des gros débits, irrigation par le Lampsar, drainage - offre de nombreuses possibilités pour la gestion et le contrôle de la qualité et de la quantité de l'eau pour la dépression, permettant de préserver ses ressources et même d'en accroître la productivité (pâturages de décrue, foresterie, faune sauvage, essentiellement).

3.5.5 La dépression de Pardiagne

Une gestion de l'eau est proposée pour la dépression de Pardiagne pour le cas où serait choisie la variante "Sud" pour le canal de décharge et la création d'un canal adducteur pour soutenir les débits du Lampsar. Des systèmes de crues proches du modèle ancien pourraient s'y restaurer en alternant les épandages (salés) à partir du Djeuss émissaire à des adductions d'eau douce à partir du canal adducteur. La station de refoulement vers la décharge "variante Sud" permettrait également de drainer la cuvette et de contrôler les niveaux et la qualité de l'eau. Pardiagne possède des habitats très complets pour l'élevage dont la productivité pourrait être améliorée par ces possibilités de gestion.

3.5.6 Petits marigots

Des options sont également présentées pour des marigots, plus petits certes, mais importants pour la vie pastorale et l'équilibre écologique régional ("lacs de Boundoum", Marigot de Ndoun près du N'Diael, marigots du Djeuss).

3.5.7 Programme d'études et de suivi

Trois sites ou régions principales sont recommandés pour y coordonner des études et des investigations:

- les périmètres de Kassak, Grande Digue et Tellel pour leur situation en tête du réseau et à proximité du N'Diael. Si des problèmes y surgissent sans qu'on s'en aperçoive, les risques de diffusion dans tout le réseau seraient importants, du fait du sens des écoulements (voir aussi les recommandations pour le N'Diael).
- le marigot endigué de Krankaye, comme site pilote pour des études et investigations sur les effets de la pollution dans le Delta (Du fait de sa configuration en vase clos, des épandages qui s'y sont produits depuis longtemps et de sa petite taille, ce site est particulièrement sensible à la pollution et peut servir de modèle à une meilleure connaissance de la situation générale dans le Delta).

- la faune des poissons du Djeuss aval comme indicatrice des effets de l'émissaire sur le milieu aquatique et pour le contrôle de la qualité des ressources piscicoles.

Pour plus de détails sur l'écologie, voir l'Annexe 2.

3.6 Génie rural et génie civil

3.6.1 Critères de drainage

Les débits de drainage sont déterminés par:

- le lessivage des eaux salées
- le drainage de surface comme vidange des casiers et pertes dans les canaux d'irrigation
- le drainage des eaux excédentaires après les orages.

Concernant le drainage des eaux de lessivage et de surface à cause des vidanges et des pertes, l'Analyse Critique calcule le total à 0,63 l/s.ha. Les données de base pour le calcul de cette valeur sont d'une précision assez faible, faute d'observations et mesures et pour cette raison, on a proposé que le débit de base à évacuer continuellement pendant la saison des semis et des récoltes soit de l'ordre de 0.3 - 0.7 l/s.ha. **Ici, on propose d'adopter la valeur de 0,5 l/s.ha pour le dimensionnement des drains, avec un niveau d'eau à au moins 0,30 m en-dessous de la surface.**

Pour ce qui est des eaux excédentaires provenant de fortes pluies, l'Analyse Critique a proposé d'adopter provisoirement la norme de 2 l/s.ha. Selon Gersar-1989, la conception du réseau de drainage prévoit l'évacuation d'un débit de pointe de 2 l/s.ha de la superficie irrigable à l'intérieur de chaque périmètre. Cette valeur a été calculée sur la base des suppositions suivantes:

- Les précipitations sont réparties de manière uniforme sur le Delta;
- L'averse quinquennale d'une durée de deux jours, calculée à 50 mm, est évacuée des champs sur une période de 3 jours (17 mm/jour, soit 2 l/s.ha).

En plus, on a supposé que le ruissellement des précipitations affectant des zones autres que les périmètres ne pénétrerait pas dans l'émissaire. Cette supposition n'est valable que si les eaux de ruissellement sont emmagasinées dans ces zones, par exemple en raison d'une évacuation bloquée soit par une digue, soit par des niveaux d'eau élevés dans l'émissaire. Cette supposition est acceptable dans les cas où les eaux ne peuvent pas s'écouler par gravité vers l'émissaire.

Pendant les présentes études, les données sur la précipitation journalière des stations de St.-Louis (1986-1991), de Dagana (1987-1991) et de Richard Toll (1991) ont été analysées.

Les données ne peuvent pas être utilisées pour une évaluation statistique, mais indiquent que la valeur de 50 représente à peu près la pluie quinquennale d'une durée de 2 jours.

A l'heure actuelle, les quantités et la qualité des données disponibles sur la base desquelles devraient être déterminés les critères de drainage, ne justifient pas une sélection définitive. Il vaut mieux adopter des valeurs provisoires, mesurer les besoins en drainage par un programme de suivi de 5-6 années et les augmenter en fonction des besoins pendant l'exécution des travaux d'entretien. Le dimensionnement des ouvrages sera effectué de telle façon qu'une augmentation de leur capacité soit facile.

Ici, on propose de retenir la valeur de 2 l/s.ha pour le dimensionnement des drains et des ouvrages

3.6.2 Drainage vers les dépressions

- Ndiael

Un débit de 19,3 m³/s serait nécessaire pendant le mois de septembre (année moyenne). Les volumes globaux sont de l'ordre de 100 million m³. Le niveau d'eau maximal de +0,42 m serait atteint en octobre. Dans les variantes il est prévu de détourner les débits des averses en amont de la station de pompage de Lampsar vers la dépression. Ceci se fera par débordement du drain au niveau du drain exutoire des périmètres de Grande Digue et de Tellel.

- Noar

La capacité de cette dépression est suffisante pour stocker les volumes d'eau provenant des fortes pluies. L'aménagement et la gestion de la dépression seront également déterminés par des critères d'écologie et de socio-économie.

- Krankaye

Cette dépression peut stocker de grandes quantités. Afin de réduire les gabarits des branches A, B et du Djeuss Amont, les eaux de drainage des périmètres entre les branches A et B devraient être déversées directement dans la dépression.

L'alimentation de la dépression en eau douce pourrait être effectuée par la station de Lampsar à partir du Lampsar. Toutefois, l'approvisionnement en eaux douce serait coûteux en raison du pompage à travers l'aqueduc. Cette solution n'apparaît pas réaliste et pour cette raison, la valeur écologique de la dépression de Krankaye reste minime.

- Pardiagne

Afin de réduire autant que possible la capacité de pointe de la station de refoulement du Djeuss Aval, le bassin de Pardiagne sera utilisé comme bassin tampon dans les variantes Sud. Après la réalisation de l'adducteur du Bas-Lampsar, l'approvisionnement en eau douce sera facile. La gestion de la dépression sera déterminée par des critères d'écologie et de socio-économie. Le volume maximal est de l'ordre de 2,3 millions de m³.

3.6.3 Débits de drainage

Les débits de drainage figurent sur les plans PS1-6 en annexe. Ils ont été calculés pour l'horizon 2015 selon les critères formulés en Annexe 4. Les critères principaux sont les suivants:

- Les débits de l'averse remplissent la dépression de Krankaye pendant 3 jours. La dépression devrait être vidangée en 12 jours.
- Le volume de stockage de Pardiagne ne dépasse pas 2,3 millions de m³ avec un niveau d'eau d'averse de +1,2 m dans le Djeuss et dans la dépression. Le volume de stockage dans le Djeuss, entre le niveau du débit de base et le niveau du débit de l'averse, s'élève à 1,3 millions de m³. Le volume total représente à peu près 40 % du volume total de l'averse de 9,3 millions de m³. Pour cela, les débits de pointe au niveau de la station de pompage de Diama peuvent être réduits de 40 %.

Les débits pour les autres horizons ont été calculés de la même façon. Les débits pour les trois horizons et pour les stations de pompage sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 1: Débits des stations de pompage (en m³/s)

| Station/Variante | Horizon | | |
|-------------------|---------|------|------|
| | 1995 | 2000 | 2015 |
| Gorom, tous var | 3,2 | 5,9 | 11,6 |
| Lampsar, tous var | 1,3 | 1,5 | 2,0 |
| Diama, Nord | 10,8 | 13,8 | 21,3 |
| Diama, Sud | 9,0 | 12,0 | 19,5 |

3.6.4 Calage hydraulique

Les calages hydrauliques ont été exécutés pour les cas suivants:

- Q base, afin de déterminer les dimensions des drains qui évacuent les débits permanents;
- Q base + Q averse afin de déterminer les dimensions des voies de débits d'averse.

Pour les biefs du Djeuss Amont entre les PET 220 et 167 (Krankaye) les calages ont été exécutés pour les largeurs de 200, 300 et 400 m. Les niveaux d'eau à Krankaye s'élèvent à +2,10 m, +1,95 m et +1,88 m respectivement. Tenant compte de la disponibilité en terre pour laisser passer l'émissaire, une largeur de 400 m devrait être retenue afin d'éviter un niveau d'eau trop élevé à Krankaye et plus en amont.

Pour la branche A, entre Krankaye et le Gorom, une largeur de 400 m devrait également être retenue. Le niveau d'eau correspondant à la station de Gaëla s'élèverait à +2,44 m (horizon 2015).

Les valeurs suivantes ont été utilisées pour les calculs:

- pente de talus:
 - . des drains: entre 2 pour 1 et 3 pour 1
 - . des digues: 2 pour 1
- rugosité: entre 10 pour les voies de débits de l'averse et 30-35 pour les drains de débit de base.

Le tableau ci-après présente les niveaux d'eau retenus pour caler les stations de pompage.

Tableau 2: Niveau d'eau aux stations de pompage (en m³/s)

| Station/Variante | Minimum | | Maximum | |
|------------------|---------|-------|---------|-------|
| | Amont | Aval | Amont | Aval |
| Gorom | +1,00 | +0,50 | +1,00 | +2,50 |
| Lampsar | +0,00 | +0,00 | +1,50 | +1,50 |
| Diama, Nord | +0,00 | +0,50 | +1,50 | +2,50 |
| Diama, Sud | +0,00 | +0,50 | +1,50 | +2,50 |

3.8 Gestion du système de drainage

3.8.1 Situation actuelle

Le problème principal dans le delta est le manque d'entretien, surtout des grandes axes d'eau douce. A l'heure actuelle, le drainage à partir des aménagements se fait vers des dépressions et l'entretien du système de drainage (drains, stations) est assuré par la SAED.

Les travaux d'entretien comportent le nettoyage des talus et du fond des drains. En même temps, les drains pourraient être élargis au fur et à mesure du développement des aménagements hydro-agricoles dans le delta.

La décharge des eaux de drainage des périmètres, chargées de produits d'engrais, a contribué à une telle poussée de la végétation dans les principaux canaux d'alimentation que la capacité de débit s'en trouve considérablement réduite. Le taux de repousse demande un désherbage annuel. De plus, pendant l'hivernage, les eaux sont fortement chargées de limon (jusqu'à $0,4 \text{ kg/m}^3$) et vu les faibles vitesses, les herbes fonctionnent comme pièges de limon, ce qui précipite l'envasement. Les vitesses d'écoulement dans les drains seront très faibles et pour cela le taux de repousse augmentera encore. Avec l'ensablement par des apports éoliens, l'envasement est accéléré et le profil en travers diminue rapidement.

La capacité du réseau hydraulique dépend du maintien de la capacité d'étude grâce à l'entretien régulier des drains. Il a déjà été constaté que dans l'ensemble des aménagements de la vallée, les paysans sont peu enclins à se charger de l'entretien des drains et des canaux qui ne sont pas à proximité immédiate de leurs parcelles. L'organisation de ces travaux par la SAED ou toute autre autorité est difficile et leur efficacité est souvent entravée par l'absence de motivation ou le manque de matériel.

A l'heure actuelle, la Division d'Aménagement et de Gestion de l'Eau de la Délégation de Dagana, dans son programme d'entretien des grandes axes (Gorom, Lamapsar), utilise trois méthodes d'entretien:

- entretien et recalibrage par sous-traitance aux entreprises.
Cette méthode ne peut être adoptée que dans les cas où les berges sont aptes à porter des engins lourds. Les coûts s'élèvent à 200-300 FCFA/m³.
- entretien par bateau faucardeur, géré par la SAED. La capacité de ce bateau est limitée et la méthode présente plusieurs inconvénients.
- entretien manuel sous-traité aux groupements des paysans à travers des G.I.E.
- entretien par des herbicides. Un essai a été conduit à Boundoum, où les canaux d'irrigation ont été asséchés et leurs berges traitées au Roundup: trois ans après aucune herbe. Cette méthode n'est pas acceptable pour des raisons d'environnement.

3.8.2 Recommandations

Les besoins en matériel d'entretien des voies d'eau dans toute la zone d'étude devraient faire l'objet d'une étude qui définirait les responsabilités, dresserait la liste des moyens disponibles pour la réalisation des travaux et établirait s'il est ou non nécessaire d'instituer un organisme central qui serait responsable de l'équipement et de l'organisation des travaux. Les équipements modernes comprennent des petits dragueurs qui sont à même de pénétrer dans les voies d'eau et les canaux et d'en ressortir pour éviter les ouvrages hydrauliques et qui peuvent également être utilisés pour le désherbage. L'Annexe 7 fournit des détails sur le bateau amphibie dragueur-suceuse (amphi-dredge).

Pour ce qui concerne les stations de pompage, l'entretien des stations et des équipements serait plus facile si les pompes étaient du type à vis d'Archimède (voir paragraphe Diama Sud, ci-dessus). Toutefois, cette solution est plus chère que la solution traditionnelle.

3.9 Aspects socio-économiques

Les Wolofs se consacrent principalement à l'agriculture et particulièrement à la riziculture et au maraîchage: c'est le cas des habitants de Diama, Maka Diama et Mboundoum barrage.

Les Maures se consacrent au commerce et à l'élevage, mais depuis deux ans, s'orientent vers la riziculture; ils font aussi des cultures de décrue sur les berges des fleuves (oignons, tomates, aubergines) destinées à la consommation domestique principalement.

Les Poulars sont surtout des éleveurs, mais ils s'adonnent également à la riziculture et font le maraîchage sur les berges du Djeuss.

3.9.1 L'agriculture

Dans l'arrondissement de Ross-Béthio, la riziculture constitue l'activité principale. Entre décembre 1988 et juin 1989, près de 11.320 ha de terres ont été distribuées par le conseil rural de la communauté rurale de Ross-Béthio à des G.I.E. agricoles contre 7.820 ha attribués à des particuliers. Quant aux sites réservés aux pâturages, leur superficie approximative est de 600 ha. Le développement de la riziculture au cours de ces deux dernières années est surtout important dans les zones de Tounde Bissette, Grande Digue, Maraye où plus de 7.000 ha de terres ont été attribuées à des G.I.E. et particuliers entre 1988 et 1989. Pour la grande majorité de ces exploitations, les aménagements faits sont sommaires et les eaux de drainage sont évacuées soit sur le Djeuss, soit dans les environs des périmètres ou sur le Lampsar. Cela comporte un risque réel de pollution pour les eaux du Djeuss et du Lampsar.

3.9.2 L'approvisionnement en eau

L'eau du Djeuss est souvent utilisée pour l'alimentation domestique par les ouvriers agricoles qui travaillent sur les exploitations en bordure du Djeuss est aussi par les habitants des villages en amont du barrage de Keur Samba Sow. Cette eau plus ou moins polluée par les eaux de drainage qui contiennent des produits chimiques constitue pour son utilisation un risque sanitaire réel: des maladies entérogastriques liées à la consommation de cette eau sont fréquentes chez les habitants des environs du Djeuss. Quant aux villages situés en aval du Barrage de K. S. SOW et positionnés entre la piste qui mène au Parc de Djoudj et le fleuve Sénégal, leur eau de consommation est puisée directement sur le fleuve.

Concernant l'approvisionnement en eau de la ville de St.-Louis et de ses environs, la SONEES a donné l'information suivante:

- L'installation actuelle à Dakar-Bango fonctionne depuis 1984, elle est prévue pour l'horizon 2000.
- La station de pompage de Dakar Bango comporte 3 pompes FLYGT de 300 m³/h plus une de secours. Actuellement 2 pompes sont en fonctionnement, soit 550 m³/h. La troisième sera mise en service en 1993 pour arriver à 850 m³/h en l'an 2000.
- La régulation se fait au réservoir de la station de traitement de Saint-Louis. Sa capacité de traitement est de 12.500 m³/j pour une consommation actuelle de 10.000 m³/j. Sa capacité totale pourra atteindre 25.000 m³/j.
- Un stockage pour un arrêt de 4 h permet d'assurer l'entretien hebdomadaire.
- En période d'étiage, outre la mauvaise qualité de l'eau, des difficultés de pompage sont apparues avec la baisse du niveau d'aspiration consécutive aux années de sécheresse que subit la région.
- En conclusion, la SONEES accueille favorablement une éventuelle collaboration avec la SAED pour développer l'idée d'une prise d'eau avec station de mise en pression à 1 km environ en amont des villages de Diama et Maka, suivie d'une conduite qui restituerait le débit à la station de pompage actuelle de Dakar Bango.

Une reconnaissance de terrain a permis d'implanter grossièrement un axe de conduite au pied du plateau dunaire qui se trouve au sud de Diama et se poursuivant vers Dakar Bango sur le tracé de l'ancienne piste en remblai pour une longueur totale de 20 km environ.

Pour un débit nominal de 250 l/s, une optimisation des coûts d'investissement est nécessaire entre le choix d'un des diamètres ϕ 500, 450 et 400 et la puissance installée nécessaire à la mise en pression. Les vitesses seraient comprises entre 1,3 et 2 m/s, valeurs limites pour le fonctionnement normal d'une conduite en charge et la puissance installée correspondante serait comprise entre 210 et 650 kVA.

Dans le cadre de cette solution, le rejet des eaux de drainage se ferait par l'ouvrage existant se trouvant sur la digue barrant actuellement le Djeuss à Dakar Bango.

3.9.3 L'élevage et l'approvisionnement en eau du bétail

Le département de Dagana présente quelques contraintes pour l'élevage extensif: étroitesse des zones de Diéri et Ferlo, importance des aménagements hydroagricoles, pluviométrie faible. Il s'en suit une insuffisance des points d'eau pour le bétail et une grande précarité pour le pâturage.

Dans le département de Dagana et plus particulièrement dans notre zone d'étude, le cheptel est composé essentiellement de bovins, ovins et caprins. La taille du cheptel pour ces catégories de bétail dans le département s'élève à 155.600 têtes représentant 13,6 % de l'effectif total du cheptel de même catégorie dans la région. Pour l'ensemble des villages concernés par notre étude, le cheptel, bovins, ovins et caprins compris, se chiffre à environ 2300 - 2500 têtes, si l'on se base sur les chiffres avancés par nos différents informateurs. Entre les éleveurs et les exploitants agricoles existent des tensions et des conflits ouverts occasionnant des fois des coups et blessures mortels: la réduction des zones de pâturage, suite au développement des exploitations rizicoles qui rétrécissent les accès vers les points d'eau, amène souvent les bergers à laisser volontairement le bétail pénétrer dans les périmètres en cultures. Les dommages causés aux exploitants doivent être réparés par les éleveurs: les amendes peuvent se chiffrer des fois à plus de 100.000 FCFA. Sur tout le long du Djeuss, aussi bien en amont qu'en aval du barrage de K. S. SOW, les exploitants agricoles, surtout ceux qui ne résident pas dans la zone, ont fait état des préjudices que leur cause le bétail qui fraie son chemin à travers leurs périmètres pour accéder au Djeuss pour s'y abreuver ou qui, faute de pâturage, se nourrit des pousses de riz.

3.9.4 La santé

La région compte 3 hôpitaux dont 1 seul, celui de St.-Louis, est réellement fonctionnel. Il y existe 93 cases de santé réparties dans les différents villages et 38 postes de santé installés dans les centres semi-urbains. Dans notre zone d'étude, aucune case de santé n'a été identifiée. Il existe cependant 2 postes de santé installés l'un à Diama et l'autre à M'boundoum barrage, mais qui ne sont accessibles aux habitants des autres villages parce que les pistes réellement praticables qui mènent vers ces derniers et qu'empruntent les véhicules de transport en commun aboutissent sur la route nationale qui mène vers St.-Louis. Cette situation, que déplorent les habitants des villages concernés, a pour conséquence l'aggravation et la persistance de certaines maladies telles que le paludisme, la dysenterie, la rougeole, l'angine et les maladies vénériennes. Le paludisme et la dysenterie particulièrement liés à l'eau sont les plus fréquents et leurs taux de morbidité sont les plus élevés: 63 % pour le paludisme et presque 9 % pour la dysenterie. Les cas d'atteinte palustre sont surtout très fréquents pendant l'hivernage, tandis que la dysenterie sévit surtout durant la saison. Quelques cas de bilharziose sont signalés à Diama (15 cas) et Mboundoum barrage (6 cas).

3.9.5 Les réfugiés et les rapatriés

Durant le conflit sénégal-mauritanien en 1989, beaucoup de Sénégalais et à un moindre degré des Maures ont été déplacés de la Mauritanie vers le Sénégal. La grande majorité de ces gens s'est installée dans la région du fleuve: sur 115.432 personnes déplacées et recensées 82.609, soit 71,57 %, vivent cependant dans la région. Elles se composent de 36.563 expulsés (56,78 %), 5.825 déguerpis (99,90 %) et de 40.221 réfugiés (89 %). Ces derniers sont installés sur des sites aux environs de Richard-Toll et de Dagana; ils s'adonnent à la pêche sur le lac de Guier ou se convertissent en ouvriers agricoles. Quant aux expulsés et déguerpis qui sont de nationalité sénégalaise, ils sont le plus souvent organisés en G.I.E. agricoles ou de pêche dont les activités peuvent être financées aussi bien par la CNCAS que le F.E.D.: il existe au moins 49 G.I.E. de rapatriés entre St.-Louis et Ross-Béthio; certains disposent de terres ou de pirogues et matériels de pêche qu'ils exploitent.

3.9.6 Recommandations

1. Le développement des exploitations rizicoles entraîne un rétrécissement des aires naturelles de pâturage avec comme conséquence une baisse de la ration journalière du bétail et des conflits entre agriculteurs et éleveurs. Trois solutions peuvent être envisagées pour la résolution de ce problème:
 - L'utilisation des dépressions naturelles, celle de Krankaye au nord-est du Djeuss et celle de Pardiagne au sud comme aires réservées de pâturage pour le bétail.
 - L'utilisation plus systématique par les éleveurs des sous-produits agricoles telle la paille de riz dans l'alimentation du bétail. Cette paille pourrait être mélangée avec de la mélasse et il devrait exister des unités de distribution de ce dernier sous-produit à des éleveurs devant disposer de hacheurs-mélangeurs. Il faut signaler que les éleveurs de toute notre zone d'étude s'adonnent également à la riziculture et que les maures qui font de l'élevage et du commerce, se convertissent aussi à cette même activité.
 - La réhabilitation de la zone abandonnée en amont du barrage de K. S. SOW et son utilisation comme aire de pâturage réservée. Il faut signaler que cette zone connaît un élevage très développé. Des zones de pâturage réservées en nombre suffisant devraient être délimitées et affectées pour leur gestion à des groupements d'éleveurs dont il faut favoriser le développement.
2. L'utilisation du Djeuss comme drain ou des sites dont la salinité les rend impropre à la riziculture, peut entraîner des conséquences dont il faut pallier l'ampleur, surtout dans la zone en amont du barrage de K. S. SOW.

- L'utilisation du Djeuss comme émissaire privera les exploitations à proximité de la rive gauche de celui-ci de l'eau douce pour l'irrigation: la plupart de ces exploitations appartiennent à des G.I.E. dont le siège est soit à Diama ou à Maka Diama, soit à Taba Treich, Amoura, K. S. SOW. Pour épargner ce risque aux exploitants, il a été envisagé la possibilité de la mise en oeuvre d'un système de canalisation pour amener l'eau douce vers ces exploitations. Il est constaté que certaines exploitations de plus en plus nombreuses drainent non seulement sur le Djeuss, mais aussi sur le Lampsar, entraînant un risque de pollution de la réserve d'eau pour la ville de St.-Louis; d'ailleurs, selon le Directeur régional de la SONEES de St.-Louis, des traces de produits chimiques d'origine phytosanitaire ont été découvertes par l'analyse des eaux effectuées dans les laboratoires de l'Institut C.A. DIOP de Dakar, dans le courant de l'année 1992.
3. L'émissaire, pour remplir pleinement son rôle, devra faire l'objet d'un entretien régulier afin de faciliter l'écoulement des eaux de drainage ainsi qu'il doit être fait obligation aux exploitants riverains d'y rejeter leurs eaux de drainage au lieu de continuer à les envoyer vers des dépressions (Pardiagne, Noar, Krankaye) qui deviennent ainsi de plus en plus salées. Pour éviter ces risques, des mesures doivent être prises, à savoir:
- L'utilisation de l'émissaire par les exploitants doit être payante. Un prix forfaitaire selon la taille de l'exploitation doit être défini. Les ressources qui proviennent de ce système de taxation devraient servir à rémunérer le personnel chargé de l'entretien aux installations et au renouvellement du matériel nécessaire pour le faire éventuellement. Cette tâche de contrôle pourrait être confiée à la S.A.E.D. qui la sous-traiterait à un organisme privé.
 - Les exploitants agricoles devraient être sensibilisés par la SONEES, la SAED et les différentes unions de GIE agricoles des risques de pollution de l'environnement que leur pratique de rejet de leurs eaux de drainage sur les dépressions naturelles et surtout sur le Lampsar peut entraîner, la SAED et la SONEES leur permettant de faire respecter l'obligation de l'utilisation de l'émissaire pour l'évacuation des eaux de drainage.

3.10 Analyse économique

3.10.1 Généralités

La présente analyse économique s'inscrit dans le cadre de "L'Etude de Faisabilité et d'Avant-Projet Sommaire de L'Emissaire Delta". En particulier, le rapport se base sur la collecte de données de base dans la région du projet comme présenté dans le Rapport Intérimaire relatif à l'étude mentionnée ci dessus. Les autres sources d'informations utilisables sont citées dans le texte. Les détails de la plupart de nos calculs relatifs à la présente analyse sont présentés dans les tableaux de l'Annexe V et indiqués dans le texte.

Conformément aux termes de référence concernant la présente analyse l'étendue de celle-ci a été fixée comme suit:

- la détermination des investissements,
- l'estimation des revenus,
- la calculation du taux interne de rentabilité économique ainsi que la valeur nette actualisée.

L'objectif final est d'évaluer l'impact économique régional de l'émissaire et de vérifier celui-ci sous des conditions variables.

La méthode choisie pour la détermination des paramètres économiques recherchés repose sur l'escompte des flux de coûts et bénéfices. Les valeurs résiduelles des investissements effectués sont considérées négligeables et ne sont de cette façon pas prises en considération.

Le taux d'actualisation reflète généralement l'importance de la consommation actuelle par rapport à la consommation future. Le taux d'actualisation appliqué ici correspond aux coûts d'opportunité du capital du pays, estimé à 12 % selon l'intérêt bancaire (intérêt créditeur de 12 mois). L'impact d'un taux variable (5 % et 15 %) est également démontré en titre indicatif.

La période d'étude pour l'analyse économique du projet s'étale sur une période de 30 ans, allant de l'année 1993 - à l'année 2022. Une période d'étude plus courte ne serait pas souhaitable car dans ce cas, une partie des investissements effectués ne serait pas prise convenablement en considération.

L'analyse a été réalisée sur la base de prix constants (prix de 1992) et d'un taux d'échange constant pendant la période d'étude (1 US \$ = 1.55 DM = 260 F.CFA).

Les prix financiers retenus pour les produits agricoles ainsi que pour les intrants prix en considération ressortent du Tableau 3 en Annexe V. En ce qui concerne les prix des produits pertinents provenant de la production végétale ainsi qu'animale, ils correspondent aux prix actuels en vigueur vers la fin de l'année 1992. Les prix des intrants entrant en ligne de compte ont été soit estimés (comme par exemple pour les engrais), basés sur une estimation des prix de parité à l'importation (à titre d'exemple, voir Tableau 4.1 et 4.2 en Anexe V), soit adoptés suivant les informations présentées

dans le rapport intermédiaire, Annexe I: Socio Economie.

Les taux de conversion appliqués pour la transformation des prix financiers en prix économiques ont été en partie (engrais, riz) déduits de nos calculs de prix de parité, mais proviennent pour la plupart d'un exercice similaire réalisé par nous dans des conditions comparables. Ils reflètent la pénurie en général en devises de l'économie nationale et évaluent la profitabilité du capital par rapport à l'utilisation des fonds dans des projets alternatifs. Pour les engrais, par exemple, il est supposé que les sommes dépensées pour leur application, surtout pour la phosphate et la potasse, seraient, dans un contexte national, plus profitables si on les utilisaient alternativement. Ceci est démontré dans nos calculs de prix de parité par l'application d'un taux entre 400 et 520 F.CFA par un dollar US au lieu du taux officiel de 260 F.CFA.

Les taux de conversion retenus sont démontrés dans le tableau 2 en Annexe V.

L'analyse se base en outre pour la plus grande partie sur des suppositions et estimations concernant la plupart des paramètres pris en considération et elle peut de cette façon n'avoir qu'un caractère indicatif.

3.10.2 Coûts d'investissement

Les coûts d'investissement en termes financiers ont été classifiés en fonction des diverses composantes du projet proposé, à savoir: Drains et digues, adducteurs d'eau, ouvrages et mesures d'accompagnement.

Les coûts totaux d'investissement (en termes financiers) du projet proposé au prix constant de 1992 s'élèvent à 6.050 millions de F.CFA (36,07 millions de DM), et 5.692 millions de F.CFA (33,93 millions de DM) comme indiqué dans le tableau 2 ci-dessous.

Les coûts d'investissement directs ont été calculés en incluant les coûts de transport, les impôts, les droits de douane et d'autres charges (4 - 8 % du total selon la nature de l'ouvrage).

Afin de tenir compte des incertitudes concernant le calcul des coûts d'investissement pendant la période relativement longue de la réalisation, un taux supplémentaire de 15% des coûts directs a été ajouté (imprévu).

Tableau 1: Coûts d'investissements (en millions unités)

| Description | Coûts | | Part en devises F.CFA | P a r t | |
|------------------------------|-------|------|-----------------------------|-----------------|----|
| | F.CFA | DM | | locale F.CFA | % |
| V a r i a n t e S u d 2 | | | | | |
| Drains et digues | 2.064 | 12,3 | 206,4 | 1.857,6 | 90 |
| Adducteurs d'eau Ouvrages | 528 | 3,2 | 132,0 | 396,0 | 75 |
| | 3.188 | 19,0 | 2.040,4 | 1.147,6 | 36 |
| Mesures d'accom. | 270 | 1,6 | 202,5 | 67,5 | 25 |
| Imprévus (15%) | 908 | 5,4 | 387,7 | 520,3 | |
| Total | 6.958 | 41,5 | 2.969,0 | 3.989,0 | 57 |
| V a r i a n t e S u d 3 | | | | | |
| Drains et digues | 1.606 | 9,6 | 160,6 | 1.445,4 | 90 |
| Adducteurs d'eau Ouvrages | 528 | 3,2 | 132,0 | 396,0 | 75 |
| | 3.288 | 19,6 | 2.104,3 | 1.183,7 | 36 |
| Mesures d'accom. | 270 | 1,6 | 202,5 | 67,5 | 25 |
| Imprévus (15%) | 854 | 5,0 | 389,9 | 463,9 | |
| Total | 6.546 | 39,0 | 2.989,3 | 3.556,5 | 57 |

Les coûts pour l'ingénierie et la gestion pendant les périodes de construction du système n'ont pas été calculés séparément. Il est supposé que ceux-ci sont inclus globalement dans les dépenses d'investissements.

Les pourcentages concernant la part extérieure et la part locale supposées pour les différentes composantes de l'investissement comme démontré dans le tableau 2 ci-dessus (et en plus de détail dans les Tableaux 5.1 et 5.2 en Annexe V) reposent sur l'expérience acquise par la société Lahmeyer International dans la réalisation de projets comparables.

La durée de vie économique des composantes a été fixée comme suit: pour les investissements dans le domaine de drains et digues et des adducteurs d'eau, la durée de vie économique a été estimée à 50 ans, pour les investissements dans le domaine des ouvrages et des mesures d'accompagnement, 40 ans ont été retenus. C'est à dire qu'aucune dépense pour des remplacements ont été retenues dans nos calculations, à l'exception des pompes. Pour celles-ci une durée de vie économique de 10 ans a été retenue et les coûts de remplacement ont été introduits selon le cas échéant.

Pour les besoins de l'analyse économique, le facteur de conversion comme démontré ci-après a été retenu: pour les drains et digues celui-ci a été estimé à 0,7, pour les adducteurs d'eau et les mesures d'accompagnement à 0,8 et pour les ouvrages à 0,9.

Une récapitulation plus détaillée des investissements et leur répartition dans le temps sont donnés dans les Tableaux 5 et 8 en Annexe V.

3.10.3 Coûts récurrents

La planification et la répartition des coûts récurrents doivent normalement être traitées avec une attention particulière surtout quand il s'agit d'un développement à long terme comme le projet en question nécessitant par conséquent un soutien à long échéance. Vu le caractère indicatif de la présente étude nous avons du nous contenter d'identifier la nature et la périodicité des coûts récurrents les plus importants. Ici, trois types de ceux-ci ont été alors pris en considération, à savoir: les coûts d'entretien et de réparation, les coûts du personnel et les coûts de fonctionnement.

- Coûts d'entretien et de réparation

Les coûts d'entretien et de réparation ont été orientés aux montants des investissements et comprennent en même temps les coûts imprévus et le contrôle général des travaux. Le calcul de ces coûts se base sur les pourcentages indiqués dans le tableau ci-après.

Tableau 2 : Coûts spécifiques en % de l'investissement

| Désignation | Pourcentage |
|--------------------------|-------------|
| Drains et digues | 1,0 |
| Adducteurs d'eau | 1,5 |
| Ouvrages | 3,5 |
| Mesures d'accompagnement | 2,0 |

Les pourcentages représentent des estimations et se basent sur l'expérience acquise dans la réalisation des projets similaires.

- Coûts du personnel

Les coûts du personnel indiqués dans les tableaux 8.1 en Annexe V comportent uniquement les coûts du personnel technique.

Les coûts du personnel d'administration générale n'y sont pas compris. Le nombre des effectifs techniques pour l'année, leur qualification requise et leurs frais moyens par an, figurent dans le Tableau 4 ci-après:

Tableau 3: Personnel technique

| Qualification | Nombre | Frais moyens par an F.FCA |
|-------------------------|--------|------------------------------|
| Ingénieur Génie Rurale | 1 | 1.080.000 |
| Main d'oeuvre qualifiée | 6 | 2.160.000 |
| Main d'oeuvre non qual. | | |

- Coûts de fonctionnement

Seuls les coûts de l'énergie nécessaire pour le pompage de l'eau ont été retenus séparément dans nos calculs comme composante principale des coût récurrents. Ils s'élèvent à 12.000 F.CFA/Ha/an, calculés suivant les besoins en eau par Ha comme suit: $0,5 \text{ l/sec/Ha} = 43 \text{ m}^3/\text{day} = 15.800 \text{ m}^3/\text{Ha/an}$ y compris une marge de sécurité d'environ 15 % soit 18.000 m³/Ha et le tarif actuel d'électricité de 666 F.CFA/1000 m³. Sur la base de ces estimations, la somme totale des coûts pour l'énergie correspond à la superficie irriguée additionnelle attribuable au développement avec projet.

Les autre coûts récurrents ne sont pas identifiés. Le coût d'exploitation de l'aménagement hydro-agricole par exemple, y compris le coût d'irrigation, sont pris en considération dans le calcul de la valeur ajoutée, comme détaillé dans les tableaux 7.1 et 7.2 en Annexe V.

3.10.4 Bénéfices

La détermination des bénéfices se base en premier lieu sur la production végétale et, sur un moindre degré, sur un impact de l'élevage comme démontré dans les Tableaux 7, 9.1 et 9.2 en Annexe V. D'autres avantages en termes monétaires n'ont pas été pris en considération.

L'évaluation des avantages du projet a été faite sur la base d'une analyse comparative entre la situation de référence, identique à la situation actuelle, et la situation avec le projet.

Les hypothèses adoptées correspondent aux suppositions chiffrées dans le tableau ci-après:

Tableau 4: Indicateurs de développement

| Désignation | sans projet | avec projet |
|---|--------------|--------------|
| Taux d'utilisation (%) | 90,0 | 90,0 |
| - Grand périmètres | 35,0 | 35,0 |
| Riz d'hivernage | 0,8 | 0,8 |
| Riz contresaison | 0,5 | 0,5 |
| Tomates | | |
| autres | | |
| - Périmètres irrigués villageois | 80,0 | 80,0 |
| Riz d'hivernage | 30,0 | 30,0 |
| Riz contresaison | 2,5 | 2,5 |
| Tomates | 1,0 | 1,0 |
| Autres | | |
| - Aménagements hydroagricoles proposés | 80,0 30,0 | 80,0 30,0 |
| Riz d'hivernage | 2,5 | 2,5 |
| Riz contresaison | 1,0 | 1,0 |
| Tomates | | |
| Autres | | |
| Dével. de la superficie agricole utile (%) | | |
| - Grand périmètres | 0,0 | * |
| - périmètres irrigués villageois | 1,0 | * |
| - aménagements hydroagr. proposés | | * |
| Dévol. de la superficie cultivée (%) | | |
| - Grand périmètres | 0,5 | 1,0 |
| - périmètres irrigués villageois | 0,0 | 1,0 |
| - aménagements hydroagr. proposés | | 1,0 |
| - pâturage | 0,4 | 0,5 |

* suivant les superficies du Tableau 1 en Annexe V

Le taux d'utilisation des terres se réfère aux superficies actuellement cultivées dans la période en question par rapport à la superficie disponible.

Selon ce schéma, la surface totale cultivée passerait de 7.645 Ha à 10.363 Ha sans projet, à 36.584 Ha en ce qui concerne les superficies agricoles et de 15.000 Ha (estimations probablement imprécises du consultant faute de données exactes) à 16.841 et 17.334 Ha en ce qui concerne le pâturage avec et sans projet respectif. Il convient d'expliquer ici qu'aucun développement spectaculaire attribuable à la réalisation de l'émissaire est à escompter dans le domaine de l'élevage. L'intensité de la culture passerait de cette façon de 124 % à 139 % pour la situation avec projet alors qu'elle reste inchangée à 124 % dans la situation sans projet. Le développement avec le projet se déroule comme démontré dans le Tableau 9.2 en Annexe V.

Les rendements par hectare et par culture retenues ressortent du tableau suivant:

Tableau 5: Rendements Kg/Ha

| Culture | Grands Périmètres | Perim. irrig. villageois | Aménagements hydroagricoles proposés |
|----------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| Riz d'hivern. | 4.500 | 3.300 | 3.900 |
| Riz contres. | 4.950 | 3.465 | 4.200 |
| Tomates | 13.500 | 10.500 | 12.000 |
| Autres 1) | 3.200 | 2.500 | 2.850 |
| Pâturage (TDN) 2) | 500 | 500 | 500 |

1) maïs, oignons, pommes de terre...

2) Total digestible nutriments, voir tableau 6 en annexe V

Aucune progression des rendements n'a été prise en considération, car en dépit des conditions naturelles, celles-ci étant loin d'être optimales, la productivité des terres est déjà remarquable (voir aussi le Tableau 7 en Annexe V). D'une façon générale, il est même peu probable que ces performances puissent être maintenues, du fait que le riz en monoculture, détériore à moyenne échéance la fertilité des sols. Par conséquence, les rendements de cette ampleur ne pourraient plus être obtenus qu'en accroissant l'application des facteurs de production modernes. Les répercussions attendues dans ce cas ne sont pas seulement de nature économique, mais aussi écologique, du fait de l'utilisation plus intensive des produits chimiques.

3.10.5 Impact économique et Cash flow

Il est à noter, que pour l'analyse économique les prix en vigueur ont été modifiés de façon à éliminer l'incidence directe ou indirecte des subventions, impôts et taxes qui correspondent à des transferts d'argent entre différents opérateurs économiques au sein de l'économie nationale. Les taux de conversion retenus ressortent du Tableau 2 en Annexe V en ce qui concerne la valeur des produits végétaux et des facteurs de production d'une part et pour les investissements et coût récurrents (liés directement au investissements à l'exception des frais pour le personnel) suivant les données dans le chapitre 3.10.2 d'autre part. La valeur économique du paddy par exemple, a été calculée sur la base de l'hypothèse d'une substitution aux importations, comme démontré dans le Tableaux 4.1 et 4.2 en Annexe V. Selon ce schéma, le taux de conversion revient à 0,81 ce qui rend le prix financier de 85 F.CFA/Kg en valeur économique de 69 F.CFA/Kg (arrondi).

Selon les hypothèses retenues et expliquées dans les chapitres précédents, le cash flow du projet a été établi et présenté dans le tableau 10 en Annexe V. Il convient de noter ici que le cash flow présenté est celui de l'analyse économique, Variante Sud 2, en ce qui concerne les investissements pris en considération.

En résumé, on peut dire que le cash flow devient positif à partir de la neuvième année du projet (2001), c'est-à-dire, directement à la suite des investissements. Cependant, le cash flow devient encore négatif en 2004 pour une période de trois ans et en 2014 (pour deux ans) toujours au début des périodes de remplacement des pompes.

Afin de mieux pouvoir évaluer l'impact du projet dans son cadre économique, il est indispensable de calculer le Taux interne de rentabilité (TIR) et la Valeur nette actualisée (VNA).

Ceci a été effectué sur la base des hypothèses concernant le développement avec le projet comme décrite dans les chapitres précédents. Les résultats de ces calculs sont récapitulés comme suit:

Tableau 6: Indicateurs économiques

| Indication | Variante Sud 2 | Variante Sud 3 |
|--|----------------|----------------|
| A n a l y s e é c o n o m i q u e | | |
| Variante de base | | |
| IRR (%) | -0,8 | -0,7 |
| VNA en mil. F.CFA | | |
| 5 % | -3,850 | -3,668 |
| 10% | -4,345 | -4,182 |
| 15% | -4,248 | -4,094 |
| Variante A: sans financement des mesures d'accompagnement | | |
| IRR (%) | -0,5 | -0,4 |
| VNA en mil. F.CFA | | |
| 5% | -3,555 | -3,373 |
| 12% | -4,109 | -3,995 |
| 15% | -4,027 | -3,873 |
| Variante B: Réalisation des investissements plus rapide 1) | | |
| IRR (%) | 1,2 | 1,4 |
| VNA en mil. F.CFA | | |
| 5% | -2,539 | -2,357 |
| 10% | -3,691 | -3,528 |
| 15% | -3,733 | -3,578 |
| Variante C: (B) plus réduction des coûts de 20% | | |
| IRR (%) | 3,7 | 3,9 |
| VNA en mil. F.CFA | | |
| 5% | -794 | -648 |
| 12% | -2,500 | -2,369 |
| 15% | -2,671 | -2,547 |

1) réalisation du programme concernant des Grands périmètres en trois ans (2000 - 2002) au lieu de cinq, et raccourcissement du programme aménagements hydroagricoles proposés (P8 - P12, F3, F4) de 15 à 7 années (2001 - 2007).

Tableau 6: (suite)

| Indication | Variante Sud 2 | Variante Sud 3 |
|--|----------------|----------------|
| A n a l y s e f i n a n c i è r e | | |
| Variante de base | | |
| IRR (%) | 5,4 | 5,8 |
| VNA en mil. F.CFA | | |
| 5 % | 461 | 785 |
| 10% | -3,409 | -3,133 |
| 15% | -3,847 | -3,590 |
| Variante A: sans financement des mesures d'accompagnement | | |
| IRR (%) | 5,8 | 6,1 |
| VNA en mil. F.CFA | | |
| 5% | 829 | 1,154 |
| 12% | -3,113 | -2,837 |
| 15% | -3,571 | -3,314 |
| Variante B: Réalisation des investissements plus rapide 1) | | |
| IRR (%) | 7,8 | 8,2 |
| VNA en mil. F.CFA | | |
| 5% | -2,997 | -3,322 |
| 10% | -2,222 | -1,946 |
| 15% | -2,942 | -2,685 |
| Variante C: (B) plus réduction des coûts de 20% | | |
| IRR (%) | 10,3 | 10,7 |
| VNA en mil. F.CFA | | |
| 5% | 5,063 | 5,323 |
| 12% | -801 | -580 |
| 15% | -1,672 | -1,466 |

En complément à l'alternative de base, dont le résultat montre peu de justification économique du projet, trois alternatives ont été calculées. Ces alternatives se caractérisent par:

- le renoncement des mesures d'accompagnement (Alternative A), car celles-ci ne sont pas demandées par l'émissaire proprement dite;

- une réalisation des quelques parties du programme plus rapide en combinaison avec Alternative A (Alternative B); et
- la réduction des coûts des investissements de 20 % avec combinaison de l'Alternative B (alternative C).

Le tableau ci-dessus contient les résultats des calculations détaillées aussi bien pour les valeurs économiques que financiers.

3.10.6 Conclusion

Le principal résultat attendu du projet est d'une part l'assurance d'une sécurité de production continue, due aux possibilités du drainage de l'eau d'irrigation par l'émissaire, d'autre part une augmentation de la production de paddy grâce à l'accroissement de la superficie agricole utile.

Il faut cependant constater que ces avantages reviennent achetés chers lorsqu'ils sont achetés d'après les résultats démontrés dans le tableau 6 ci-dessus. Il est clair qu'une justification économique par des critères classiques, TIR et VNA, n'est guère possible.

L'analyse de sensibilité ci-dessus fait déjà apparaître que le projet réagit de manière très forte et très sensible aux réductions décisives des coûts d'investissements ainsi que des coûts d'exploitation. Il faudrait donc analyser si des réductions des investissements est une alternative réaliste.

Des emplois agricoles seront créés non seulement pour le travail agricole, estimé à 1.5 millions de jours au total (à peu près 50.000 par an), soit environ 700 emplois complémentaires par an, mais encore dans les sociétés de prestation de services, comme par exemple pour la préparation du terrain, la récolte et le commerce.

En plus, l'impact du projet s'inscrit dans un contexte d'économie de devises par une substitution des importations de riz, en dépit des augmentations des facteurs de production (intrants, carburant et de matériels). Cependant, il faut se demander si avec une autre culture que le riz ou au moins une diversification plus étendue, le résultat global du projet ne serait pas mieux.

Un avantage complémentaire du projet pourrait être un désengagement renforcé de l'Etat au cours de la période du projet qui laisse à l'initiative privée une responsabilité importante dans la mise en place des activités économiques complémentaires indispensables pour un développement accéléré de la région à l'avenir.

BIBLIOGRAPHIE

1. GERSAR

Etudes de Réhabilitation des Périmètres d'irrigation sur la rive gauche du fleuve Sénégal. Périmètre de Boundoum, Avant-Projet détaillé. SAED, 1989.

2. EUROCONSULT-AGROTECHNIK

Réhabilitation du périmètre de Boundoum. Etude de factibilité complémentaire. SAED, 1988.

3. GERSAR-EUROCONSULT-GIBB & PARTNERS-SONED AFRIQUE

Plan Directeur de Développement intégré pour la rive gauche de la Vallée du fleuve Sénégal. SAED.

- a) Schéma Directeur de Dagana, 1990
- b) Plan Directeur, 1991
- c) Schéma Directeur du Delta, Annexe C, 1989.

4. LAHMEYER INTERNATIONAL-SOGREAH

Etudes de faisabilité et d'avant-projet sommaire de l'émissaire delta. Analyse critique des études antérieures. SAED, 1992.

5. UNIVERSITE LOUIS PASTEUR, STRASBOURG

Le projet de remise en eau du N'Diael (Sénégal). Préfaisabilité hydraulique, bilan hydraulique et impacts. 1991.

6. BIOLOGISCHE STATION ZWILLBROCK / SERVICE DES PARCS
NATIONAUX

Beiträge zur Sanierung des Vogelnationalparks Djoudj.

- a) Ergebnisse der Untersuchungen vom 01.03 - 13.03.1991
- b) Reisebericht 5 - 15. Juli 1991
- c) Reisebericht 19. November - 01. Dezember 1991.